



MANNVIT

# FJAÐURSTUÐULL STEINSTEYPU

Rannsóknarverkefni

LOKASKÝRSLA

Höfundur:  
Sveinbjörn Sveinbjörnsson



Júlí 2015

**TITILBLAÐ**

<b>Skýrsla nr:</b> MV 2015-032	<b>Útgáfunr.:</b> 1	<b>Útgáfudags.:</b> 10.07.2015	<b>Verknúmer:</b> 7-9-297
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> Fjaðurstuðull steinsteypu Rannsóknarverkefni, lokaskýrsla			<b>Upplag:</b> 10 <b>Fjöldi síðna:</b> 41
<b>Höfundur/ar:</b> Sveinbjörn Sveinbjörnsson			<b>Verkefnisstjóri (undirskr.):</b> SvSv <i>Sveinbjörn Sveinbjörnsson</i> <b>Yfirfarið (undirskr.):</b> TGS <i>Torfi G. Sigurðsson</i>
<b>Verkkaupi:</b> Vegagerðin o.fl.		<b>Tengiliður verkkaupa:</b> Þórir Ingason	
<b>Samstarfsaðilar:</b> Eyþór Rafn Þórhallsson, Háskólanum í Reykjavík; Gylfi Sigurðsson, Vegagerðinni			
<b>Útdráttur:</b> Í þessum síðasta áfanga verkefnisins Fjaðurstuðull steinsteypu var gerð rannsókn á hvort tengsl væru milli styrks fylliefna og fjaðurstuðuls steypu. Fylliefni með mismunandi styrk, vatnsdrægni og aðra eiginleika úr fjórum námum voru notuð í rannsóknina. Styrkur fylliefnanna var metin með s.k. Los Angeles-aðferð. Allar steypublöndur voru með sömu blöndunarhlutföll. Góð fylgni fylliefnastyrks og fjaðurstuðuls fékkst milli þriggja steypublandna en blanda með fjórða efninu sýndi nokkuð frávik. Góð fylgni fékkst milli vatnsdrægni fylliefna og fjaðurstuðuls steypu.			
<b>Efnisorð:</b> Steinsteypa, fjaðurstuðull, styrkur fylliefna, þrýstistyrkur, Los Angeles-gildi			

**Dreifing:**

**Opin öllum starfsmönnum**  
(Rafræn í bókasafni)

**Lokuð**  
(Engin dreifing nema með leyfi verkkaupa.)

**Breytingasaga:**

1	10.07.2015	Útgáfa	SvSv	TGS
<b>Útgáfunr</b>	<b>Dags.</b>	<b>Breyting</b>	<b>Höf.</b>	<b>Yfirfarið</b>

## FJADURSTUÐULL STEINSTEYPU

Rannsóknarverkefni

LOKASKÝRSLA

Styrktaraðilar 3. áfanga:

Vegagerðin

Björgun hf.

ÍAV hf.

Höfundur:

Sveinbjörn Sveinbjörnsson

[svsv@mannvit.is](mailto:svsv@mannvit.is)

Júlí 2015

## Efnisyfirlit

Skrá yfir töflur.....	5
Skrá yfir myndir.....	5
<b>1. Inngangur.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Kynning.....</b>	<b>7</b>
2.1 Tilgangur og markmið með þriðja áfanga verkefnisins.....	7
2.2 Skipulag og framkvæmd.....	7
2.3 Almenn um fjaðurstuðul steinsteypu.....	8
2.4 Fylliefni og áhrif á styrk og stífleika steinsteypu.....	8
2.5 Fylliefni og aðferðir til að mæla styrk þeirra.....	11
<b>3. Rannsóknaráætlun, efni og aðferðir.....</b>	<b>12</b>
3.1 Steypuefni.....	12
3.1.1 Fylliefni.....	12
3.1.2 Sement, vatn og íblendi.....	17
3.2 Prófunaraðferðir.....	17
<b>4. Rannsóknir.....</b>	<b>19</b>
4.1 Steypublöndur.....	19
4.2 Niðurstöður prófana.....	20
<b>5. Umfjöllun.....</b>	<b>22</b>
5.1 Stöðufjaðurstuðull og styrkur fylliefna.....	22
5.2 Stöðufjaðurstuðull og þrýstistyrkur.....	23
5.3 Þrýstistyrkur og styrkur fylliefnis.....	24
5.4 Stöðufjaðurstuðull og vatnsdrægni fylliefna.....	25
5.5 Niðurstöður -samantekt.....	26
<b>Heimildir.....</b>	<b>27</b>
<b>Viðauki.....</b>	<b>29</b>
Upplýsingar um fylliefni.....	29

## Skrá yfir töflur

Tafla 1:	Eiginleikar fylliefna, niðurstöður prófana á fylliefnasýnum sem gerðar voru í rannsóknarstofu Mannvits.....	14
Tafla 2	Niðurstöður prófana á steypublöndum. ....	20
Tafla 3	Yfirlit um niðstöður prófana á fylliefnum, fjaðurstuðli og útreiknuðu gildi fjaðurstuðuls skv. EC2 fyrir steypu með kvarsít fylliefni. ....	22

## Skrá yfir myndir

Mynd 1	Dæmigerður spennu – streituferill steinsteypu (Neville, 1997).....	8
Mynd 2	Samhengi fjaðurstuðuls ( Ec) eftir 28 og 90 daga og Los Angeles-gildis fylliefna. Aðfallslínurnar gilda eingöngu fyrir bláu punktana, þ.e.a.s. steypur með Anlegg FA sementi frá Norcem. Rauðu feringarnir eru blöndur með Aalborg Rapid sementi. Mynd frá (Pedersen & Kompen, 2013). ....	9
Mynd 3	Samhengi þrýstistyrks teninga (terningfasthet) eftir 28 og 90 daga og Los Angeles-gildis fylliefna. Aðfallslínurnar gilda eingöngu fyrir bláu punktana, þ.e.a.s. steypur með Anlegg FA sementi frá Norcem. Rauðu feringarnir eru blöndur með Aalborg Rapid sementi. Mynd frá (Pedersen & Kompen, 2013). ....	10
Mynd 4	Samhengi fjaðurstuðuls (Ec) og þrýstistyrks (fasthet) eftir 28 daga ásamt útreiknuðum gildum fjaðurstuðuls (Beregningsmessig Ecm) samkvæmt Eurocode 2 fyrir steypu með kvarsít fylliefnum. Bláu tíglarnir eru steypur með Norcem Anlegg FA sementi og Grænu þríhyrningarnir eru blöndur með Aalborg Rapid sementi. Mynd frá (Pedersen & Kompen, 2013). ....	10
Mynd 5	Björgunarperla, 8/16mm korn.....	15
Mynd 6	Rauðamelsefni, ME13 – 8/16mm korn.....	15
Mynd 7	Fylliefni frá Harðakambi, 8/16mm korn.....	16
Mynd 8	Fylliefni úr Sandskarðsnámu, 8/16mm korn.....	16
Mynd 9	Kornastærðardreifing fylliefna í steypublöndunum, rúmmálshlutfall fín- (korn <4mm) og gróf-kornóttra fylliefna (korn >4mm) það sama í öllum blöndum. ....	19
Mynd 10	Niðurstöður allra fjaðurstuðulsmælinga í rannsókninni og viðmiðunargildi fjaðurstuðuls í EC2 og íslenska þjóðarviðaukanum, sbr. textann fyrir ofan myndina. ....	21
Mynd 11	Mældur fjaðurstuðull steypu og $L_A$ -gildi fylliefna . ....	23
Mynd 12	Samband fjaðurstuðuls, þrýstistyrks og vatnsdrægni fylliefna í óloftblendnum steypublöndum úr mismunandi fylliefnum, punktalínurnar sýna reiknaðan fjaðurstuðul skv. EC2 og ísl. þjóðarviðaukanum.....	24
Mynd 13	Mældur þrýstistyrkur steypusýna og Los Angeles gildi fylliefna. ....	24
Mynd 14	Fjaðurstuðull og vatnsdrægni fylliefna (vegið meðaltal allra fylliefna í hverri blöndu). ...	25
Mynd 15	Fjaðurstuðul og vatnsdrægni grófkornóttra fylliefna (korn >4mm).....	25
Mynd 16	Styrkur fylliefna ( $L_A$ -gildi) og vatnsdrægni fylliefna. Los Angeles gildið er ákvarðað á kornastærðinni 10/14mm og vatnsdrægnin er vegið meðaltal fylliefna í steypublöndu.....	26

# 1. Inngangur

Vinna við rannsóknarverkefnið Fjaðurstuðull steinsteypu fór af stað hjá Mannviti hf. á fyrri hluta árs 2012 eftir að rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar og Íbúðalánasjóður höfðu veitt styrki til verkefnisins. Verkefnið hlaut framhaldsstyrk frá rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar til eins árs í ársbyrjun 2013. Gefnar voru út áfangaskýrslur um verkefnið í maí 2013 og önnur í júní 2014. Verkefnið hlaut öðru sinni framhaldsstyrk frá rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar í ársbyrjun 2014 til að rannsaka tengsl fjaðurstuðuls og styrks fylliefna.

Í megin dráttum gengur verkefnið út á að kortleggja fjaðurstuðul steinsteypu úr íslenskum fylliefnum sem er á markaði á Íslandi og skoða ýmsa þætti sem hafa áhrif á fjaðurstuðul steinsteypu. Steypusýni hafa verið fengin til rannsóknar frá framleiðendum á höfuðborgarsvæðinu og víðsvegar af landsbyggðinni auk sýna úr prófsteypum í rannsóknarstofu Mannvits, alls um fimmtíu sýni. Niðurstöður prófana eru bornar saman við fyrri rannsóknir á Íslandi svo og viðmiðunargildi fjaðurstuðuls í þolhönnunarstaðlinum Eurocode 2 og í íslenska þjóðarviðaukanum við hann. Helstu niðurstöður rannsóknarinnar eru:

- Fjaðurstuðull íslenskrar steypu er frá því að vera um 60% og upp í um 115% af viðmiðunargildum fyrir fjaðurstuðul í Eurocode 2.
- Fjaðurstuðull steypu á höfuðborgarsvæðinu er allbreytilegur, frá því að vera um 60% og upp í um 90% af viðmiðunargildum í Eurocode 2, efri gildi fjaðurstuðuls eru sýnilega nokkuð lægri í dag en fengust í rannsókn fyrir um 15 árum. Breytinguna má líklega að hluta til rekja til breytinga á fylliefnanotkun og markaði og e.t.v. að kísilryk er almennt ekki notað lengur í steypu.
- Merkjan leg tengsl eru milli fjaðurstuðuls steypu og vatnsdrægni fylliefna svo og milli fjaðurstuðuls steypu og styrks fylliefna.

Í þessari fyrirliggjandi lokaskýrslu er greint frá framkvæmd og niðurstöðum rannsókna sem gerðar hafa verið í þessum síðasta hluta verkefnisins.

## 2. Kynning

### 2.1 Tilgangur og markmið með þriðja áfanga verkefnisins

Í áfangaskýrslu um verkefnið (Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Fjaðurstuðull steinsteypu, rannsóknarverkefni, Áfangaskýrsla, 2013) er greint frá tilgangi og markmiðum verkefnisins í heild og er vísað til þeirrar skýrslu.

Tilgangur með þessum þriðja og síðasta hluta verkefnisins er að kanna áhrif styrks fylliefna á fjaðurstuðul steinsteypu m.a. með eftirfarandi aðgerðum:

- Ákvarða styrk fylliefna úr nokkrum námum sem eru í notkun með prófunum samkvæmt staðli ÍST EN 1097-2:2010, Los Angeles-aðferð svo og vatnsdrægni þeirra.
- Gera prófsteypur úr sömu fylliefnum og ákvarða fjaðurstuðul steypunnar.
- Kanna heimildir um áhrif styrks fylliefna á fjaðurstuðul steypu.

Og markmið með þriðja og síðasta hluta verkefnisins er að:

- Finna eða sýna fram á tengsl styrks fylliefna og fjaðurstuðuls steypu og styrkja aðferðir til að spá fyrir um fjaðurstuðul steypu með hliðsjón af þekkingu á efniseiginleikum fylliefna.
- Að auka við þá þekkingu sem þegar hefur orðið til í verkefninu og gefa möguleika á prófun á fylliefni sem fyrsta skrefi fyrir spá um fjaðurstuðul steinsteypu úr tilteknu fylliefni.
- Að niðurstöður verði nýttar við endurskoðun texta um fjaðurstuðul steinsteypu í íslenska þjóðarviðaukanum við Eurocode 2, gefi niðurstöður verkefnisins tilefni til.

### 2.2 Skipulag og framkvæmd

Eins og áður er verkefnið samstarfsverkefni Mannvits hf, Háskólans í Reykjavík og Vegagerðarinnar.

Verkefnisstjórn er óbreytt og í henni eru:

- Sveinbjörn Sveinbjörnsson, verkefnastjóri, Mannvit hf
- Eyþór Rafn Þórhallsson, dósent við Háskólann í Reykjavík
- Gylfi Sigurðsson, verkfræðingur, Vegagerðinni

Þessi hluti verkefnisins var eingöngu unninn í rannsóknarstofu Mannvits. Fylliefni voru fengin frá fjórum aðilum. Efniseiginleikar fylliefnanna voru prófaðir, þ.e. sáldurferill, finefnisinnihald, kornarúmpýngd, vatnsdrægni og styrkur.

Ein steypublanda var gerð með fylliefni úr hverri námu. Eiginleikar ferskrar steypu voru ákvarðaðir og þrýstistyrkur og fjaðurstuðull á harðnaðri steypu mældur.

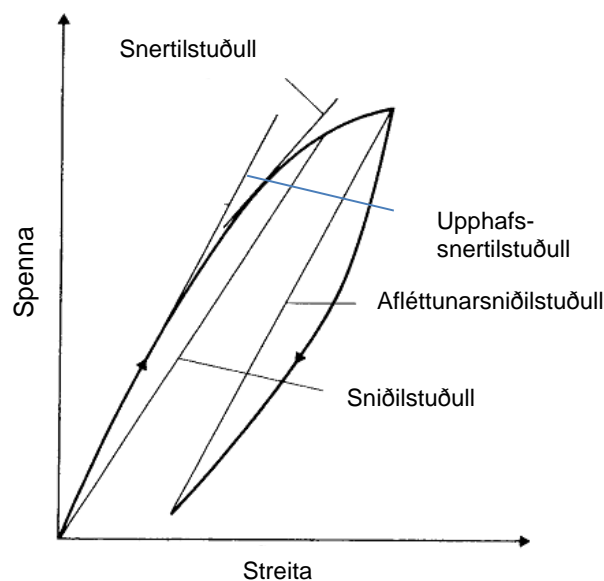
## 2.3 Almennt um fjaðurstuðul steinsteypu

Í áfangaskýrslu frá maí 2013 er fjallað almennt um fjaðurstuðul steinsteypu og nokkuð um innlendar og erlendar rannsóknir. Til upprifjunar er þó eftirfarandi:

Steinsteypa er ekki hreint fjaðrandi efni og fylgir ekki lögmáli Hooks. Hvort tveggja er að spennu-streituferill hennar er boginn ferill og formbreytingin gengur ekki að fullu til baka þegar krafti sem varað hefur um hríð er létt af henni. Stöðufjaðurstuðull steinsteypu hefur því verið skilgreindur sem s.k. sniðilfjaðurstuðull (enska: Secant-modulus), þ.e. halli línu milli tveggja punkta á spennu-streituferlinum á notálagssviði steypunnar. Mynd 1 sýnir dæmigerðan spennu-streituferill fyrir steypusýni sem er lestað og aflestað með þrýsti- eða togkrafti sem er vel undir hámarksálagi (brotálagi) sem sýnið þolir (Neville, 1997).

