

# SIGMÁL

## FRÉTTABRÉF STEINSTEYPUFÉLAGS ÍSLANDS

Október 2021

1. tbl. 34. árgangur



## STEINSTEYPUÐAGURINN 2021

Steinsteypudagurinn 2021 verður haldinn föstudaginn 5. nóvember.  
Upplýsingar um dagskrá og skráningu á bls. 5

SJÓNSTEYPA

# Fyrsta flokks sement fyrir fyrsta flokks byggingar



The Retreat Hotel. AALBORG WHITE sement.

Helstu framleiðsluvörur Aalborg Portland eru:  
**AALBORG WHITE** sement, **RAPID** sement  
og **MESTER** sement.

 **aalborgportland**

CEMENTIR HOLDING

Aalborg Portland Íslandi ehf  
Bæjarlind 4, 201 Kópavogi  
Sími: 545-4800  
aalborg@aalborg-portland.is  
[www.aalborgportland.is](http://www.aalborgportland.is)

# SIGMÁL FRÉTTABRÉF STEINSTEYPUFÉLAGS ÍSLANDS 2021

Fréttabréf Steinsteypufélags Íslands er vettvangur félagsmanna og stjórnar til að miðla upplýsingum og fróðleik til félagsmanna og annarra velunnara félagsins. Skoðanir einstakra greinarhöfunda endurspeglar ekki endilega opinbera afstöðu Steinsteypufélagsins til einstakra málefna.

Leyfilegt er að birta efni úr fréttabréfinu ef heimildar er getið. Myndefni er eign viðkomandi höfundar.

Steinsteypufélag Íslands  
Lindargata 23, 101 Reykjavík  
steinsteypufelag@  
steinsteypufelag.is

## STJÓRN STEINSTEYPUFÉLAGS ÍSLANDS

Børge Johannes Wigum  
formaður,  
Lárus Helgi Lárusson  
varaformaður,  
Kai Westphal,  
Heimir Rafn Bjarkason,  
Sigríður Ósk Bjarnadóttir.

Starfandi varamaður:  
Guðni Jónsson

Framkvæmdastjóri,  
Erla Margrét Gunnarsdóttir



## EFNI FRÉTTABRÉFS OG YFIRLIT GREINA

Enn og aftur gefur að líta stærsta fréttabréf sem félagið hefur gefið út og þökkum við auglýsendum í blaðinu fyrir öflugan stuðning og svo einnig þeim fjölmörgu aðilum sem voru tilbúnir við að aðstoða okkur við öflun á efni í blaðið. Án ykkar væri þessi útgáfa ekki möguleg. Til hamingju með 50 ára afmæli Steinsteypufélags Íslands.

<b>Steinsteypudagurinn 2021 - Dagskrá</b>	5
<b>Stofnfundur Steinsteypufélags Íslands</b>	6
<b>Steinsteypa og steypurannsóknir á Íslandi</b>	8
<b>Fyrri rannsóknir á notkun móbergs sem náttúrulegs possólans efnis í sement á Íslandi</b>	10
<b>Mun sementsframleiðsla aftur verða tekin upp á Íslandi</b>	14
<b>Steypa sem bindur kolefni</b>	18
<b>Sprungur í steinsteypuveggjum</b>	20
<b>Veðrunarstöð Mannvits</b>	24
<b>Koltvísíringur fangaður hjá sementsverksmiðju Norcem í Brevík</b>	25
<b>Byggjum grænni framtíð</b>	28
<b>Snjallsteypa - gervigreind í steypu</b>	30
<b>Grænþvottur leysir ekki vandann</b>	32
<b>Keflavíkurflugvöllur</b>	34
<b>Hús Landsbankans við Austurhöfn</b>	37
<b>Geta staðlaðar steypur einingar leyst loftlagsvandann</b>	40
<b>Dr. Sofia Nannini</b>	44
<b>Starfsemi Steinsteypufélagsins 2019-2020/21</b>	46

Útgefandi: Steinsteypufélag Íslands

Ritstjóri: Erla Margrét Gunnarsdóttir

Ábyrgðarmaður: Lárus Helgi Lárusson

Umbrot: Erla Margrét Gunnarsdóttir

Prentun: Prentmet Oddi ehf

Upplag: 1600 eintök

Forsíðumynd: Einar H. Reynis, NLSH grunnur

# Steinsteypa fyrir fólk

Þegar þú skokkar eða gengur til vinnu liggur leið þín að öllum líkindum fram hjá steinsteypum mannvirkjum af ýmsu tagi.