Annar fjaðurstuðull steypu er svo kallaður hreyfðarfjaðurstuðull (enska: Dynamic modulus of elasticity). Hann er ákvarðaður með því að setja titringsálag á steypusýni, en það veldur mjög lítilli spennu í sýninu. Talið er að hreyfðarfjaðurstuðull sé sambærilegur við upphafssnertilfjaðurstuðullinn við stöðuálag. Í ýmsum heimildum er talið að ekki sé einfalt samband milli stöðufjaðurstuðuls og hreyfðarfjaðurstuðuls og er m.a. þar um kennt að misleitni steypunnar hafi mismunandi áhrif á þessa tvo fjaðurstuðla steypu (Neville, 1997).

Varðandi frekari almenna umfjöllun um fjaðurstuðul steypu er vísað til áfangaskýrslu um verkefnið frá maí 2013.



Mynd 1 Dæmigerður spennu – streituferill steinsteypu (Neville, 1997)

## 2.4 Fylliefni og áhrif á styrk og stífleika steinsteypu

Steinsteypa samanstendur í grófum dráttum af sementsefju (sementi og vatni) og fylliefni. Algengt er að sementsefjan, sem ýmist er loftblendin eða ekki, sé um 30 % af rúmmáli steypunnar og fylliefnin um 70%. Fylliefnin og eiginleikar þeirra hafa því mikil áhrif á alla eiginleika steypunnar, hvort sem litið er til ferskrar eða harðnaðar steypu. Má þar nefna að þættir eins og berggerð, kornastærðardreifing (sáldurferil), kornalögun og yfirborðsáferð hafa m.a. áhrif á vatnspörf, þjálni- og vinnslueiginleika ferskrar steypu og á styrk, stífleika og endingu harðnaðrar steypu.

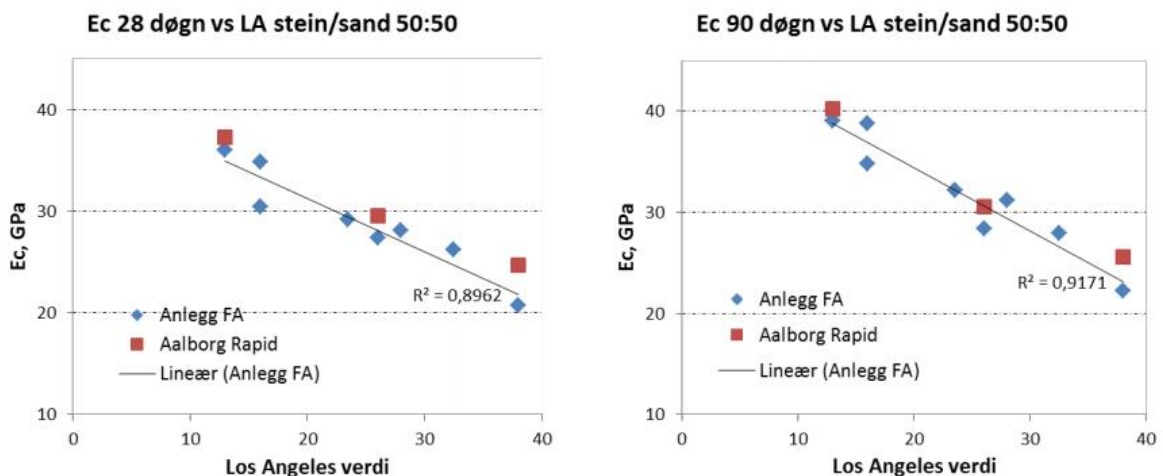
Vatnssementstalan (eða vatnsbindiefnis-hlutfallið) er sá þáttur sem talin er hafa hvað mest áhrif á þrýstistyrk steinsteypu, en þar á eftir koma áhrif fylliefnanna, s.s. hlutfall sements og fylliefna í blöndunni, kornadreifing, kornalögun og yfirborðsáferð, styrkur og stífleiki fylliefnakornanna og mesta



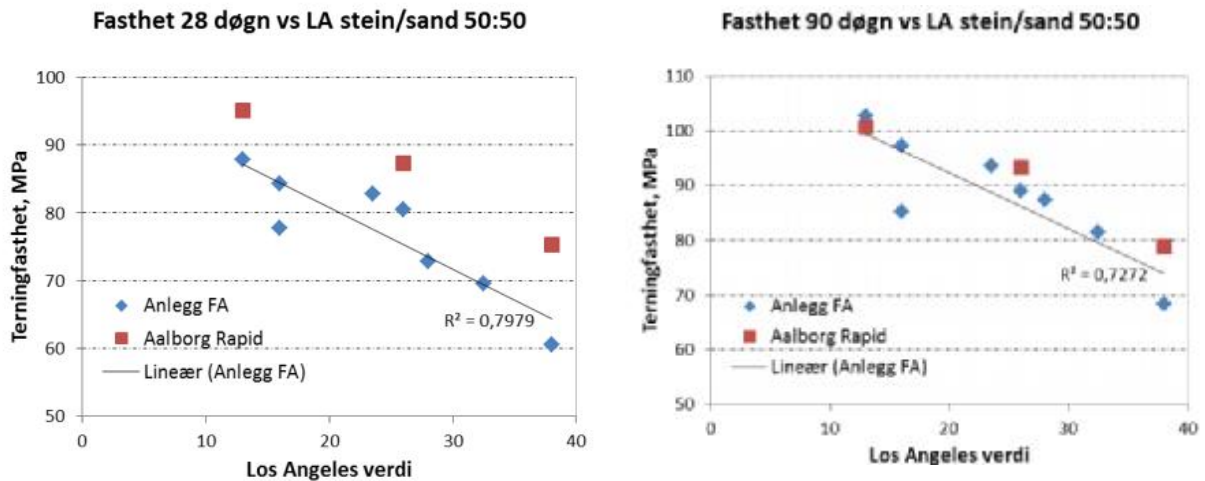
kornastærð (Neville, 1997). Þá hefur með síðari tíma rannsóknum verið sýnt fram á að bindistyrkur milli fylliefnakorna og sementsefju (fasaskilin) hefur veruleg áhrif á styrk og stífleika steypu.

Margar rannsóknir hafa verið gerðar á áhrifum ýmissa eiginleika fylliefna á styrk og stífleika (fjaðurstuðul) steinsteypu. Guðmundur Böðvarsson rannsakaði m.a. áhrif kornadreifingar, holrýmis, styrkleika, kornalögunar og yfirborðsáferðar fylliefnakorna á styrk og aðra eiginleika steinsteypu úr íslenskum basaltfylliefnum. Komst hann m.a. að því að steypa gerð úr grófkornóttu basaltfylliefni með hrjúfri yfirborðsáferð gaf mun hærra þrýstistyrk en samskonar steypa gerð úr grófkornóttu fylliefni með sléttri yfirborðsáferð, þótt fylliefnið með sléttu áferðinni hefði mun hærra þrýstistyrk en efnið með hrjúfu áferðinni (Guðmundur Böðvarsson, Styrkleiki steinsteypu, 1977) (Guðmundur Böðvarsson, Fylliefni í steinsteypu, 1977). Í skýrslu um rannsókn á áhrifum berggerðar og styrk bindings milli fylliefna og sementsefju er bent á að orsakir þessa geta verið að sementsefjan fylli vel upp í misfellur á yfirborði hrjúfra korna og því verði bindingurinn sterkari (Gísli Guðmundsson & Edda Lilja Sveinsdóttir, 1995). Í fyrrnefndri rannsókn (Gísli Guðmundsson & Edda Lilja Sveinsdóttir, 1995) þar sem notað var kísilryksblandað sement er ályktað að: Styrkur steinsteypu er háður styrk fylliefnis, styrk efjunnar og styrk bindingsins milli efju og fylliefnis. Bæði styrkur steinefnisins og styrkur bindingsins milli efju og korna er háður gerð fylliefnisins. Áferð yfirborðs og lögun kornanna hefur einnig áhrif á styrkleikann og er steypa með hrjúfum og köntóttum kornum sterkari en steypa með ávölum og sléttum kornum við sömu v/s-tölu.

Í Noregi rannsökuðu (Pedersen & Kompen, 2013) áhrif styrks fylliefna á þrýstistyrk og fjaðurstuðul steinsteypu með fylliefnum úr tíu námum vítt og breytt um landið. Fylliefnin voru af ýmsum berggerðum; s.s. graníti, basalti, gabbrói, gneis, sandsteini o.fl. Styrkur fylliefnanna var metinn með Los Angeles–spröfun, og var s.k.  $L_A$ -gildi á bilinu 10 til 38. Lækkandi  $L_A$ -gildi þýðir vaxandi styrkur efnis og öfugt. Sterkasta fylliefnið í rannsókninni (með  $L_A = 10$ ) var brotið basalt en það veikasta var efni úr lausu jarðlagi sem var blanda af ýmsum bergtegundum. Átta steypublöndur voru prófaðar, allar með sama sements- og vatnsinnihald en mismunandi fylliefnum. Rúmmálshlutfall sands (korn < 4mm) og malar (korn 4-16mm) það var sama í öllum blöndunum, 0,53:0,47. Mjög góð fylgni kom í ljós milli fjaðurstuðuls steypu og styrks ( $L_A$ -gildis) fylliefnanna, sbr. Mynd 2. Góð fylgni er líka milli þrýstistyrks steypu og styrks fylliefnanna en þó ekki jafn afgerandi og milli fjaðurstuðuls og styrks ( $L_A$ -gildis) sbr. Mynd 3. Vert er að taka hér fram að öll fylliefnin í þessari norsku rannsókn eru mjög þétt efni, vatnsdrægni þeirra er á bilinu 0,2% til 1,1%.



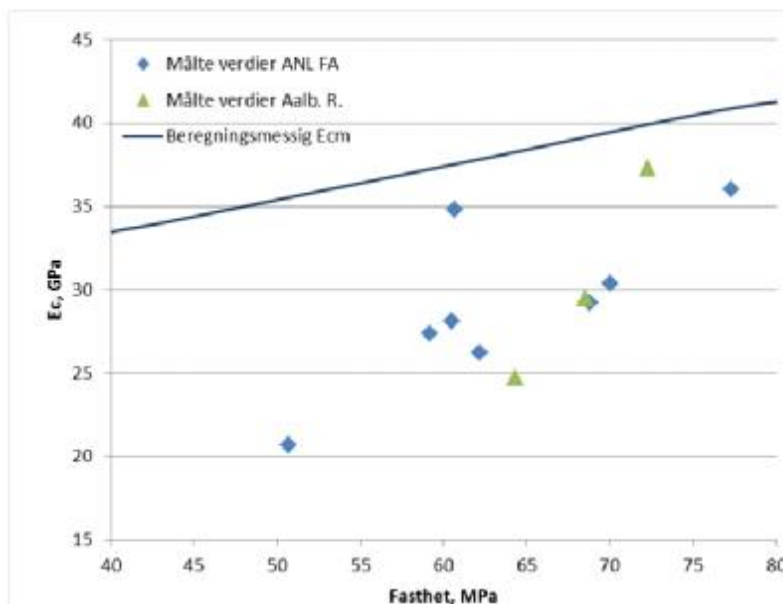
Mynd 2 Samhengi fjaðurstuðuls (Ec) eftir 28 og 90 daga og Los Angeles-gildis (Los Angeles verdi) fylliefna. Aðfallslínurnar gilda eingöngu fyrir bláu punktana, þ.e.a.s. steypur með Anlegg FA sementi frá Norcem. Rauðu ferningarnir eru blöndur með Aalborg Rapid sementi. Mynd frá (Pedersen & Kompen, 2013).



Mynd 3 Samhengi þrýstistyrks teninga (terningfasthet) eftir 28 og 90 daga og Los Angeles-gildis fylliefna. Aðfallslínurnar gilda eingöngu fyrir bláu punktana, þ.e.a.s. steypur með Anlegg FA sementi frá Norcem. Rauðu ferningarnir eru blöndur með Aalborg Rapid sementi. Mynd frá (Pedersen & Kompen, 2013).

Þeir (Pedersen & Kompen, 2013) gerðu samanburð á fjaðurstuðlum sem fengust í rannsókninni og útreiknuðum gildum fjaðurstuðuls samkvæmt Eurocode 2. Útreiknuðu gildin eru í öllum tilfellum hærri en mældu gildin sbr. Mynd 4. Reyndust mældu gildin vera frá 58% til 94% af útreiknuðu gildunum. Að mati rannsakendanna ofmetur staðallinn fjaðurstuðul steypu úr norskum fylliefnum miðað við steypustyrk.

Trykkfasthet og E-modul for SV-40 betong. En studie av tilslagets betydning.



Mynd 4 Samhengi fjaðurstuðuls ( $E_c$ ) og þrýstistyrks (fasthet) eftir 28 daga ásamt útreiknuðum gildum fjaðurstuðuls (Beregningsmessig  $E_{cm}$ ) samkvæmt Eurocode 2 fyrir steypu með kvarsit fylliefnum. Bláu tíglarnir eru steypur með Norcem Anlegg FA sementi og Grænu þríhyrningarnir eru blöndur með Aalborg Rapid sementi. Mynd frá (Pedersen & Kompen, 2013).

## 2.5 Fylliefni og aðferðir til að mæla styrk þeirra

Fylliefnastaðallinn ÍST EN 12620 (CEN/TC154, ÍST EN 12620:2002+A1:2008, 2002) tilgreinir nokkrar aðferðir til að prófa styrk grófkornóttra fylliefna. Af þeim hafa einkum tvær verið notaðar hér á landi:

- Los Angeles-aðferðin: Ákvörðun á styrkleika steinefna, og
- Kúlnakvarnarpróf: Ákvörðun á slitþoli steinefna (nordic abrasion),

Los Angeles aðferðin hefur verið í notkun hérlendis um árabíl og er sú aðferð sem algengast er að nota til að meta styrk steinefna. Aðferðin er tiltölulega einföld og ódýr, t.d. miðað við að prófa þrýstistyrk á borkjörnum úr bergi eða mæla kleyfnistyrk á einstökum steinvölum (point load aðferð).

Los Angeles aðferðin felst í því að setja 5000g af grófkornóttu þurru steinefni (kornastærð 10-14mm) í stóra stáltromlu ásamt 11 stálkúlum með svipaðan heildarmassa og sýnið sjálf. Tromlunni er snúið alls 500 snúninga með hraðanum 31 – 33 snún./mín. Innan í tromlunni er brík sem lyftir efniskornunum og stálkúlunum við hvern snúning og veldur þannig fríu falli. Niðurbrot sýnis eftir tromlunina er ákvörðuð með því að mæla hve mikið af sýninu smýgur sigti með 1.6mm möskvum.  $L_A$ -gildið er hlutfall (prósenta) þess efnis sem smýgur 1.6mm sigtið og þunga upphaflega sýnisins.

Í ritinu (Edda Lilja Sveinsdóttir & Pétur Pétursson, 2004) segir að vegna eðlismunar á aðferðunum tveimur sé með réttu hægt að kalla kúlnakvarnarprófið slitþolspróf og LA-prófið styrkleikapróf. Í ritinu er mælt með, án umfjöllunar, að LA gildi fyrir fylliefni í steypu fari ekki yfir 40. Til samanburðar þá er krafa Norsku Vegagerðarinnar um að  $L_A$ -gildi fylliefni sé ekki hærra en 35.

## 3. Rannsóknaráætlun, efni og aðferðir

### 3.1 Steypuefni

Hér á eftir fer lýsing á fylliefnum og öðrum hlutefnum sem notuð voru í prófsteypunar

#### 3.1.1 Fylliefni

Fylliefnasýni voru fengin frá tveimur fylliefnaframleiðendum, úr einu brúarverkefni hjá Vegagerðinni og fjórða efnið frá fyrirhuguðu virkjanasvæði. Námurnar eru eftirfarandi:

- Björgun hf. í Reykjavík,
- ÍAV hf./ Rauðimelur á Reykjanesi
- Harðikambur á Snæfellsnesi,
- Sandskarð í Mývatnssveit.

Öll efnin eru unnin og flokkuð í sand- og malarstærðstærðir og komu þannig til rannsóknarstofunnar. Þau eru öll úr basalti en nokkuð ólík að gerð. Hér á eftir fer stutt lýsing á fylliefnunum sem byggð er á upplýsingum úr samræmisýfirlýsingablöðum framleiðenda og öðrum opinberum gögnum svo og úr rannsóknum sem gerðar voru á efnunum í rannsóknarstofu Mannvits í tengslum við þessa rannsókn.

#### Björgun hf

##### Finn Björgunarsandur FBS 0/8mm

Sjávarefni úr Kollafirði/Hvalfirði. Mest er af þéttu og fersku basaltgleri (um 35-40%), svo þéttu og fersku basalti (um 20%) en minna af ummynduðu basalti (um 10% nokkuð ummyndað og um 5% mjög ummyndað). Magn skeljabrota um 15-20% og aðrar berggerðir, svo sem líparít og setberg, innan við 10%. Efnið er að mestu þétt og lítt blöðrótt. Kornin eru núin og slétt.

##### Grófur Björgunarsandur GBS 0/8

Sjávarefni úr Kollafirði/Hvalfirði. Mest er af þéttu og fersku basaltgleri (um 35-40%), svo þéttu og fersku basalti (um 20%) en minna af ummynduðu basalti (um 10% nokkuð ummyndað og um 5% mjög ummyndað). Magn skeljabrota um 15-20% og aðrar berggerðir, svo sem líparít og setberg, innan við 10%. Efnið er að mestu þétt og lítt blöðrótt. Kornin eru núin og slétt.

##### Björgunarperla 8/16mm

Sjávarefni uppdælt af botni Kollafjarðar. Mest er af þéttu og fersku basaltgleri (um 35-40%), sem og þéttu og fersku basalti (um 35-40%). Nokkuð ummyndað basalt um 10% og mjög ummyndað basalt um 5%. Skeljabrot um 10% en aðrar berggerðir, svo sem líparít og setberg, til samans innan við 5%. Efnið er að mestu þétt og lítt blöðrótt. Kornin eru kúbísk, núin eða brúnamáð með slétta áferð.

## ÍAV hf - Rauðimelur

### ME12 – Sandur 0/8

Náttúrulegur sandur úr Rauðamelsnámu. Yfir 95% efnis er ferskt basalt, að mestu mjög blöðrótt (um 50% efnis með yfir 25% blöðrur) og nokkuð blöðrótt (um 40% efnis með 5-25% blöðrur) en innan við 10% er þétt. Móberg og ummyndað basalt til samans innan við 5% efnis. Kornin eru köntuð og hrjúf.

### ME13 – Perla 0/22

Möluð og hörpuð perlumöl úr Rauðamelsnámu. Yfir 90% efnis er ferskt basalt, að mestu nokkuð blöðrótt (um 45% efnis með 5-25% blöðrur) og mjög blöðrótt (um 35% efnis með yfir 25% blöðrur) en rúmlega 10% efnis er þétt. Móberg og ummyndað basalt til samans innan við 10% efnis. Kornin eru núin og með slétta áferð. Kúbísk korn, köntótt-brúnamað og hrjúf.

### ME19 – Salli

Malaður salli úr Rauðamelsnámu. Yfir 95% efnis er ferskt basalt, að mestu nokkuð blöðrótt (um 55% efnis með 5-25% blöðrur) og mjög blöðrótt (um 35% efnis með yfir 25% blöðrur) en innan við 10% er þétt. Móberg og ummyndað basalt til samans innan við 5% efnis. Kornin eru köntuð og hrjúf.

## Harðikambur, sjávarströnd milli Rifs og Ólafsvíkur

### 0/8 sandur

Náttúrulegur sandur unninn úr efni frá Harðakambi. Mest er af fersku og þéttu basalti ( 55-60% efnis) og næst mest af nokkuð blöðróttu efni (um 25% efnis með 5-25% blöðrur). Mjög blöðrótt efni er rúm 5% efnis og gjall einnig rúm 5% efnis. Aðrar berggerðir, líparít, basaltgler og skeljar eru samtals innan við 5%. Kornin eru núin og slétt.

### 8/16 perla

Náttúruleg mól unnin úr efni frá Harðakambi. Mest er af fersku og þéttu basalti (um 65-70% efnis) og næst mest af nokkuð blöðróttu efni (um 20-25% efnis með 5-25% blöðrur). Aðrar berggerðir, mjög blöðrótt basalt, ummyndað basalt, basaltgler og gjall, eru samtals um 8-12%. Kornin eru kúbísk og núin með slétta áferð.

### 11/22 mól

Náttúruleg mól unnin úr efni frá Harðakambi. Mest ferskt og þétt basalt (um 75-80% efnis) en svo nokkuð blöðrótt efni (um 15-20% efnis með 5-25% blöðrur). Aðrar berggerðir, mjög blöðrótt basalt, ummyndað basalt, basaltgler og gjall, eru samtals um 5%. Kornin eru kúbísk, núin og slétt..

## Sandskarð í Mývatnssveit

### Náttúrulegur sandur 0/4

Náttúrulegur sandur unninn úr efni frá Sandskarðsnámu. Efnið er að mestu ferskt basalt, blöðrótt (um 35-40% efnis með 5-25% blöðrur) og mjög blöðrótt (um 30% efnis með yfir 25% blöðrur). Ferskt basaltgler er um 15-20% efnis og hart set eða móberg um 10-15% efnis. Þétt og ferskt basalt er innan við 5% efnis. Kornin eru köntuð og hrjúf.

### Brotinn sandur 0/8

Brotinn sandur unninn úr efni frá Sandskarðsnámu. Efnið er að mestu ferskt basalt, blöðrótt (um 45-50% efnis með 5-25% blöðrur) og mjög blöðrótt (um 35-40% efnis með yfir 25% blöðrur). Ferskt og þétt basalt er um 5% og ferskt basaltgler er um 5% efnis. Set eða móberg er innan við 5% efnis. Kornin eru köntuð og hrjúf.

### Brotin mól 8/16

Brotin mól unnin úr efni frá Sandskarðsnámu. Efnið er að mestu ferskt basalt, um 10-15% er þétt og lítt blöðrótt, um 60% nokkuð blöðrótt og mjög blöðrótt um 25%. Innan við 5% efnis ferskt og þétt basaltgler. Kornin eru kúbísk, köntuð og lítillaga brúnamáð með hrjúfa áferð.

Í töflu 1 eru niðurstöður prófana sem gerðar voru á efnunum í rannsóknarstofu Mannvits og á Mynd 5, Mynd 6, Mynd 7 og Mynd 8 má sjá myndir af malarkornum úr öllum fylliefnasýnunum.

Tafla 1: Eiginleikar fylliefna, niðurstöður prófana á fylliefnasýnum sem gerðar voru í rannsóknarstofu Mannvits.

Fylliefni	Fínefnis- innihald	Slitþol* Los Ang. L <sub>A</sub> - gildi	Korna- rúm- þyngd*	Mettivatn / vatns- drægni	Sáldur- ferill
	(%)		(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	
<b>Björgun</b>					
0/8 Finn Björgunarsandur	6,7		2.930	2,1	x
0/8 Grófur Björgunarsandur	1,0		2.800	3,5	x
8/16 Perlumöl (Björgunarperla)	0,6	21	2.770	4,2	x
<b>ÍAV - Rauðimelur</b>					
0/8 ME 12 Sandur	8,4		2.880	2,9	x
0/22 ME 13 Perla	1,6	27	2.460	3,8	x
0/8 ME 19 Salli	2,7		2.840	2,6	x
<b>Harðikambur</b>					
0/8 Sandur	0,9		2.840	1,4	x
8/16 Perla	0,5	16	2.760	1,8	x
11/22 Mól	0,3		2.780	1,4	x
<b>Sandskarðsnáma</b>					
0/4 Náttúrulegur sandur	9,1		2.690	4,3	x
0/8 Brotinn sandur	12,6		2.680	5,1	x
8/16 Brotin mól	2,0	20	2.410	6,8	x

\*) vatnsmettað yfirborðsþurrt efni





Mynd 5 Björgunarperla, 8/16mm korn



Mynd 6 Rauðamelsefni, ME13 – 8/16mm korn



Mynd 7 Fylliefni frá Harðakambi, 8/16mm korn



Mynd 8 Fylliefni úr Sandskarðsnámu, 8/16mm korn.



### 3.1.2 Sement, vatn og íblendi

#### Sement

Portlandsement, Anlegg CEM I 52,5N frá Norcem var notað í allar blöndurnar.

#### Vatn

Notað var kranavatn í steypublöndurnar.

#### Íblendi

Notað var flotefni af gerðinni KKI40 frá Kemis ehf. Einnig var notaður froðudempari til að koma í veg fyrir eða eyða loftbólumyndun í steypunni.

## 3.2 Prófunaraðferðir

#### Fylliefni

Kornastærðardreifing og finefnisinnihald

Kornastærðardreifing og finefnisinnihald fylliefna var ákvarðað skv. staðli ÍST EN 933-1 (CEN/TC154, ÍST EN 1097-6:2013, 2013) með votsigtunaraðferðinni.

#### Kornarúmpýngd og vatnsdrægni

Kornarúmpýngd og vatnsdrægni (mettuvatn) fylliefna var ákvarðað skv. staðli ÍST EN 1097-6 (CEN/TC154, ÍST EN 1097-6:2013, 2013).

#### Styrkur – Los Angeles-aðferð

Styrkur fylliefnis var prófaður með Los Angeles-aðferðinni skv. staðli ÍST EN 1097-2 (CEN/TC154, ÍST EN 1097-2:2010, 2010). Skv. staðlinum er prófun gerð á kornastærðinni 10 til 14 mm og ákvarðað er s.k.  $L_A$ -gildi.  $L_A$ -gildið er lægra þeim mun sterkara sem efnið er og öfugt.

#### *Steinsteypa*

##### Þjálni, rúmpýngd og loftinnihald:

Sigmál, rúmpýngd og loftinnihald ferskrar steypu var ákvarðað skv. aðferðum í staðlaröðinni ÍST EN 12350; sigmál skv. hluta 1: Slump-test; rúmpýngd skv. hluta 6: Density og; loftinnihald skv. hluta 7: Air content – pressure method (CEN/TC104, ÍST EN 12350:2009).

##### Þrýstistyrkur:

Þrýstistyrkur steypu var prófaður skv. staðli ÍST EN 12390-3 (CEN/TC104, ÍST EN 12390-3:2009, 2009). Prófun var gerð við 28 daga aldur á þremur 150 x 300 mm sívalningum úr hverri steypublöndu og er meðalstyrkur þeirra þrýstistyrkur steypunnar.

#### *Fjaðurstuðull*

##### Stöðufjaðurstuðull skv. ISO – staðli.

Stöðufjaðurstuðull steypu var prófaður skv. staðli ISO 1920-10:2010 (ISO/TC71-SC1, 2010). Prófun var gerð við 28 daga aldur á tveimur 150 x 300 mm sívalningum úr hverri steypublöndu. Meðaltal þeirra er stöðufjaðurstuðull steypunnar. Streita steypusívalninga var mæld með álímdum streitunemum (e: resistance strain gauges). Varðandi nánari lýsingu á fjaðurstuðulsprófunum er vísað í áfangaskýrslu frá í maí 2013.

### Stöðufjaðurstuðull skv. ASTM – staðli.

Stöðufjaðurstuðull steypu var einnig prófaður með aðferð og búnaði sem lýst er í staðli ASTM C 469 (ASTM Subcommittee C09.61, 2014) á sömu sívalningum og samtímis prófun skv. ISO 1920-10 staðlinum. Um er að ræða aðferð þar sem notaður er samþjöppunarmælir (e: compressometer), en það er grind sem smeygt er utanum og fest á sívalning og í er einn mælir sem nemur lengdarbreytingu milli punkta á langás sívalnings með 150mm fjarlægð. Aðferðin samræmist ekki ISO 1920-10 staðlinum, en þegar hún er notuð eins og hér er gert er líklegra en ekki að hún gefi marktæka mælingu. Varðandi nánari lýsingu á þessari aðferð er vísað til áfangaskýrslu frá í maí 2013. Prófun skv. ASTM staðli var gerð á sýnum úr þremur steypublöndum af fjórum.