Steinsteypa er sjálfbært, náttúrulegt byggingarefni, eitt það mest notaða í samtímanum, efni sem hægt er að móta á óteljandi vegu og skapa þannig fallega borgarmynd og heillavænlegt umhverfi fyrir fólk.

Um þessar mundir vinnur Norcem AS með framsæknustu tækni- fyrirtækjum Noregs að bindingu gróðurhúsalofttegundarinnar CO2 sem verður til við framleiðslu sements, bindiefnisins í steinsteypu. Með þeirri ráðstöfun leggjum við okkar af mörkum til að markmiði Sameinuðu þjóðanna um sjálfbærni verði náð árið 2030.

Langi þig að vita meira um eiginleika sements, heimsæktu þá heimasíðu okkar [sement.is](http://sement.is) og [norcem.no](http://norcem.no)



Ljósmynd: Nikada

# STEINSTEYPUFÉLAGURINN 2021

## 5. NÓVEMBER Á GRAND HÓTEL



### DAGSKRÁ

08:30 Skráning og kaffisopi - Básar til sýnis

09:00 Setning - Þorge Johannes Wigum, formaður Steinsteypufélags Íslands

09:10 The Icelandic Concrete Saga: Architecture and Construction (1847–1958)

- Sofia Nannini, University of Bologna/University of Florence

09:40 Hitamyndun í massasteypu - Wassim I. Mansour, Steypustöðin

10:00 Notkun móbergs sem possólan-efni í sementi - Björn Davíð Þorsteinsson, BM Vallá

10:20 Byggingarreglugerð – endurskoðun steypukafla - Einar Einarsson, Hornsteinn

### 10:40 Kaffihlé

11:00 Nýjungar á yfirborði brúa - Helgi S. Ólafsson, Vegagerðin

11:20 Hvað má læra af framleiðslu ofursterkar slitsteypu - Dr. Ólafur H. Wallevik

11:40 Menntun þeirra sem leggja niður steypuna - Ólafur Ástgeirsson, Iðan

12:00 Airfield and road constructions in concrete - Hendrik Wendt, B. Eng., HIB Infra

### 12:30 Hádegismatur

13:30 Steypt burðarvirki Landsbankans við Austurhöfn – Daði Snær Pálsson, EFLA

13:50 Hús Landsbankans við Austurhöfn - Helgi Mar Hallgrímsson, Arkþing

14:10 Uppbygging og framkvæmdir á Keflavíkurflugvelli – Jón Kolbeinn Guðjónsson, ISAVIA

14:30 Miðbær Selfoss - Sigrún Melax, JÁ Verk

14:50 Vegvísir að vistvænni mannvirkjagerð 2030 - Þóra Margrét Þorgeirsdóttir, HMS

### 15:10 Kaffihlé

15:30 Nýi Landspítalinn: Sögur úr grunninum - Eysteinn Einarsson, NLSH

15:50 Kolefnisspor steinsteypu - Grænþvottur leysir ekki vandann – Þorsteinn Víglundsson, BM-Vallá

16:10 Hvernig þróast steypuiðnaður í framtíðinni?

- Björn Ingi Viktorsson, Steypustöðin og Michael Thomsen, Aalborg Portland DK

16:30 Tölur tala aldrei óskýrt - Arnhildur Pálmadóttir, s. ap arkitektar og Sigríður Ó. Bjarnadóttir, dósent HÍ

### 17:00 Léttar veitingar í boði Sementsverksmiðjunnar

- Pallborðsumræður undir stjórn **Þorge J. Wigum**, formanns félagsins

- Skemmtun og viðurkenningar, **Stefán Pálsson**, sagnfræðingur

### Skráning á steinsteypufelag@steinsteypufelag.is til 1. nóvember

Heill dagur: 25.000 kr. með hádegisverði, hálfur dagur: 20.000 kr. án hádegisverðar

Básar: 60.000 kr. Innifalin ein skráning með hádegisverði

Nemar: Frítt með hádegisverði, hámark 30. Í boði Aalborg Portland og Sementsverksmiðjunnar

Hótel Saga 11. des 1971

## Stofnfundur Steinsteypufélags Íslands

Óttar Halldórsson setti fundinn kl. 14.20, laugardaginn 11. des 1971 að Hótel Sögu. Hann bað Karl Ómar verkfræðing um að taka að sér fundarstjórn og Magnús Inga Ingvarsson fundarritun. Karl Ómar Jónsson lýsti yfir að gengið yrði til dagskrár og gaf Óttari Halldórssyni orðið. Hann rakti aðdraganda stofnfundarins og sagði m.a. að byggingadeild Verkfræðingafélagsins hefði tekið málið upp og stofnað undirbúningsnefnd.