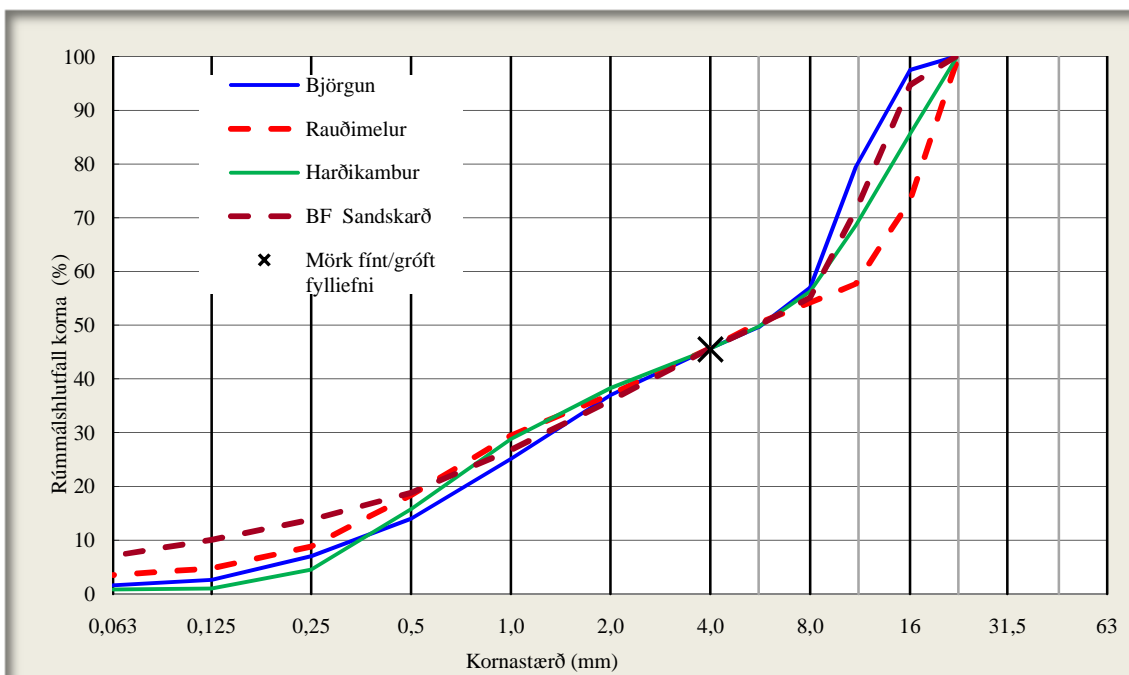
### Hreyfðarfjaðurstuðull

Hreyfðarfjaðurstuðull steypu var á kvarðaður skv. staðli ASTM C 215 (ASTM Subcommittee C09.64, 2008) á 150 x 300 mm sívalningum og 100 x 100x 360mm strendingum við 7, 14, 28 og 90 daga aldur sýna. Varðandi nánari lýsingu á prófun hreyfðarfjaðurstuðuls er vísað til (Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Fjaðurstuðull steinsteypu, Rannsóknarverkefni, Áfangaskýrsla 2, 2014).

## 4. Rannsóknir

### 4.1 Steypublöndur

Til að gera steypublöndurnar sem hæfastar til samanburðar m.t.t fjaðurstuðuls voru blöndur hannaðar þannig að samsetning og rúmmál sementsefju var fast og þar með einnig rúmmál fylliefna. Jafnframt var rúmmálshlutfall fínkornóttra fylliefna (korn <4mm) og grófkornóttra fylliefna (korn >4mm) það sama í öllum blöndum. Þungi fylliefna í blöndunum er hins vegar mismunandi vegna mismunandi kornarúþpyngdar þeirra. Fylliefni frá hverjum framleiðanda eru stærðarflokkuð en sáldurferill þeirra er mismunandi, jafnvel þó um sama stærðarflokk sé að ræða, t.d. 0/8mm. Kornastærðardreifing fylliefna er því mismunandi, en sáldurferill hversrar blöndu sker línuna fyrir 4 mm kornastærðina á sama stað í öllum blöndunum. Mynd 9 sýnir sáldurferla fylliefna í öllum blöndunum.



Mynd 9 Kornastærðardreifing fylliefna í steypublöndunum, rúmmálshlutfall fin- (korn <4mm) og gróf-kornóttra fylliefna (korn >4mm) það sama í öllum blöndum.

Hönnuð blöndunarhlutföll voru þannig:

Sement (bindiefni)	360 kg/m <sup>3</sup>
Vatn	161 kg/m <sup>3</sup>
Vs - tala	0,45
Fínkornótt fylliefni 0/4	46 % (rúmmál fylliefna)
Grófkornótt fylliefni 4/22	54 % (rúmmál fylliefna)
Flotefni	2 kg/m <sup>3</sup> (breytil.)
Loftinnihald	3 % (áætlað)
Rúþpyngd	(breytil.) kg/m <sup>3</sup>

## 4.2 Niðurstöður prófana

Hræðar voru fjórar 60 lítra steypublöndur, þ.e. ein með fylliefni úr hverri fylliefnanámu. Eins og að framan er getið eru rúmmálshlutföll efna í öllum blöndunum eins. Vatnspörf fylliefna í blöndunum er mjög mismunandi, bæði vegna mismunandi kornastærðardreifingar, kornalögunar og yfirborðsáferðar (hrýfis) fylliefnakornanna. Flotefni var notað til að bregðast við mismunandi vatnspörf og ná upp þjální í steypunni sem þó tókst ekki alltaf sem skildi.

Úr hverri blöndu var stept í sex 150x300mm sívalningsmót og tvenn 100x100x360mm strendingasmót. Steypan var þjöppuð í mótin á titurborði með tímalengd sem fór eftir þjální steypunnar. Þrýstistyrkur og stöðufjaðurstuðull var prófaður á sívalningunum og hreyfðarfjaðurstuðull var prófaður bæði á sívalningum og strendingum.

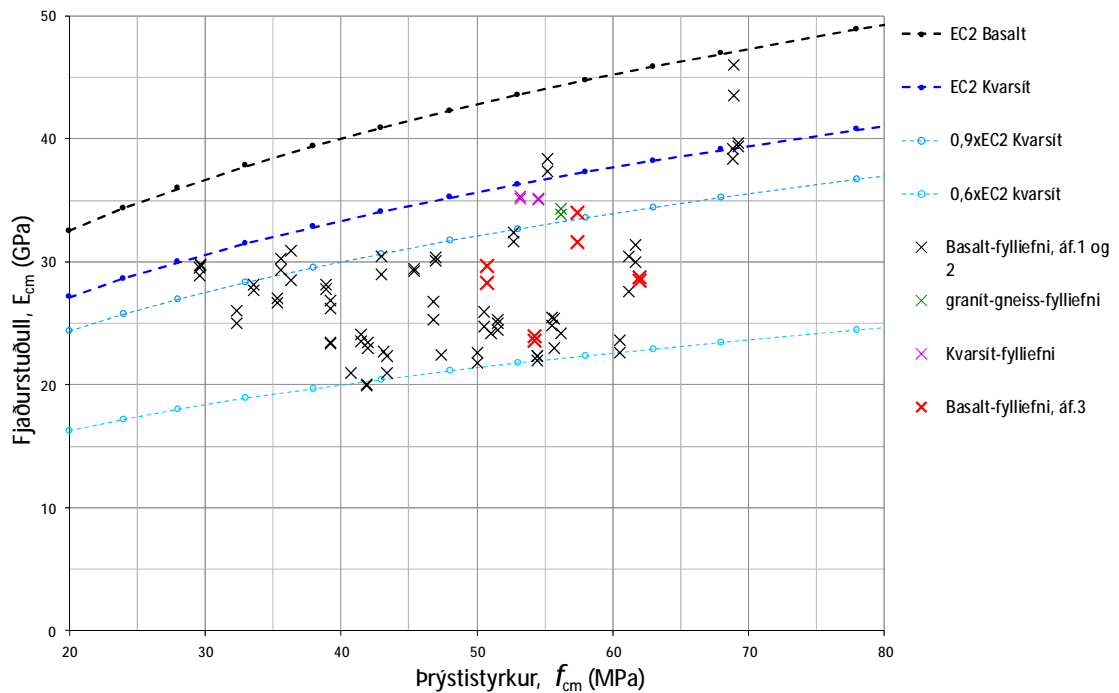
Tafla 2 sýnir niðurstöður prófana á steypu ásamt einkennistöllum fyrir kornadreifingu fylliefnanna.

Tafla 2 Niðurstöður prófana á steypublöndum.

1	Blanda nr.	47	48	49	50
2	Fylliefni	Björgun	Rauðimelur	Harðikambur	Sandskarð
3	ASS, (aggregate specific surface) (m <sup>2</sup> /kg)	2,26	2,47	2,25	2,69
4	Heildar fínefni í blöndu korn < 0,25mm (kg/m <sup>3</sup> )	497	530	452	593
5	Íblendi – KKI40 flotefni (ltr/m <sup>3</sup> )	2,0	2,5	0,4	7,3
6	Mælt loftinnihald í ferskri steypu (%)	2,5	2,8	2,4	4
7	Sigmál (mm)	30	35	155	25
8	Rúmþyngd fersk steypa (kg/m <sup>3</sup> )	2.470	2.400	2.492	2.260
9	Rúmþyngd hörð steypa (kg/m <sup>3</sup> )	2.495	2.400	2.525	2.285
10	Þrýstistyrkur, 28 d (MPa)	50,8	62,0	57,4	54,3
11	Stöðufjaðurstuðull skv ISO-staðli, 28d (GPa)	28,9	26,3	33,2	23,7
12	Stöðufjaðurstuðull skv ASTM-staðli, 28d (GPa)	-	24,8	31,6	24,4
13	Possions-hlutfall	-	-	0,21	0,22
14	Hreyfðarfjaðurstuðull sívalninga, 28d (GPa)	-	35,4	40,9	29,8
15	Hreyfðarfjaðurstuðull, strendinga, 28 d (GPa)	-	37,4	42,7	30,6
16	Hreyfðarfjaðurstuðull, strendinga, 90 d (GPa)	-	-	43,2	31,7

Á línuritinu í Mynd 10 eru niðurstöður þrýstistyrks og stöðufjaðurstuðulsprófana (sbr. línur 10 og 11 í töflu 2) á hverjum einstökum prófhlut (sivalning) sýndar með rauðum krossum. Á myndinni eru einnig sýndar allar fyrri niðurstöður þrýstistyrks og stöðufjaðurstuðulsprófana í verkefninu.

Á línuritinu eru einnig sýnd viðmiðunargildi fjaðurstuðuls (bláa punktalínan) reiknuð samkvæmt jöfnu í þolhönnunarstaðlinum ÍST EN 1992-1-1:2004, Eurocode 2 (hér eftir kallaður EC2) fyrir steypu úr kvarsít-fylliefnum, sbr. EC2, table 3.1. Viðmiðunargildi EC2 fyrir steypu með basalt fylliefni eru sýnd með svartri punktalínu. Ljósbláu punktalínurnar sýna margfeldi af viðmiðunargildum EC2 fyrir kvarsít-fylliefnasteypu, annars vegar með stuðlinum 0,9 og hinsvegar 0,6 sbr. íslenska þjóðarviðaukann við EC2.



Mynd 10 Niðurstöður allra fjaðurstuðulsmælinga í rannsókninni og viðmiðunargildi fjaðurstuðuls í EC2 og íslenska þjóðarviðaukanum, sbr. textann fyrir ofan myndina.

## 5. Umfjöllun

Í töflu 3 er yfirlit um þær niðurstöður prófana á fylliefnum og steypublöndum sem fjallað verður um í þessum kafla.

Tafla 3 Yfirlit um niðstöður prófana á fylliefnum, fjaðurstuðli og útreiknuðu gildi fjaðurstuðuls skv. EC2 fyrir steypu með kvarsít fylliefni.

Blanda nr.	Fylliefni	Slit- styrkur fylliefna, L <sub>A</sub> -gildi	Vatns- drægni fylliefna, vegið meðaltal (%)	Rúmpyngd hörönuð steypa  (kg/m <sup>3</sup> )	Þrýsti- styrkur (MPa)	Mældur stöðu- fjaður- stuðull skv. ISO st. (GPa)	Fjaðurst skv. EC2 kvarsít- fylliefni (GPa)	Hlutfall fjaður- stuðula mældur/ útreikn skv. EC2
47	Björgun	21	2,4	2495	50,8	28,9	35,8	0,81
48	Rauðimelur	27	3,2	2400	62	26,3	38,0	0,69
49	Harðikambur	16	1,6	2525	57,4	33,2	37,2	0,89
50	Sandskarð	20	5,7	2285	54,3	23,7	36,5	0,65

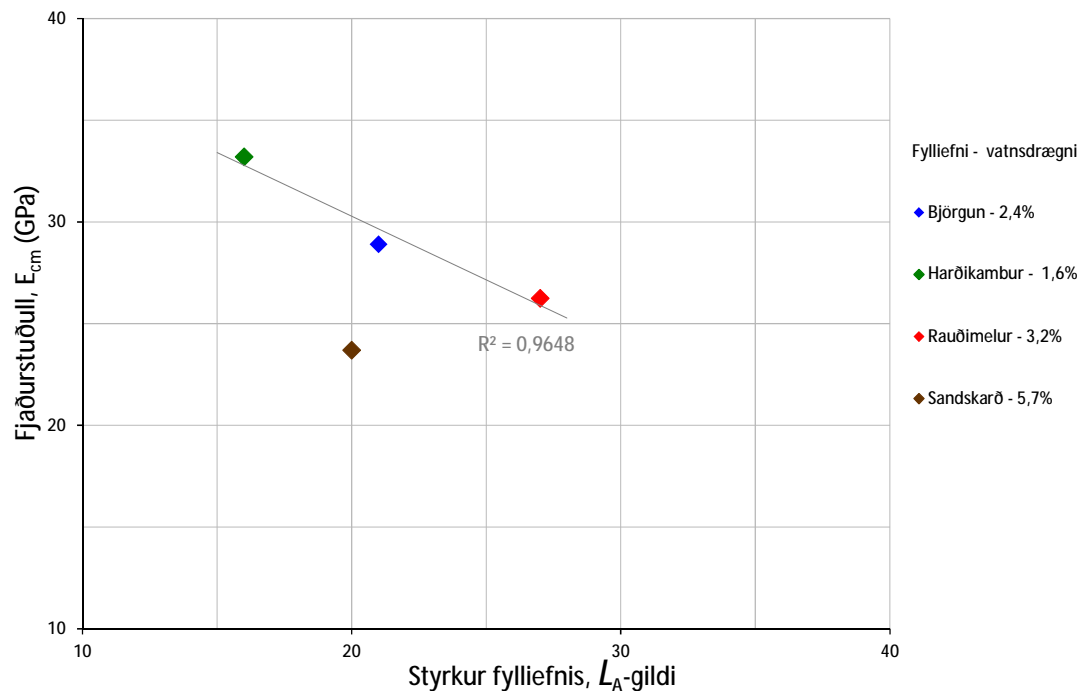
### 5.1 Stöðufjaðurstuðull og styrkur fylliefna

Á Mynd 11 er mældur stöðufjaðurstuðull steypusýna teiknaður upp á móti L<sub>A</sub>-gildi (styrk) fylliefnis í viðkomandi steypublöndu. Á myndinni má sjá fylgni milli fjaðurstuðuls steypu og L<sub>A</sub>-gildis (styrks) fylliefna, þ.e. lægri fjaðurstuðull fæst með hærra L<sub>A</sub>-gildi fylliefnis (minni styrk fylliefnis). Punktarnir eru þó helst til fáir til að draga miklar ályktanir. Þó má sjá að að þrír af fjórum punktum liggja nánast á beinni línu (aðfallsferli þriggja punkta) en einn punktur (blanda nr. 50, Sandskarðsefni) sker sig nokkuð úr og liggur ca 6 GPa neðan við punkt á línunni sem samsvarar L<sub>A</sub>-gildi Sandskarðsefnisins (L<sub>A</sub>=20).

Sandskarðsefnið, er talsvert vatnsdrægara en hin fylliefnin og fínefnisinnihald þess er meira sbr. Tafla 2 og Mynd 9. Sandskarðsefnið og fylliefnið í blöndu nr. 48, Rauðamelsefnið, eru ekki ósvipuð bergfræðilega, Sandskarðsefnið hefur þó nær tvöfalt meiri vatnsdrægni en Rauðamelsefnið sem er með næst mestu vatnsdrægnina af fylliefnunum fjórum. Kornarúmpyngd grófkornótta hlutans í Sandskarðsefninu og Rauðamelsefninu er mjög svipuð þrátt fyrir hinn mikla mun á vatnsdrægni. Það gæti bent til að þórnar í grófkornótta Rauðamelsefninu séu lokaðar, þ.e. ekki samgangur milli þeirra. Kornarúmpyngd fínkornótta hlutans í Rauðamelsefninu er hins vegar mun meiri en hjá Sandskarðsefninu, sem virðist eðlilegt miðað við mismuninn á vatnsdrægni.

Annar þáttur sem gæti hafa valdið lægri fjaðurstuðli hjá blöndu nr. 50 er meira loftinnihald, en það mældist 4% en um 2,5% í hinum blöndunum. Samkvæmt þumalputtareglu lækkar fjaðurstuðullinn um 2 – 3% við hvert viðbótar prósent blendilofts í steypu sbr. áfangaskýrslu 2 frá í júní 2014. Það þýðir ca. 1 GPa lægri fjaðurstuðul en ella. Vegna notkunar á froðueyði í blönduna hefur hefur steypan (sementsefjan) þó verið án blendilofts. S.k. leiðréttingarstuðull vegna eiginlofts fylliefnis er um 1% hærri hjá Sandskarðsefninu en hjá hinum fylliefnunum. Þegar tillit hefur verið tekið til þessa er leiðrétt loftinnihald hjá öllum blöndunum mjög áþekkt. Meira loftinnihald í blöndu nr. 50 er því líklega ekki orsök fyrir lægri fjaðurstuðli.

Meiri vatnsdrægni Sandskarðsefnisins bendir til mun meiri holrýmdar í því en í hinum fylliefnunum. Kann það að vera helsta orsökinn fyrir mun lægri fjaðurstuðli, þrátt fyrir að styrkur Sandskarðsefnisins mældur með Los Angeles-aðferðinni sé tiltölulega mikill (lágt L<sub>A</sub>-gildi). Mikið fínefnisinnihald kann einnig að hafa áhrif til lækkunar á fjaðurstuðli.



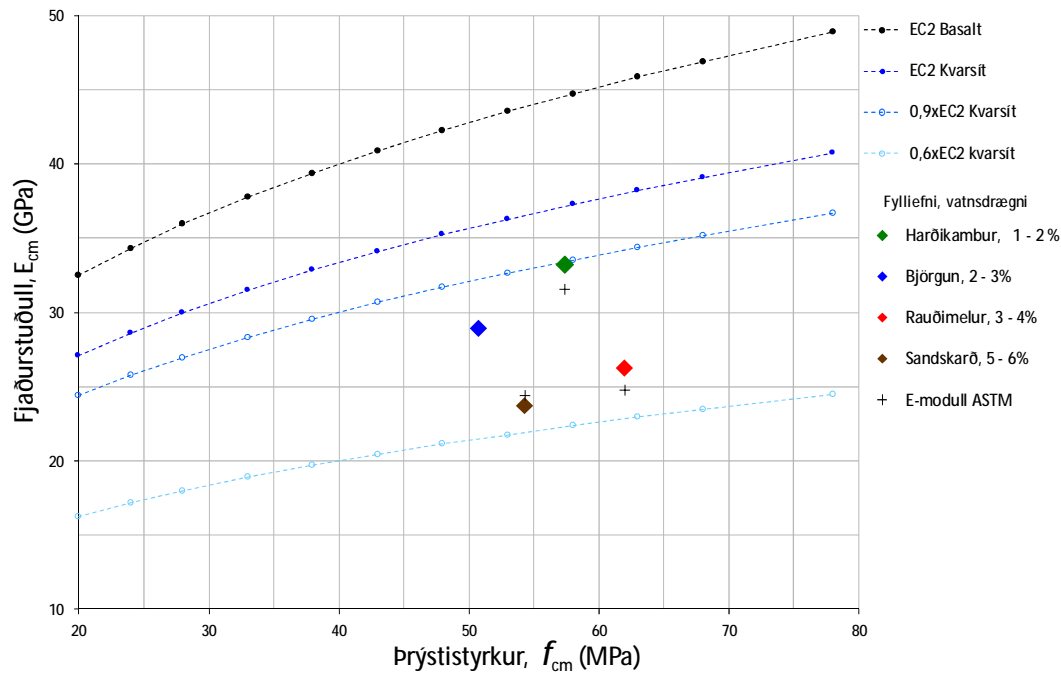
Mynd 11 Mældur fjaðurstuðull steypu og  $L_A$ -gildi fylliefna, ásamt aðfallslíni þriggja punkta .

## 5.2 Stöðufjaðurstuðull og þrýstistyrkur

Mynd 12 sýndir niðurstöður prófana á stöðufjaðurstuðli og þrýstistyrk á sívalningum úr prófsteypunum. Litur tíglanna gefur til kynna uppruna (námu) og vatnsdrægni fylliefna í steypublöndunum (vegið meðaltal sands og malar). Svörtu krossarnir eru niðurstöður prófana á fjaðurstuðli með áfestri grind sbr. Tafla 2, lína 12.

Punktalinurnar sýna viðmiðunargildi fjaðurstuðuls útreiknuð skv. jöfnu í þolhönnunarstaðlinum EC2 sem fall af meðalstyrk steypu. Bláa punktalínan sýnir gildin fyrir steypu úr kvarsít-fylliefnum og ljósbláu línurnar sýna gildi fjaðurstuðuls fyrir steypu úr kvarsít-fylliefnum margfölduð með stuðlinum 0,9 annars vegar og hins vegar 0,6, sbr. íslenska þjóðarviðaukann við EC2. Svarta punktalínan sýnir gildin fyrir steypu úr basalt-fylliefnum, en þau gildi eru 20% hærrí en gildin fyrir steypu úr kvarsít-fylliefnum.

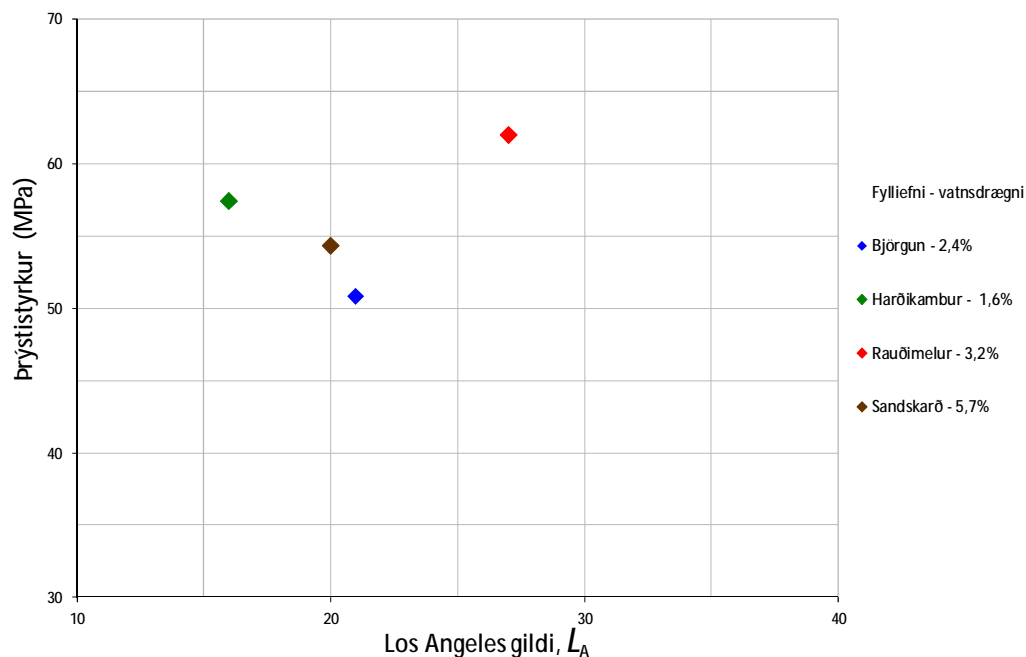
Tafla 3 sýnir að mældur fjaðurstuðull steypusýnanna er frá því að vera 65% og upp í 89% af útreiknuðu gildi fjaðurstuðuls skv. EC2 fyrir steypu með kvarsít fylliefni. Er það í takt við fyrri niðurstöður í þessu verkefni.



Mynd 12 Samband fjaðurstuðuls, þrýstistyrks og vatnsdrægni fylliefna í óloftblendnum steypublöndum úr mismunandi fylliefnum, punktalínurnar sýna reiknaðan fjaðurstuðul skv. EC2 og ísl. þjóðarviðaukanum.

### 5.3 Þrýstistyrkur og styrkur fylliefnis

Á Mynd 13 er þrýstistyrkur steypusýna dregin upp á móti styrk fylliefna mældum með Los Angeles aðferðinni ( $L_A$ -gildi). Þrjár steypur sína ákveðna leitni, þ.e. lækkandi þrýstistyrkur með hækkandi  $L_A$ -gildi fylliefnis (lækkandi styrk fylliefnis). Ein steypa sker sig þó áberandi frá þessu mynstri, hún er með hærri þrýstistyrk en hinar steypurnar þrátt fyrir að  $L_A$ -gildi fylliefnisins í henni sé hærra.



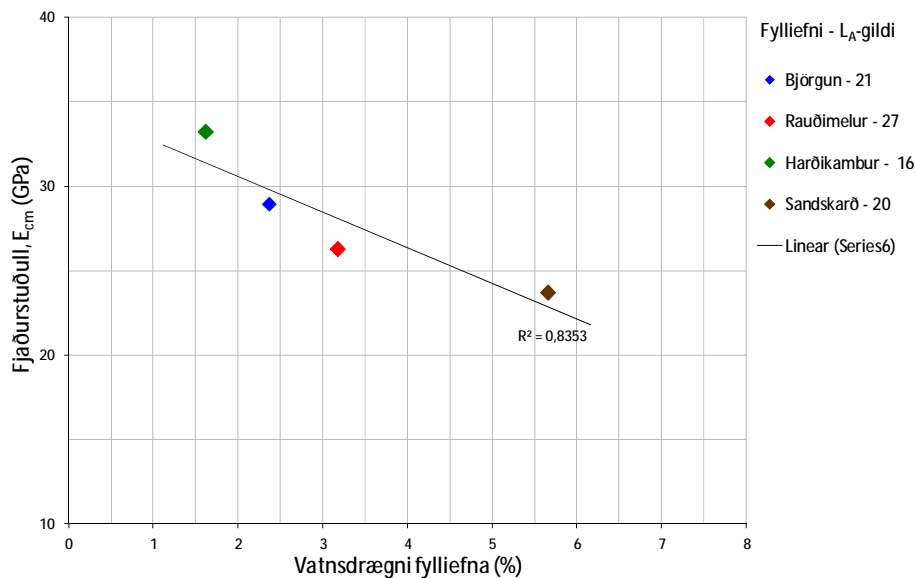
Mynd 13 Mældur þrýstistyrkur steypusýna og Los Angeles gildi fylliefna.



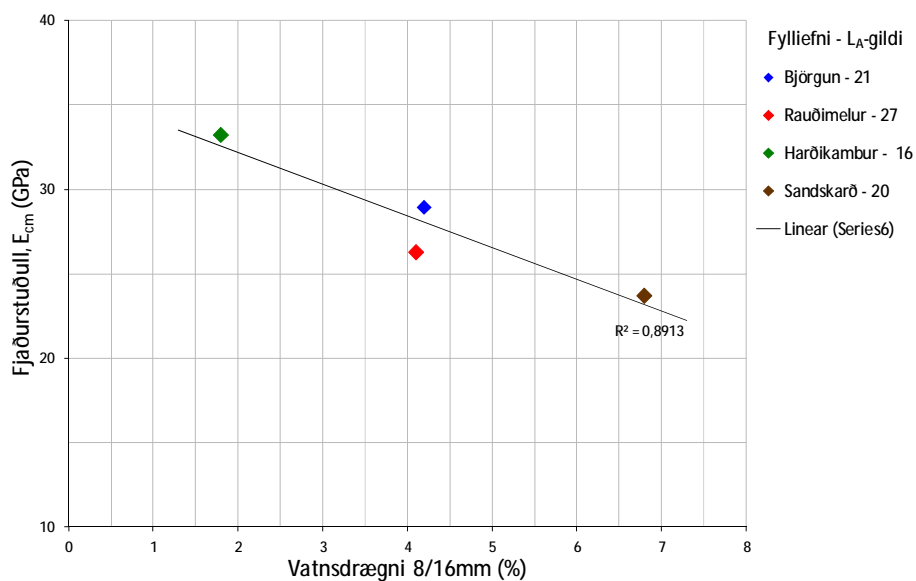
## 5.4 Stöðufjaðurstuðull og vatnsdrægni fylliefna

Í verkefninu (sbr. áfangaskýrslur 1 og 2) hefur verið lögð áhersla á að skoða samhengi eða fylgni fjaðurstuðuls steypu og vatnsdrægni fylliefna. Steypusýnin sem prófuð hafa verið komu frá mörgum framleiðendum, voru úr ýmsum fylliefnum og ólík að samsetningu. Þó sjá hafi mátt greinilega fylgni (leitni), þ.e.a.s. lækkandi fjaðurstuðull með vaxandi vatnsdrægni fylliefnisins, þá hefur reiknuð fylgni ekki verið sérlega góð, sbr. mynd 10 í áfangaskýrslu 2.

Mynd 14 sýnir samband fjaðurstuðuls og vatnsdrægni fylliefna fyrir steypusýni prófuð í þessum loka áfanga verkefnisins. Fylgni fjaðurstuðuls og vatnsdrægni fylliefna er nokkuð góð enda er samsetning steypublandnanna eins í öllum tilvikum, aðeins fylliefnið er breytan. Ef eingöngu er skoðað samband fjaðurstuðuls og vatnsdrægni grófkornótta fylliefnisins er fylgnin enn betri sbr. Mynd 15. Mætti út frá því álykta að vatnsdrægni (eða holrýmd) grófkornótta hlutans fylliefnisins hafi tiltölulega meiri árif á fjaðurstuðul steypu en vatnsdrægni finkornótta hlutans.