Tilgangur félagsins væri m.a. skipulagning fyrirlestra og fræðslurita, nefndi Óttar að m.a. gæti I.P.S.Í og Húsnaðismálastofnun ríkisins orðið til aðstoðar við útgáfu fræðslurita. Einnig námskeið fyrir þá er við steypuframkvæmdir starfa, í öðru lagi styðja rannsóknir á steinsteypu og skyldum efnum.

Í þriðja lagi stuðla að tæknilegum umbótum og stöðlum innan steinsteypuiðnaðarins. Í fjórða lagi fylgja eftir hæfni og menntunarkröfum meðal þeirra er við steypuframleiðslu starfa.

Í fimmta lagi taka þátt í samstarfi við aðrar þjóðir.

Á undirbúningsfund að stofnun félagsins sl. vor komu fulltrúar um 20 aðila og voru þeir einróma um þörf félagsins. Að lokum bar Óttar fram tillögu sem borin var fram af undirbúningsnefnd;

Fundur ýmissa aðila byggingaiðnaðarins, haldinn að Hótel Sögu í Reykjavík 11 desember 1971 og sem til er boðað með fundarboði dags. 30 nóvember 1971, samþykkir að stofna félag til framdráttar steinsteyputækni á Íslandi. Stefán Ólafsson, Óttar P. Halldórsson, Jón Birgir Jónsson. Engar umræður urðu um tillöguna og skoðaðist hún því samþykkt.

Karl Ómar Jónsson las því næst upp drög að lögum félagsins og gaf því næst orðið frjálst. Sigurjón Sveinsson kom með þá breytingartillögu á 1. gr, að tekið yrði fram að lögheimili þess yrði í Reykjavík. Því næst var frumvarpið borið upp til atkvæða í heild, var það samþykkt í heild.

Undirbúningsnefndin bar því næst upp tillögu að stjórn félagsins og voru þeir samþykktir samhljóða, en þeir eru: Birgir Frímannsson verkfr., Hörður Jónsson verkfr., Sigurður P. Kristjánsson tæknifr., Sigurjón Sveinsson arkitekt, Ólafur H. Pálsson múrarameistari. Stjórnin skipti með sér verkum.

Hörður Jónsson talaði um staðlana. Ræddi hann um gildi þeirra og benti m.a. á að Norðmenn hefðu gefið út gagnmerka bók um steypustaðla og benti á að það gæti verið verðugt verkefni félagsins að gefa hana út á íslensku. Ræddi hann síðan um ýmiss störf I.P.S.I á stöðlum.

Á fundinum gerðust 58 aðilar stofnfélagar að Steinsteypufélagi Íslands. Endurskoðendur voru kjörnir Þórður Jasonarson og Jóhannes Guðmundsson.

Birgir Frímannsson sagði að í U.S.A væri gert ráð fyrir að á næstu 30 árum þar í landi, þyrfti að byggja jafn mikið og á áður liðnum 300 árum. Benti hann á síaukna notkun steinsteypu í heiminum. Benti hann á möguleika á þýðingu rita sem fjalla um steinsteypu. Benti hann einnig á eigið efni hérlandis, rannsóknir á nýjum stöðum, einnig vék hann orðum sínum að að íslenska hrauninu. Væri þar ef til vill rannsóknarefni með tilliti til steypu. Ræddi hann einnig um hina gífurlegu flutninga sem eiga sér stað við gerð steinsteypu. Birgir varaði einnig við ofnotkun á loftblendi. Einnig talaði hann um möguleika á mótun steinsteypu með því að setja lista og borð í mótin. Birgir ræddi um ýmsar gerðir gólfa (jarðgólfa), járnbentra og ójárnbentra, ýmsa möguleika í sambandi við upplýsingar og fróðleiksauka. Að lokum talaði hann um íslensku efnin og þá miklu möguleika sem þau bjóða upp á.

Guðmundur Einarsson óskaði nýkjörinni stjórn og félagi til heilla og sagði að það væri tákn Íslendinga að það væri fyrst árið 1971 að stofnað væri félag bak við efni sem notað væri í 95% af byggingum okkar.

Talaði hann síðan nokkuð um sement og benti á að ekki mætti eiga sér stað að við drægjumst aftur úr hvað það snerti. Ræddi hann síðan um steinsteypa vegi og taldi að Vesturlandsvegurinn yrði síðasti steypiti

vegurinn á Íslandi þar sem enginn væri til staðar til að halda uppi steinsteypu. Taldi hann að félagið væri stofnað 40 árum á eftir tímanum.