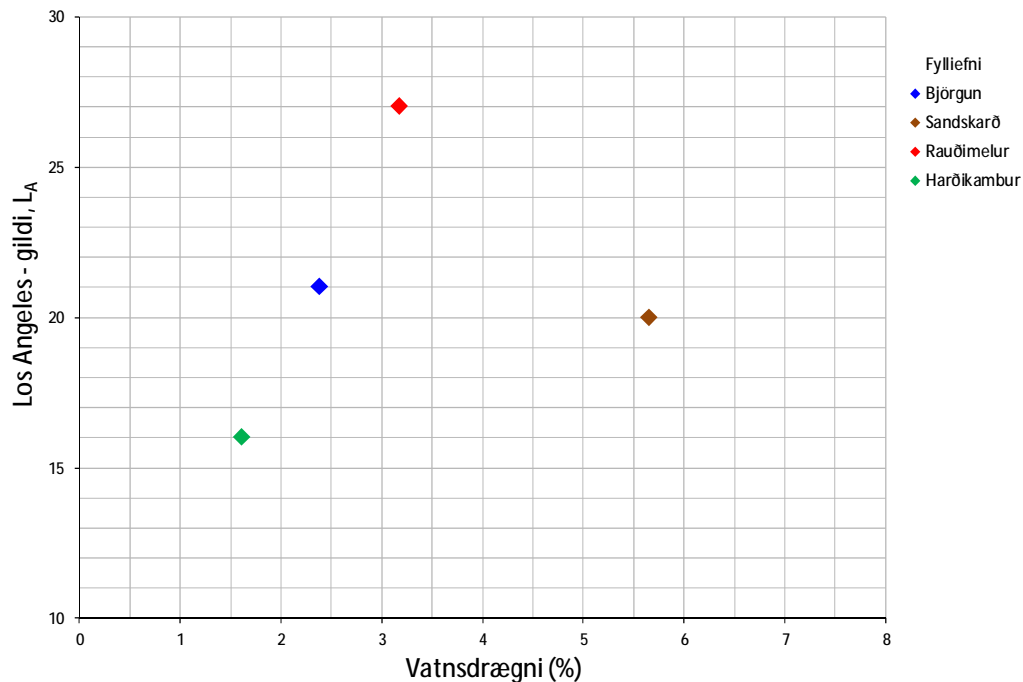


Mynd 14 Fjaðurstuðull og vatnsdrægni fylliefna (vegið meðaltal allra fylliefna í hverri blöndu).



Mynd 15 Fjaðurstuðul og vatnsdrægni grófkornóttra fylliefna (korn >4mm).

Í þessu sambandi er fróðlegt að skoða samhengi styrks ( $L_A$ -gildis) og vatnsdrægni fylliefna sbr. Mynd 16. Í ljós kemur að góð fylgni virðist vera milli þriggja efna en það fjórða, Sandskarðsefnið, sýnir verulegt frávik. Hér eru þó aðeins prófanir á fjórum efnum og því ekki tilefni til að draga miklar ályktanir.



Mynd 16 Styrkur fylliefna ( $L_A$ -gildi) og vatnsdrægni fylliefna. Los Angeles gildið er ákvarðað á kornastærðinni 10/14mm og vatnsdrægnin er vegið meðaltal fylliefna í steypublöndu.

## 5.5 Niðurstöður -samantekt

Í þeim tilgangi að kanna áhrif styrks fylliefna á fjaðurstuðul steypu var fylliefnasýna aflað og gerðar prófsteypur í rannsóknarstofu. Notuð voru fylliefni úr fjórum námum. Efnislegir eiginleikar fylliefnanna voru ákvarðaðir, þ.e. sáldurferill, kornarúþpyngd, vatnsdrægni og styrkur (Los Angeles-áðferð).

Los Angeles gildi fylliefnanna var lægst 16 (sterkasta efnið) og hæst 27 (veikasta efnið). Vatnsdrægni fylliefnanna var minnst 1,6% og mest 5,7% (vegið meðaltal fín- og grófkornóttra efna í hverri steypublöndu).

Ein steypublanda var gerð með fylliefni úr hverri námu. Hver blanda var með 360kg sements í rúmmetra, vatnssementstölu 0,45 og restin fyllt upp með fylliefni. Rúmmálshlutföll fylliefna með kornastærð > 4mm og <4mm voru þau sömu í öllum blöndum.

Fjaðurstuðull mældist hæstur 33,2 GPa og var það í steypu úr fylliefni með lægsta  $L_A$ -gildið (sterkasta fylliefnið) og minnstu vatnsdrægnina. Fjaðurstuðull mældist lægstur 23,7 GPa og var það í steypu úr fylliefni með mestu vatnsdrægnina en ekki með hæsta  $L_A$ -gildið (ekki veikasta efnið). Fylgni er milli fjaðurstuðuls steypu og styrks fylliefna (á mælikvarða  $L_A$ -gildis) en með verulegu frávik einnar af fjórum steypum í rannsókninni. Mjög góð fylgni fékkst hins vegar milli fjaðurstuðuls steypu og vatnsdrægni fylliefna. Í rannsókninni voru einungis fylliefni úr fjórum námum (fjórar steypublöndur) og eru það heldur fáar prófanir til að gefa vel marktækar niðurstöður.

## Heimildir

- ASTM Subcommittee C09.61. (2014). ASTM C469-14. *Standard test method for static modulus of elasticity and poisson's ratio of concrete in compression*. ASTM.
- ASTM Subcommittee C09.64. (2008). ASTM C215-08. *Standard Test Method for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Resonant Frequencies of Concrete Specimens*<sup>1</sup>. USA: ASTM International.
- Byggingarstaðlaráð. (2010). ÍST EN 1992-1-1:2004/NA:2010. *Icelandic national Annexes to Eurocodes*. Reykjavík: Staðlaráð Íslands.
- CEN/TC/250. (án dags.). FS ENV 1992-1-1:1991. *Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1: General rules and rules for buildings*. Reykjavík: Staðlaráð Íslands.
- CEN/TC104. (2009). ÍST EN 12350:2009. *Testing fresh concrete - Part 2: Slump test, Part 6: Density, Part 7: Air content - Pressure methods*. Staðlaráð Íslands.
- CEN/TC104. (2009). ÍST EN 12390-3. *Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens*. Staðlaráð Íslands.
- CEN/TC104. (2009). ÍST EN 12390-3:2009. *Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens*. Staðlaráð Íslands.
- CEN/TC104. (án dags.). ÍST EN 12350:2009. *Testing fresh concrete - Part 2: Slump-test, Part 6: Density, Part 7 Air content - Pressure methods*. Staðlaráð Íslands.
- CEN/TC154. (2002). ÍST EN 12620:2002+A1:2008. *Fylliefni í steinsteypu / Aggregates for concrete*. Staðlaráð Íslands.
- CEN/TC154. (2010). ÍST EN 1097-2:2010. *Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation*. Staðlaráð Íslands.
- CEN/TC154. (2012). ÍST EN 933-1:2012. *Tests for geometrical properties of aggregates - Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method*. Staðlaráð Íslands.
- CEN/TC154. (2013). ÍST EN 1097-6:2013. *Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 6: Determination of particle density and water absorption*. Staðlaráð Íslands.
- CEN/TC250. (2004). EN 1992-1-1:2004. *Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*. European committee for standardization.
- Edda Lilja Sveinsdóttir, & Pétur Pétursson. (2004). *Steinefni til mannvirkjagerðar, leiðbeiningar varðandi samhæfða Evrópustaðla og CE-merkingar. Steinefni til mannvirkjagerðar*. Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins.
- Gísli Guðmundsson, & Edda Lilja Sveinsdóttir. (1995). *Gæðaflokkun íslenskra steinefna í steinsteypu*. Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins.
- Guðmundur Böðvarsson. (1977). *Fylliefni í steinsteypu. sérrit nr. 25*. Reykjavík: Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins.
- Guðmundur Böðvarsson. (1977). *Styrkleiki steinsteypu. sérrit nr. 26*. Reykjavík: Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins.
- ISO/TC71-SC1. (2010). ISO 1920-10. *ISO 1920-10:2010 Testing of concrete - Part 10: Determination of static modulus of elasticity in compression*. Geneva: ISO International standard.
- Neville, A. M. (1997). *Properties of concrete*. NY, USA: Wiley.

- Pedersen, B., & Kompen, R. (2013). Trykkfasthet og E-modul for SV-40 betong, En studie av tilslaggets betydning, Statens vegvesens Rapport nr. 177. *Trykkfasthet og E-modul for SV-40 betong*. Oslo, Norge: Statens vegvesen.
- Sveinbjörn Sveinbjörnsson. (1988). Fjaðurstuðull íslenskrar steypu. *Steinsteypudagur 1988*. Reykjavík: Steinsteypufélag Íslands.
- Sveinbjörn Sveinbjörnsson. (Maí 2013). *Fjaðurstuðull steinsteypu, rannsóknarverkefni, Áfangaskýrsla*. Reykjavík: Mannvit hf.
- Sveinbjörn Sveinbjörnsson. (Júní 2014). Fjaðurstuðull steinsteypu, Rannsóknarverkefni, Áfangaskýrsla 2. Reykjavík: Mannvit.

## Viðauki

Upplýsingar um fylliefni



0086



Björgun ehf. - Sævarhöfða 33 - 110 Reykjavík

08

0086-CPD-543220

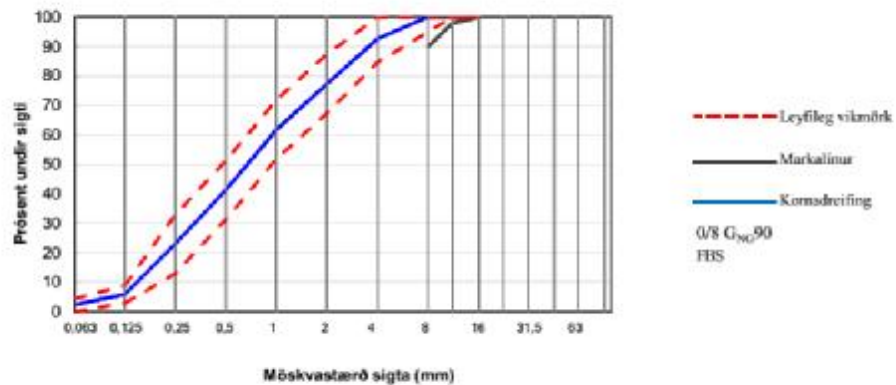
ÍST EN 12620

Steinefni í steinsteypu

<b>Vörubelti</b>		<b>Finn Björgunarsandur</b>
Náma		Kóllafjörður / Hvalfjörður
<b>Kornastærð</b>	d/D	0/8
<b>Kornastærðardreifing</b>	C <sub>90</sub>	C <sub>90</sub> 90
<b>Kornarúþyngd</b>		2,700 Mg/m <sup>3</sup>
<b>Hreinleiki</b>		
Magn fínefna	f <sub>5</sub>	
Gæði fínefna		Ekki skaðleg, sbr. viðauka D d)
<b>Efnaræðilegir eiginleikar</b>		
Vatnsleysanlegt klóríð		0,03%
Lífrænt innihald		Lítlæust
Sýrueysanlegt súlfat		AS <sub>0,2</sub>
Heildar brennisteinn		0,3
Mettívatn		3,9%
<b>Óvirkt skv. Byggingarreglugerð lið 131.3</b>		
<b>Berggreining, skv. Rb-57, 1989</b>		<b>Lýsing (berggerð - ummyndanarstig)</b>
<b>Dæmigerð gjöld</b>		21% Basalt-ferskt/lítt ummyndað
		9% Basalt-nokkuð ummyndað
		6% Basalt-mjög ummyndað
		34% Basalgler
		3% Líparit
		<1% Seiþberg
		<1% Holufylling
		21% Skeljáhrot
		6% Öflokkað

**Kornastærðardreifing steypuefnis**


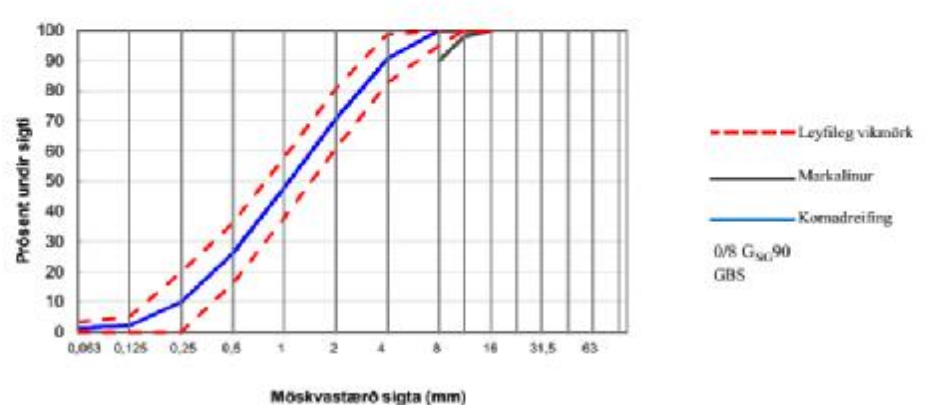
Möskvastærð sigta (mm)	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	8,0
Dæmigerður ferill	2	6	23	41	62	77	93	100




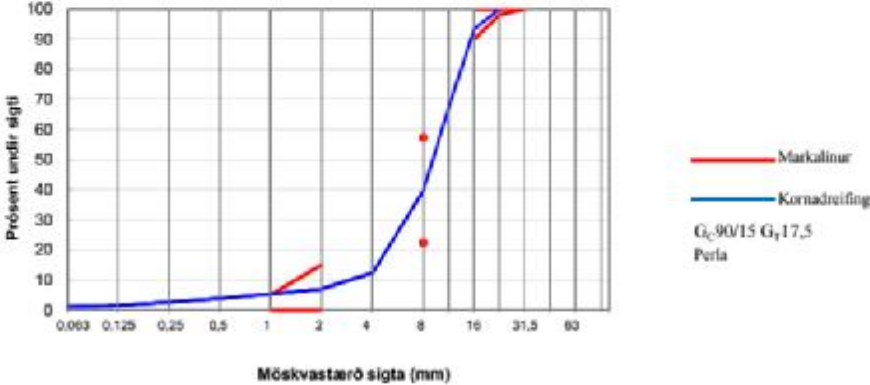
Þær upplýsingar sem koma fram í skjali þessu eru skv. bestu vitand framleiðanda.

Framleiðandi áskilar sér rétt til breytinga án fyrirvara. Öll töluleg gjöld eru laðbeinandi og dæmigerð fyrir efnið.