Svavar Pálsson lýsti yfir ánægju sinni með stofnun félagsins og taldi nauðsyn þess að kynna steinsteypuna á öllum sviðum alveg frá teikniborðinu þar til mótin væru rifin utan af steypunni. Taldi hann að Iðnaðarmálaráðuneytið og Sementsverksmiðjan hefðu vilja til að leggja málin hlutlægt fyrir þe. án annarlega áhrifa. Gerðar hefðu verið breytingar á sementsframleiðslunni og hefði það gefið þá ábendingu að auka mætti styrkleika sementsins allt að 10% en með auknum tilkostnaði. Ítrekaði hann að lokum vilja stjórnar Sementsverksmiðju Ríkisins til að finna lausn á sementsvandamálinu.

Óttar P. Halldórsson kvaðst ekki muna eftir því að hafa verið áður á fundi með jafnmörgum aðilum úr byggjariðnaðinum og taldi það tímanna tákni að vinna saman. Kvaðst hann undanfarið hafa verið í sambandi við systurfélög á Norðurlöndum og hafa mikið af af allskonar gögnum sem hann myndi koma til nýju stjórnarinnar. Magnús P. Árnason sagði að þeir sem nú vinna að niðurlögn steypu væru skóladrengir á sumrum og svo menn sem komnir eru yfir miðjan aldur og væri það ekki lítil þáttur að halda jafnvægi milli þeirra sem vinna með höndum sínum og þeirra sem vinna við teikniborðið. Taldi hann það óheppilegt að steypuflokkar væru á þönum úr einum bæjarhlutanum til annars til að leggja niður steypu.

Karl Ómar þakkaði mönnum komuna og góða fundarsetu, óskaði hann stjórninni góðs gengis og sagði fundi slitið kl 16.40.

Magnús Ingi Ingvarsson  
Fundarritari



FRUMKVÆÐI / FÆRNI / FAGMENNSKA



ÍAV er eina verktakafyrirtækið sem er bæði ISO 9001 gæðavottað og OHSAS 18001 öryggisvottað.

Við erum stolt af því að huga vel að bæði starfsmönnum og viðskiptavinum okkar.



Öflugur þátttakandi á öllum  
sviðum mannvirkjagerðar í 65 ár

ÍAV hf. | Höfðabakka 9 | 110 Reykjavík | s. 530 4200 | www.iav.is

## STEINSTEYPA OG STEYPUANNSÓKNIR Á ÍSLANDI

### Almennt

Steinsteypa hefur verið mikið notuð til mannvirkjagerðar á Íslandi. Á sviði húsagerðar hefur hún verið notuð mun meira en í flestum öðrum löndum einkum vegna þess að hér hefur skort önnur byggingarefni s.s. timbur og brenndan múrstein sem eru víðast algengust til húsagerðar. Hvað varðar gatna- og brúargerð svo og virkjanir hefur hönnun og framkvæmd verið vönduð og fylgt alþjóðlegum stöðlum og hefur ending þessarar mannvirkja verið góð.

Varðandi húsagerð gegnir nokkuð öðru máli þar sem eðlisfræðilegt álag er nokkru flóknara og styrkur steypunnar ekki ætíð ráðandi eiginleiki varðandi endingu. Það er því í húsagerð sem helstu vandamál hafa komið fram hér á landi. Er þá um að ræða sprungumyndanir og leka, grotnun vegna veðrunar og á tímabili voru alkalískemmdir vandamál. Tæring bendingar hefur hins vegar ekki verið mikið vandamál hér á landi en vegna slíkra skemmda hefur í ýmsum tilvikum þurft að rífa og endurbyggja brýr, stórar sem smáar, einkum þar sem þær hafa orðið fyrir álagi klórs í sjávarumhverfi en tæringin rýrir burðarþolið í slíkum mannvirkjum.

### Steinsteyppt hús

Í upphafi steypualdar hérlendis voru byggingarhlutar s.s. útveggir, efnismiklir og steypa var gróf, sem þurrust og þurfti að hafa mikið fyrir þjöppun hennar í mót. Rakadrægni hennar var lítil og ending góð. Þegar byggingum fjölgaði var gerð aukin krafa um byggingarhraða. Hann fékkst m.a. með því að flýta niðurlögn steypu. Samhliða breyttist samsetning steypunnar. Hún varð

fíngerðari og blautari og farið var að dæla steypunni í mót sem hafði oft í för með sér aukna vatnsnotkun. Byggingarhlutar urðu efnisminni, rakadrægni jókst og veðrunarþol minnkaði. Sementsefjan er viðkvæmi hluti steypunnar. Það er hún sem rýrnar við útpornun, hana þarf að gera veðrunarþolna með íblöndun loftblendis og eiginleikar hennar ráðast af þyngdarhlutföllum vatns og sements, v/s tölu. Með tímanum hefur styrkur sements aukist þannig að minna sement þarf til að ná ákveðnum styrkleika steypunnar, vatnsþörf er þó óbreytt og þar með hækkar v/s talan og rakadrægni eykst.

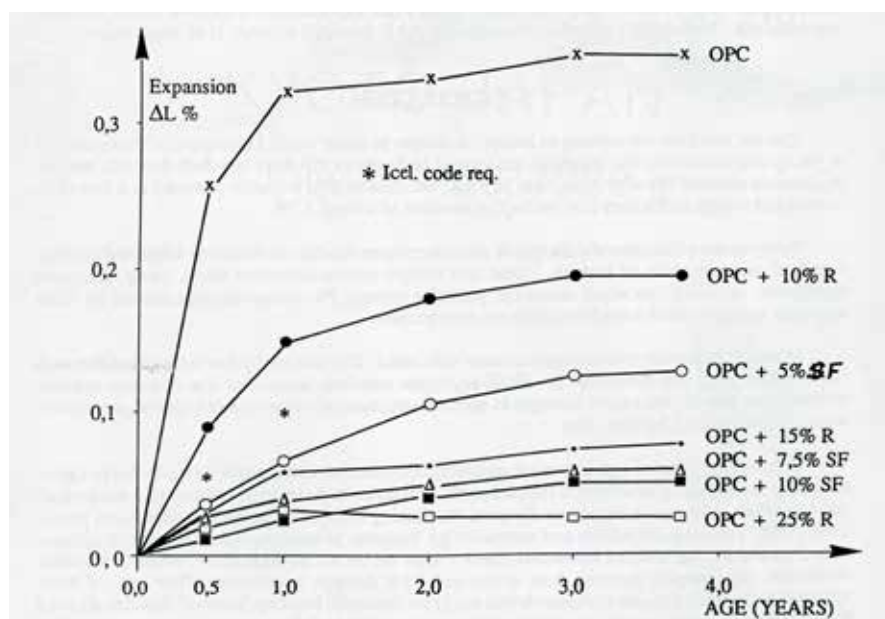
Útveggir steyptra húsa voru lengst af einangraðir að innan og eru raunar í einhverju mæli enn. Þar sem hitastig í húsum er nánast óbreytt allt árið en hitastig útveggja sveiflast með útihita eykst hætta á sprungumyndun í útveggjum verulega. Veggirnir leitast við að lengjast með hækkandi hitastigi og dragast saman við

kólnun. Þeir eru hins vegar fastir við steyptar plötur húsanna og innveggi sem hreyfast ekki. Þetta veldur spennu í útveggjum og hætta á sprungumyndun og leka eykst. Sprungurnar koma einkum fram á hæðarskilum húsa og út frá gluggahornum. Undanfarin ár hefur úrval útveggjaklæðninga aukist og þar með hefur einangrun utan á steyptra veggi aukist og loftræstar útveggjaklæðningar notaðar sem veðurhlíf.

Útlitshönnun steyptra húsa hefur mikil áhrif á það veðurálag sem útveggir verða fyrir. Þakskegg á húsum skipta þar miklu máli og hafa þær ráðandi áhrif á það vatnsálag sem útveggir verða fyrir. Góð þakskegg geta því hindrað veðrunarskemmdir og leka í útveggjum húsa. Ekki er að sjá að hönnuðir taki verulegt tillit til þessa þáttar við hönnun.