Útg. 22. nóvember 2011

 <b>0086</b>																			
<b>Björgun ehf. - Sævarhöfða 33 - 110 Reykjavík</b>  <b>08</b>  <b>0086-CPD-543220</b>																			
<b>ÍST EN 12620</b>  <b>Steinefni í steinsteypu</b>																			
<b>Vörubelti</b> Náma <b>Kornastærð</b> <b>Kornastærðadreifing</b> <b>Kornarúmpýngd</b> <b>Hreinleiki</b> Magn finefna Gæði finefna <b>Efnafræðilegir eiginleikar</b> Vatnsleysunlegt klóríð Lífrænt innihald Sýruleysanlegt súlfat Heildar brennisteinn <b>Metivætni</b> <b>Óvirkt skv. Byggingarreglugerð lið 131.3</b> Berggreining, skv. Rb-57, 1989	Gröfur Björgunarsandur Kollafjörður / Hvalfjörður 0/8 $G_{90}$ 2,700 Mg/m <sup>3</sup> $f_3$ Ekki skaðleg, sbr. viðauka D d) 0,03% Líflaust $AS_{0,2}$ 0,3 3,7% <b>Lýsing (berggerð - ummyndunarstig)</b> 21% Basalt-ferski/liti ummyndað 12% Basalt-nokkuð ummyndað 6% Basalt-njög ummyndað 40% Basaltgler < 1% Diabas, ummyndað 2% Líparit 2% Setberg < 1% Holufylling 16% Skeljabrot																		
<b>Kornastærðadreifing steypuefnis</b>																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Móskvæð sigta (mm)</th> <th>0,063</th> <th>0,125</th> <th>0,250</th> <th>0,500</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>8,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Dæmigerð ferill</b></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>10</td> <td>26</td> <td>48</td> <td>71</td> <td>91</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		Móskvæð sigta (mm)	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	8,0	<b>Dæmigerð ferill</b>	1	2	10	26	48	71	91	100
Móskvæð sigta (mm)	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	8,0											
<b>Dæmigerð ferill</b>	1	2	10	26	48	71	91	100											
																			
Þær upplýsingar sem koma fram í skjali þessu eru skv. bestu vitund framleiðanda. Framleiðandi áskilur sér rétt til breytinga án fyrirvara. Öll iðuleg gildi eru leiðbeinandi og dæmigerð fyrir efnið.																			

Útg. 22. nóvember 2011

 <b>0086</b>																									
<b>Björgun ehf. - Sævarhöfða 33 - 110 Reykjavík</b>  <b>08</b>  <b>0086-CPD-543220</b>																									
<b>IST EN 12620</b>  <b>Steinefni í steinsteypu</b>																									
<p><b>Vörubéttir</b></p> <p>Náma</p> <p><b>Kornastærð</b></p> <p><b>Kornastærðardreifing</b></p> <p><b>Kornarúmpþyngd</b></p> <p><b>Hreinleiki</b></p> <p>Magn fínefna</p> <p>Gæði fínefna</p> <p><b>Kleyfnistuðull</b></p> <p><b>Styrkleikapróf</b></p> <p><b>Shape index</b></p> <p><b>Skeljainnihald</b></p> <p><b>Efnafræðilegir eiginleikar</b></p> <p>Vatnsleysanlegt klóríð</p> <p>Sýruleysanlegt súlfat</p> <p>Heildar brennisteinn</p> <p><b>Mettívatn</b></p> <p><b>Frostþol í 1% NaCl</b></p> <p><b>Óvirkt skv. Byggingarreglugerð löð 131.3</b></p> <p><b>Dæmigerð gildi</b></p>	<p><b>Perlumót</b></p> <p>Kollafjöður</p> <p>2/16</p> <p>G<sub>C</sub> 90/15 G<sub>T</sub> 17,5</p> <p>2.800 Mg/m<sup>3</sup></p> <p><i>f</i><sub>1,5</sub></p> <p>Ekki skaðleg, sbr. viðauka D d)</p> <p>Fl<sub>1,5</sub></p> <p>LA<sub>20</sub></p> <p>Ekki skilgreint</p> <p>SC<sub>10</sub></p> <p>0,10%</p> <p>AS<sub>0,2</sub></p> <p>0,4%</p> <p>3,0%</p> <p>F<sub>10</sub> 6</p> <p><b>Lýsing (berggerð - ummyndanarstig)</b></p> <p>40% Basalt-ferst/litt ummyndað</p> <p>10% Basalt-nokkuð ummyndað</p> <p>4% Basalt-njóg ummyndað</p> <p>40% Basaltgler</p> <p>&lt; 1% Diabas, ummyndað</p> <p>&lt; 2% Liparít</p> <p>&lt; 1% Setberg</p> <p>10% Skeljabrot</p>																								
<p><b>Kornastærðardreifing steypuefnis</b></p> <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>Möskvastærð sigta (mm)</th> <th>0,063</th> <th>0,125</th> <th>0,250</th> <th>0,500</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>8,0</th> <th>11,2</th> <th>16,0</th> <th>22,4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Dæmigerður ferill</b></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>7</td> <td>12</td> <td>40</td> <td>67</td> <td>94</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>		Möskvastærð sigta (mm)	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	8,0	11,2	16,0	22,4	<b>Dæmigerður ferill</b>	1	2	3	4	5	7	12	40	67	94	100
Möskvastærð sigta (mm)	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	8,0	11,2	16,0	22,4														
<b>Dæmigerður ferill</b>	1	2	3	4	5	7	12	40	67	94	100														
																									
<p>Þær upplýsingar sem koma fram í skjali þessu eru skv. bestu vitund framleiðanda. Framleiðandi áskilar sér rétt til breytinga án fyrirvara. Öll töluleg gildi eru leiðbeinandi og dæmigerð fyrir efnið.</p>																									

Útg. 22. nóvember 2011





IAV  
Höfðabakka 9  
110 Reykjavík



0086

ÍST EN 12620

09

Fylliefni í steinsteypu

0086 - CPD - 546980

Vöruheiti  
Náma

ME 12 - SANDUR  
Stapafell

ME 12 - SANDUR

**Stærðar- og lögunartengdir eiginleikar**

Kornastærð	d/D	0/8
Kornastærðardreifing	G <sub>90</sub>	90
Finefnainnihald	f	10
Gæði finefna		Ekki skadleg - sbr. viðauka D d)

**Efnisgignleikar**

Kornarúmþyngd		2,80 Mg/m <sup>3</sup>
Mettivatn		3,1%
Rúmþyngd (bulk density)		1,65 Mg/m <sup>3</sup>
Rúmmálsstöðugleiki	WS	< 0,050%
Alkalívirgni		Óvirkt skv. Byggingarreglugerð lið 131.3 (b)

**Efnisfræðilegir eiginleikar**

Vatnsleysanlegt klóríð	C	0,0%
Liffrænt innihald		Ljósari en viðmiðunarlitur
Sýruleysanlegt súlföt	AS	0,2
Helldar-súlfúr	S	< 1 %

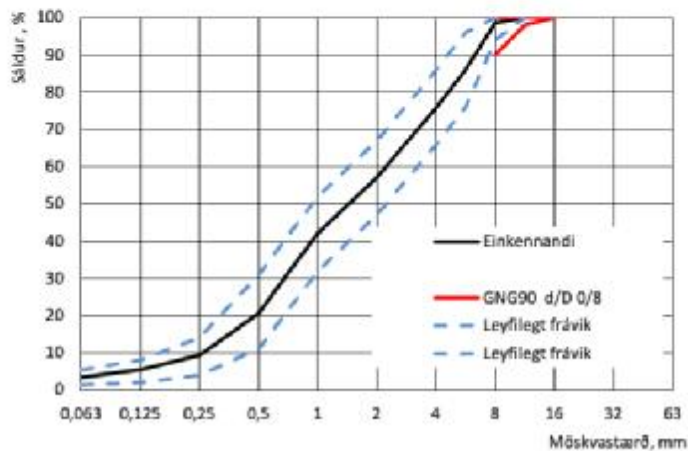
**Efnistýsing, %**

- 67 Basalt - ferskt/litillega ummyndað - þétt
- 27 Basalt - ferskt/litillega ummyndað - blöðrótt
- 4 Basaltgler
- 2 Móberg

**Kornadreifing**

Einkennandi kornadreifing:

Méskvastaerð, mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11	16	22
Sálar, %	3,4	5	9	21	42	57	78	89	99	100	100	100



Diags-22/4-10



ÍAV  
Höfðabakka 9  
110 Reykjavík



0086

ÍST EN 12620

09

Fylliefni í steinsteypu

0086 - CPD - 546980

Vöruheiti  
Náma

ME 13 - PERLA  
Stapafell

ME 13 - PERLA

**Stærðar- og lögunartengdir eiginleikar**

Kornastærð	d/D	0/22
Kornastærðardreifing	G <sub>c</sub>	90/15 G <sub>T</sub> 17,5
Finefnainnihald	f	4
Gæði finefna		Ekki skaðleg - sbr. viðauka D d)
Kleyfnistuðull	FI	15
Lögunarstuðull	SI	15
Skeljainnihald	SC	0

**Efniseiginleikar**

Kornarúþpyngd		2,64 Mg/m <sup>3</sup>
Mettivatn		6,3%
Rúþpyngd (bulk density)		1,37 Mg/m <sup>3</sup>
Frostþol	F	1 (prófað í 1% saltlausn)
Rúmmálsstöðugleiki	WS	< 0,050%
Alkalivirkni		Óvirkt skv. Byggingarreglugerð lið 131.3 (b)

**Efnafræðilegir eiginleikar**

Vatnsleysanlegt klóríð	C	0,0%
Lifraent innihald		Ljósari en viðmiðunarlitur
Sýruleysanlegt súlföt	AS	0,2
Heildar-súlfúr	S	< 1 %

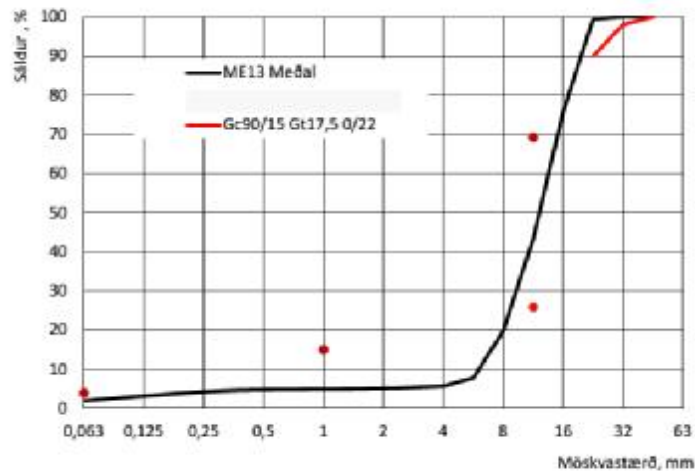
**Efnislýsing, %**

- 60 Basalt - ferskt/litillega ummyndað - þétt
- 37 Basalt - ferskt/litillega ummyndað - blöðrótt
- 1 Basalt - ummyndað - blöðrótt
- 1 Móberg
- 0,5 Setberg
- 0,5 Andesit - ferskt - þétt

**Kornadreifing**

Einkensandi kornadreifing:

Móskvastærð, mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11	16	22	22
Sáldur, %	2,1	3	4	5	5	5	6	8	20	43	76	95	100



Dags. 22/6-09/09



IAV  
Höfðabakka 9  
110 Reykjavík



0086

ÍST EN 12620

09

Fylliefni í steinsteypu

0086 - CPD - 546980

Vöruheiti **ME 19 - SALLI**  
Náma **Stapafell**

**ME 19 - SALLI**

**Stærðar- og lögunartengdir eiginleikar**

Kornastærð	d/D	0/8
Kornastærðadreifing	G <sub>90</sub>	90
Finefnainnihald	f	10
Gæði finefna	Ekki skaðleg - sbr. viðauka D d)	

**Efniseiginleikar**

Kornarúmþyngd	2,75 Mg/m <sup>3</sup>
Möttivatn	3,5%
Rúmþyngd (bulk density)	1,67 Mg/m <sup>3</sup>
Rúmmálsstöðugleiki	WS < 0,050%
Alkalivirkni	Óvirkt skv. Byggingarreglugerð líð 131.3 (b)

**Efnafræðilegir eiginleikar**

Vatnsleysanlegt klóríð	C	0,0%
Lífrænt innihald	Ljósari en viðmiðunarlitur	
Sýruleysanlegt súlföt	AS	0,2
Heildar-súlfúr	S	< 1 %

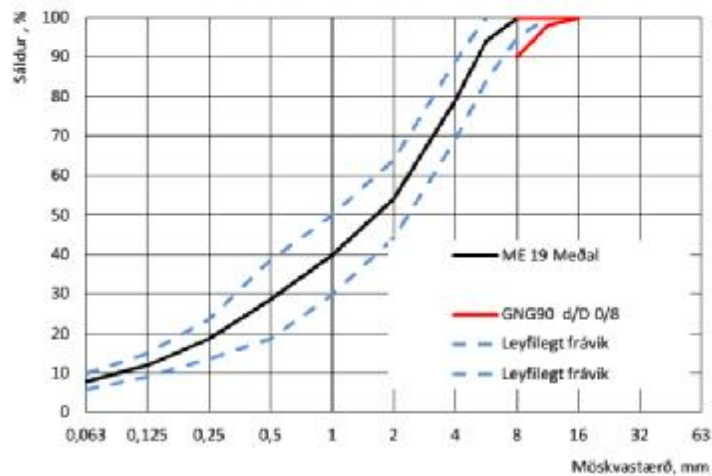
**Efnislýsing, %**

- 66 Basalt - ferskt/litilega ummyndað - þétt
- 32 Basalt - ferskt/litilega ummyndað - blöðrótt
- 1 Basaltgler
- 1 Móberg

**Kornadreifing**

Einkleinandi kornadreifing:

Móskvastærð, mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11	16	22
Sældur, %	7,8	12	19	29	40	54	79	94	100	100	100	100



Dags. 24/9-08/Kh

<b>ÍST EN 12620:2002+A1:2008</b>		
<b>Fylliefni í steinsteypu</b>		
<b>Vöruheiti</b>	( HK 11-22mm)	
Náma	Harðikambur	
<b>Kornalögun</b>		
Kleyfnistuðull	-	
Lögunarstuðull	-	
<b>Kornastærð, d/D</b>	11/22	
Kornastærðardreifing	G <sub>c</sub> 85/20	
<b>Kornarúmpýngd</b> (mettuð yfirborðsþurr korn)	2,78 Mg/m <sup>3</sup>	
<b>Hreinleiki</b>		
Fínefnisinnihald	<i>f</i> <sub>1,5</sub>	
Gæði finefna	Skaðlaus	
<b>Högg- og slitþol</b>		
Los Angeles-gildi	-	
Slitþol gegn nagladekkjum (kúlnakvörn)	-	
<b>Berggerð og efnainnihald</b>		
Megin berggerð	Basalt	
<b>Bergfræðileg lýsing</b>	<i>Hlutfall</i>	<i>Berggerð</i>
Dæmigerð gildi	75 %	Basalt, ferskt, þétt
	3 %	Basalt, ferskt, þétt, glerkennt
	17 %	Basalt, ferskt, blöðrótt
	2 %	Basalt, fersk, mjög blöðrótt
	3 %	Basaltgler
Gæðaflokkun	1. fl.	95%
sbr. Rb blað Rb Yþ1.009	2. fl.	5%
	0. fl.	0%
Vatnsleysanlegt klóríð	-	
Húmus	-	
Sýruleysanlegt súlfat	-	
Heildar brennisteinn	-	
<b>Vatnsdrægni/mettivatn</b>	1,4 %	
<b>Rúmpýngd laust efni</b>	- Mg/m <sup>3</sup>	
<b>Frostþol</b>		
Frostþol í NaCl-vatnslausn	-	
<b>Alkalívirgni</b>		
Virgni (sbr. byggingarreglugerð nr. 212/2012)	-	

Dags.