### Rannsóknir

Rannsóknir á steinsteypu og íhlutum hennar voru talsverðar hjá Rb en



Myndin sýnir áhrif fínmalads líparíts (R – rhyolite) og kísilryks (SF – silica fume), sem blandað er í venjulegt íslenskt portlandsement, á alkalíþensur í Hvalfjarðarsandi. Mælaðferð skv. staðlinum ASTM- C227



stofnunin var sett á fót árið 1965 ásamt öðrum rannsóknastofnunum atvinnuveganna. Í upphafi beindust þær að alkalivirkni steinefna á Íslandi og nýtingu kísilryks og annarra possolana (malað berg) í steinsteypu en frumkvöðlar voru þá Haraldur Ásgeirsson, forstj. og dr. Guðmundur Guðmundarson síðar framkvæmdastjóri SR. Talsverðar breytingar áttu sér stað í steypugerð í Reykjavík og nágrenni um 1960. Annars vegar hóf SR starfsemi árið 1958 og íslenskt sement kom á markað og hins vegar var farið að nýta sjávarfni úr Hvalfirði sem steinefni í steinsteypu. Þetta var óheppileg blanda. Íslenska sementið innihélt hátt magn af alkali (NaO<sub>2</sub>-jafngildi um 1,5%) og steinefni úr Hvalfirði var alkalivirkt þ.e.a.s. myndast gat hlaup við efnahvörf með háu alkalímagni og því gat fylgt mikil spenna í steypunni sem leitt gat til sprungumyndunar. Segja má að hinar svonefndu alkalískemmdir hafi hafist með þessari blöndu efna. Talsvert sjávarsalt (NaCl) fylgdi jafnframt Hvalfjarðarefninu en það jók bæði hættu á alkali- og frostskeimmdum.

Rannsóknir á Rb á áhrifum kísilryks og annarra possolana sýndu að kísilryk jók styrk sements og dró úr alkalíþenslum í steypu. Árið 1979 var farið að blanda 5 % af kísilryki frá Járblendiverksmiðjunni á Grundartanga í íslenskt sement. Við það jókst styrkur sementsins og alkalískemmdir urðu ekki lengur alvarlegt vandamál.

Af öðrum rannsóknum við Rb sem leiddu til mikilla endurbóta má nefna

-Rannsóknir á áhrifum íblandaðs lofts á veðrunarþol steypu. Þar er sýnt fram á að það er ekki heildarmagn lofts í steypunni sem skiptir mestu máli heldur frekar gæði loftkerfisins þar sem fjarlægðarstuðullinn (meðal

fjarlægð milli loftbóla) er mikilvægastur en hann þarf helst að vera undir 0,25 mm í vel veðrunarþolinu steinsteypu. Fjarlægðarstuðull er mældur í slípuðum borkjörnum með skoðun í smásjá.

-Rannsóknir á áhrifum vatnsfæla (monosilan og siloxan) á rakadrægni steinsteypu og leka í fingerðum sprungum.

-Tilraunir á útveggjum húsa til að stöðva alkali- og veðrunarskemmdir sýndu að vatnsfælar gátu verið áhrifaríkar svo og loftræstar klæðningar og múrkerfi.

-Íslenskt basalt, sem er helsta steinefnið í steinsteypu, er misgropið, allt frá því að vera þétt berg yfir í að vera með hátt holrými. Þéttleiki steinefna hefur áhrif á fjaðurstuðul steinsteypu en hann er meðal annars ráðandi við útreikning á sigi platna. Því hvað varðar útboðsgögn og meira holrými þeim mun lægri er fjaðurstuðullinn og sig verður meira.

### Virkjanir og vegir

Virkjanir og vegir / brýr eru dýr mannvirki og til þeirra hefur verið vandað mjög vel varðandi útboðsgögn og framkvæmdir. Rannsóknir á áhrifum possolana á eiginleika sements leiddu til þess að íslenskt possolansement hefur verið notað í allar virkjanir sem byggðar hafa verið eftir Búrfellsvirkjun en í hana var notað danskt sement með lágu alkaliinnihaldi. Sementið sem notað var í Sigölduvirkjun og Hrauneyjarfossvirkjun var úr íslensku gjalli með 25 % af íblönduðu líparíti sem possolan. Í aðrar virkjanir hefur verið notað íslenskt possolansement þar sem kísilryk hefur stundum verið notað til viðbótar við líparítið. Possolansement dregur úr alkalíþenslum steypu en jafnframt harðnar það hægar. Það er heppilegt í massamiklum byggingarhlutum

vegna minni varmamyndunar við hörðnun sementsefjunnar en við húsagerð þar sem frásláttur móta skiptir máli varðandi byggingarhraða er það ókostur og ástæða þess að possolansement hefur lítið verið notað við byggingar húsa.

### Hátækni við steinsteypugerð

Notkun sérvirkra íblöndunarefna í steinsteypu hefur valdið byltingu í steypugerð. Í fararbroddi þessarar þróunar á heimsvísu hefur dr. Ólafur Wallevik verið. Þróunin byggir á nýrri tækni við að mæla eiginleika hrásteypu. Í stað þess að mæla eingöngu sigmál hefur verið þróað tæki sem gerir kleyft að mæla bæði flæðanleika hennar og seigju og áhrif íblöndunarefna á þessa eiginleika. Með þessari tækni er nú hægt að gera þurra steypu með 0 mm sigmál að flotsteypu sem er sjálfútleggjandi án notkunar aukins vatns. Þannig fæst hágæða steinsteypa sem nýtist best þar sem mikið reynir á. Ólafur setti á fót við Rb öndvegissetur (center of excellence) á sviði flæðanleika sementsbundinna efna. Á setrinu, sem nefnist IBRI – rheocenter, er veitt alþjóðleg ráðgjöf og unnið að mörgum alþjóðlegum rannsóknaverkefnum.

*Hákon Ólafsson, fyrrverandi forstjóri Rb og formaður Steinsteypufélags Íslands 1988 – 1992.*



## FYRRI RANNSÓKNIR Á NOTKUN MÓBERGS (HÝALÓKLASTÍTS) SEM NÁTTÚRULEGS POSSÓLAN-EFNIS Í SEMENT Á ÍSLANDI OG MÖGULEIKAR TIL FRAMTÍÐAR

Ýtarlegar rannsóknir á notkun malaðs móbergs sem náttúrulegs possólan-efnis í sement voru gerðar á Íslandi fyrir meira en 60 árum síðan. Nú þegar flugaska úr kolabrennslu er að verða af skornum skammti í Evrópu hefur gömul vitneskja verið tekin fram á ný úr gömlum skjölum og skýrslum, og nú eru uppi áform um að náttúruleg possólan-efni geti komið í stað flugösku og orðið útflutningsvara frá Íslandi til að gera evrópska steypu betri og umhverfisvænni.

Á undanförnum áratugum hafa íaukar í sement (SCM – Supplementary Cementitious Materials) verið notaðir í auknum mæli víðs vegar um heiminn. Þessi íaukar, einnig kallaðir possólan-efni, eru efni sem bætt er í sement til að bæta tiltekna efniseiginleika þess og fá fram sérstaka eiginleika í steypu. Má þar sem dæmi nefna efni eins og kísilryk, slagg, flugösku, malað líparít og malað kalk. Tilgangurinn er bæði að lækka magn sementsgjalls (lækkun kostnaðar og jákvæð umhverfisáhrif) en einnig hafa rannsóknir sýnt fram á að slíkt possólan-sement gefur oft endingarbetri steypu, hindrar alkalívirgni o.s.frv.

Orðið pozzolan kemur frá borginni Pozzuoli nærri Napolí á Ítalíu. Þar notuðu Rómverjar fín malaða eldfjallaösku sem var blönduð brenndu kalki og þannig framleiddu þeir sement fyrir meira en tvö þúsund árum síðan. Eitt frægasta steypa mannvirki frá þessum tíma er Pantheon í Róm sem stendur enn í dag.

Possólan-virkni breytir kísilríku efni án sementseiginleika í kalsíumsilíkat, sem hefur góða sementseiginleika. Efnafræðilega séð á possólan-virkni sér stað á milli kalsíumhýdroxíðs í sementinu og kísilsýru í possólan-efninu.

Margir muna að íslenskt sement innihélt á sínum tíma kísilryk sem íauka ásamt fínmöluðu líparíti. Þetta gaf góða raun, ekki síst til að koma í veg fyrir skaðlega alkalívirgni. En færri þekkja kannski til þess að fyrir um 60 árum síðan var íslenskt móberg einnig rannsakað sem mögulegur íauki í sement, og eru þær rannsóknir og framtíðarmöguleikar þeim tengdir, raktar frekar í þessari grein.

Eins og fram kemur í grein Sveins P. Jakobssonar og Magnúsar Tuma Guðmundssonar (2012)<sup>1</sup> er móbergsmyndunin á Íslandi afar sérstæð á heimsvísu. Móbergið

myndaðist við gos undir jökli á síðari hluta ísaldar (fyrir 0,78 – 0,01 milljónum ára) og þekur það um 11.200 ferkílómetra landsins. Meginþáttur móbergsins er basaltgler, sem að verulegu leyti er ummyndað í palagónít. Ekki hefur verið full samstaða um notkun hugtaka á þessu fræðasviði, á það jafnvel við um hugtök sem oft hafa sést á prenti, eins og gjóska, móberg og hýalóklástít.