Upplýsingar byggðar á rannsókn Mannvits og berggreiningu 7SR11060

<b>ÍST EN 12620:2002+A1:2008</b>		
<b>Fylliefni í steinsteypu</b>		
<b>Vöruheiti</b>	( HK 8-16mm)	
Náma	Harðikambur	
<b>Kornalögun</b>		
Kleyfnistuðull	-	
Lögunarstuðull	-	
<b>Kornastærð</b>	8/16	
Kornastærðardreifing	G <sub>c</sub> 85/20	
<b>Kornarúmpyngd</b>	2,88 Mg/m <sup>3</sup>	
<b>Hreinleiki</b>		
Fínefnisinnihald	f <sub>1,5</sub>	
Gæði finefna	Skaðlaus	
<b>Högg- og slitþol</b>		
Los Angeles-gildi	LA <sub>20</sub>	
Slitþol gegn nagladekkjum (kúlnakvöm)	-	
<b>Berggerð og efnainnihald</b>	Basalt	
<b>Megin berggerð</b>	Basalt	
<b>Bergfræðileg lýsing</b>	<i>Hlutfall</i>	<i>Berggerð</i>
Dæmigerð gildi	66 %	Basalt, ferskt, þétt
	4 %	Basalt, ferskt, þétt, glerkennt
	18 %	Basalt, ferskt, blöðrótt
	1 %	Basalt, fersk, mjög blöðrótt
	8 %	Basaltgler
	3 %	Basaltgjall
Gæðaflokkun	1. fl.	88%
sbr. Rb blað Rb Yp1.009	2. fl.	9%
	0. fl.	3%
Vatnsleysanlegt klóríð	-	
Húmus	-	
Sýruleyanlegt sulfat	-	
Heildar brennisteinn	-	
<b>Vatnsdrægni/mettivatn</b>	2,4 %	
<b>Rúmpyngd laust efni</b>	- Mg/m <sup>3</sup>	
<b>Frostþol</b>		
Frostþol í NaCl-vatnslausn	-	
<b>Alkalivirkni</b>		
Virkni (sbr. byggingarreglugerð nr. 441/1998)	-	

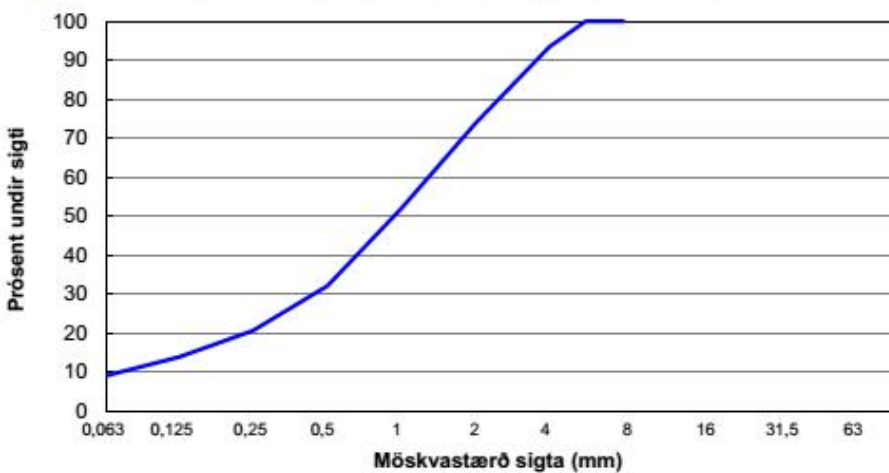
Dags. 2014

Upplýsingar byggðar á rannsókn Mannvits og berggreiningu 7SR11060

<b>ÍST EN 12620:2002+A1:2008</b>			
<b>Fylliefni í steinsteypu</b>			
<b>Vöruheiti</b>	(HK 0-8mm)		
Náma	Harðikambur		
<b>Kornastærð</b>	0/8		
	G <sub>NG</sub> 90		
<b>Kornarúmpyngd</b>	2,84 Mg/m <sup>3</sup>		
<b>Hreinleiki</b>			
Finefnisinnihald	f <sub>1,5</sub>		
Methylen blue	-		
Gæði finefna	Skaðlaus		
<b>Berggerð og efnainnihald</b>	Basalt		
<b>Megin berggerð</b>			
<b>Bergfræðileg lýsing</b>	<i>Hlutfall</i>	<i>Berggerð</i>	
Dæmigerð gildi fyrir	60 %	Basalt, ferskt, þétt	
kornastærð 1.2 - 2 mm	25 %	Basalt, ferskt, nokkuð blöðrótt	
	5 %	Basalt, ferskt, mjög blöðrótt	
	5 %	Basaltgjall	
	5 %	Annað og óflokkað	
Gæðaflokkun	1. fl.	85%	
sbr. Rb blað Rb Yp1.009	2. fl.	5%	
	3. fl.	10%	
Vatnsleysanlegt klóríð	-		
Húmus	-		
Sýruleysanlegt súlfat	-		
Heildar brennisteinn	-		
<b>Vatnsdrægni/mettivatn</b>	1,4 %		
<b>Rúmpyngd laust efni</b>	- Mg/m <sup>3</sup>		
<b>Alkalivirkni</b>			
Virkni (sbr. byggingarreglugerð nr. 441/1998)	-		
<b>Kornastærðardreifing</b>			
<b>Dæmigerður sáldurferill</b>	Möskva- stærð sigta (mm)	Sáldur (%)	Sáldurmörk (%)
	8	100	
	5,6	94	-
	4	87	
	2	73	
	1	54	-
	0,5	28	
	0,25	7	-
	0,125	1	-
	0,063	0,9	-

Upplýsingar byggðar á rannsókn Mannvits 2014

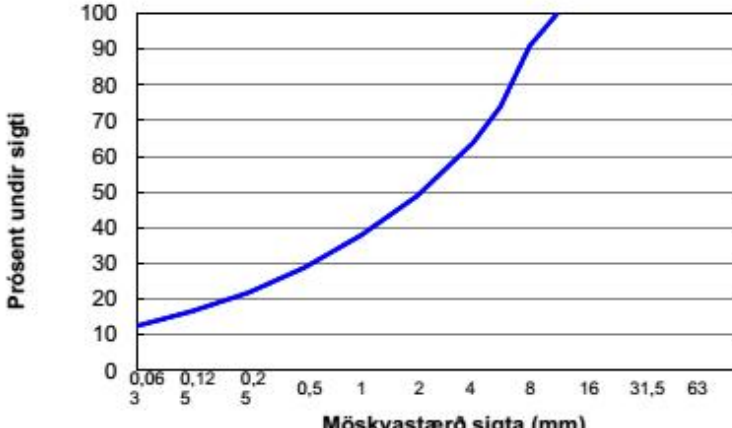
<b>ÍST EN 12620:2002+A1:2008</b>		
<b>Fylliefni í steinsteypu</b>		
<b>Vöruheiti</b>	(SaSk 0-8 Nátt)	
Náma	Sandskarð	
<b>Kornastærð</b>	0/4	
Kornastærðardreifing	G <sub>F</sub> 85	
<b>Kornarúmpyngd</b>	2,69 Mg/m <sup>3</sup>	
<b>Hreinleiki</b>		
Finefnisinnihald	$f_{10}$	
Gæði finefna	Skaðlaus	
<b>Berggerð og efnainnihald</b>	Basalt	
<b>Megin berggerð</b>		
<b>Bergfræðileg lýsing</b>	<i>Hlutfall</i>	<i>Berggerð</i>
Dæmigerð gildi	3 %	Basalt, ferskt&litt ummyndað, þétt&litt blöðrótt
	36 %	Basalt, ferskt&litt ummyndað, nokkuð blöðrótt
	30 %	Basalt, ferskt&litt ummyndað, mjög blöðrótt
	18 %	Basaltgler, fersk
	13 %	Setbreksía
Vatnsleysanlegt klóríð	0,000 %	
Húmus	Litlaust	
<b>Vatnsdrægni/mettivatn</b>	4,3 %	
<b>Rúmpyngd laust efni</b>	1,20 Mg/m <sup>3</sup>	
<b>Frostþol</b>		
Frostþol í NaCl-vatnslausn (korn 4-8mm)	$F_{EC6}$	
<b>Alkalivirkni</b>		
Virkni (sbr. byggingarreglugerð nr. 441/1998)	óvirkt	
þensla (ASTM C1260)	0,04 %	
<b>Kornastærðardreifing</b>		
Möskvastærð sigta (mm)	0,063	0,125
Dæmigerður ferill	0,250	0,500
	1	2,0
	4,0	5,6
	8,0	100
	100	100

**Möskvastærð sigta (mm)**

Dags. Nóvember 2014

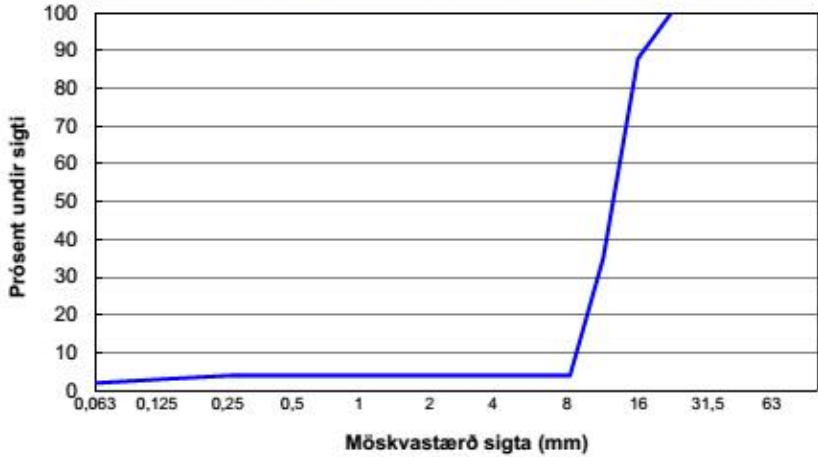
Upplýsingar byggðar á rannsóknun Mannvits

<b>ÍST EN 12620:2002+A1:2008</b>										
<b>Fylliefni í steinsteypu</b>										
<b>Vöruheiti</b>	(SaSk 0-8 Brot)									
Náma	Sandskarð									
<b>Kornastærð</b>	0/8									
Kornastærðardreifing	G <sub>A</sub> 90									
<b>Kornarúmpyngd</b>	2,68 Mg/m <sup>3</sup>									
<b>Hreinleiki</b>										
Finefnisinnihald	f <sub>13</sub>									
Gæði finefna	Skaðlaus									
<b>Berggerð og efnainnihald</b>										
<b>Megin berggerð</b>	Basalt									
<b>Bergfræðileg lýsing</b>	<i>Hlutfall</i>	<i>Berggerð</i>								
Dæmigerð gildi	6 %	Basalt, ferskt&lítt ummyndað, þétt&lítt blöðrótt								
	48 %	Basalt, ferskt&lítt ummyndað, nokkuð blöðrótt								
	39 %	Basalt, ferskt&lítt ummyndað, mjög blöðrótt								
	5 %	Basaltgler, fersk								
	2 %	Setbreksía								
Vatnsleysanlegt klóríð	0,000 %									
<b>Vatnsdrægni/mettivatn</b>	5,1 %									
<b>Rúmpyngd laust efni</b>	1,20 Mg/m <sup>3</sup>									
<b>Frostþol</b>										
Frostþol í NaCl-vatnslausn (4 - 8mm)	F <sub>EC</sub> 6									
<b>Alkalívirgni</b>										
Virgni (sbr. byggingarreglugerð nr. 441/1998)	óvirkt									
þensla (ASTM C1260)	0,09 %									
<b>Kornastærðardreifing</b>										
Möskvastærð sigta (mm)	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	5,6	8,0	11,2
Dæmigerður ferill	13	17	22	29	38	49	64	74	91	100
										

Dags. Nóvember 2014

Upplýsingar byggðar á rannsóknum Mannvits



<b>ÍST EN 12620:2002+A1:2008</b>												
<b>Fylliefni í steinsteypu</b>												
<b>Vöruheiti</b>	(SaSk 8-16)											
Náma	Sandskarð											
<b>Kornalögun</b>												
Kleyfnistuðull	F <sub>15</sub>											
<b>Kornastærð</b>	8/16											
Kornastærðardreifing	G <sub>C</sub> 85/20											
<b>Kornarúmpyngd</b>	2,41 Mg/m <sup>3</sup>											
<b>Hreinleiki</b>												
Fínfnisinnihald	f <sub>4</sub>											
Gæði fínfna	Skaðlaus											
<b>Högg- og slítpól</b>												
Los Angeles-gildi	LA <sub>20</sub>											
<b>Berggerð og efnainnihald</b>												
Megin berggerð	Basalt											
<b>Bergfræðileg lýsing</b>	<i>Hlutfall</i>	<i>Berggerð</i>										
Dæmigerð gildi	13 %	Basalt, ferskt&lítt ummyndað, þétt&lítt blöðrótt										
	59 %	Basalt, ferskt&lítt ummyndað, nokkuð blöðrótt										
	26 %	Basalt, ferskt&lítt ummyndað, mjög blöðrótt										
	2 %	Basaltglær, fersk										
Vatnsleysanlegt klóríð	0,000 %											
<b>Vatnsdrægni/mettivatn</b>	6,8 %											
<b>Rúmpyngd laust efni</b>	1,1 Mg/m <sup>3</sup>											
<b>Frostpól</b>												
Frostpól í NaCl-vatnslausn	F <sub>EC4</sub>											
<b>Alkalívirgni</b>												
Virgni (sbr. byggingarreglugerð nr. 441/1998)	óvirkt											
þensla (ASTM C1260)	0,09 %											
<b>Kornastærðardreifing</b>												
Möskvastærð sigta (mm)	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4
Dæmigerður ferill	2	3	4	4	4	4	4	4	4	35	88	100
												
<b>Möskvastærð sigta (mm)</b>												

Dags. Nóvember 2014

Upplýsingar byggðar á rannsóknum Mannvits