### Fyrri rannsóknir á Íslandi á gosefnum sem possólan-efni eða íaukum í sement

Við undirbúning byggingar Sementsverksmiðjunnar á Íslandi árið 1958 var gerð könnun á hráefnum árin þar á undan. Fjallað er um þetta í grein frá árinu 1957 í Tímariti Verkfræðingafélags Íslands (VFÍ)<sup>2</sup>. Helsta hráefnið til sementsframleiðslu var þurrkaður skeljasandur úr sjó nálægt væntanlegri verksmiðju á Akranesi.



Pantheon í Róm (mynd: Børge Johannes Wigum)



# MOBERG POZZOLANS

by

Hörður Jónsson' and Haraldur Ásgeirsson'.



Grein í Tímariti VFI (1959) um rannsóknir tengdar notkun móbergs sem íauka

Hins vegar, þegar skeljasandinum var dælt upp, innihélt hann einnig að hluta til basaltsand og mól, aðallega móberg. Það þurfti að flokka þetta móberg frá skeljasandinum. Þessi „hliðarafurð“, móbergið, var prófuð með tilliti til possólan-eiginleika, ásamt líparíti, vikri, biksteini og gjalli. Þessi efni voru svo prófuð, hvert um sig, og mölud saman við sementsgjallið (15% possólan-efni). Efni voru einnig send til F.L. Smidth í Danmörku og Háskóla Íslands til frekari prófana. Móbergið gaf bestan árangur eftir 28 daga, þ.e. 92% þrýstistyrkur miðað við viðmiðunarsement.

Árið 1959 kom út rannsókn á possólan-virkni móbergs eftir Hörður Jónsson og Harald Ásgeirsson í Tímariti VFI<sup>3</sup>. Þeir töldu að notkun possólan-efna gæti orðið mikil á næstu áratugum og því mikilvægt að hefja rannsóknir á þessum efnum. Fimmtán sýnum af íslenskum possólan-efnum var safnað til rannsókna í samstarfi við Tómas Tryggvason jarðfræðing, tólf þessara sýna voru móberg. Fjöldi prófana var gerður á sýnunum, bæði efnafræðilegar og efnisfræðilegar. Niðurstöður bentu til þess að flest efnanna sýndu possólan-virkni og að finleiki, þ.e.a.s. yfirborðsflatarmál, hafi mikil áhrif á possólan-virkni. Í fréttatilkynningu frá 30. mars 1963 er upplýst að nýtt sement sem nefnist „Faxasement“ hafi verið þróað og verði sett á markað á vegum

Sementsverksmiðjunnar. Þetta sement innihélt 15% móberg og 15% líparít, sammalað við sementsgjallið. Kostum og göllum þessa nýja sements er lýst í fréttatilkynningunni. Ekki er vitað nákvæmlega hversu lengi þessi tegund af sementi var á markaði. Hins vegar er vitað að þegar Faxasement var framleitt í kringum 1970 innihélt það aðeins sammalað líparít. Eldri skjöl frá Sementsverksmiðjunni eru geymd í Þjóðskjalasafni Íslands. Með því að leita þar tókst okkur að finna gögn um Faxasement frá árinu

1966. Niðurstöður fyrir Faxasement, sem malað var 1966, sýna að þrýstistyrkur eftir 28 daga var 3.681 Psi (um 25 mPa) og Blaine-gildið var 4.273 (cm<sup>2</sup>/g).

Í tengslum við alþjóðlega ráðstefnu um alkalívirknir, sem haldin var í Reykjavík 1975, birti Guðmundur Guðmundsson<sup>4</sup>, tæknistjóri hjá Sementsverksmiðjunni, niðurstöður sínar úr íslenskum possólan-rannsóknum. Í tengslum við þessar rannsóknir var fimmtán sýnum af ýmsum náttúrulegum possólan-efnum safnað og þau rannsökuð. Efnunum var safnað á svæðinu umhverfis Reykjavík og svæðinu í kringum Sementsverksmiðjuna. Blaine-aðferðin var notuð til að mæla yfirborðsflatarmál eftir mölun og niðurstöður voru þær að finleikinn væri um 4500-8000 cm<sup>2</sup>/g fyrir öll sýnin. Possólan-efnunum var blandað

VISIR - Laugardagur 30. mars 1963.

## NÝ TEGUND AF SEMENTI

Sementsverksmiðja stóðna hefur tilkynnt að verið á sam-  
enti inni lakka háðna í fól-  
um hár. Þetta hefur verið og er  
þess vegna tilkynnt ákveðna með  
höfðinu af því að fastlega er  
þetta við stórnastu sements-  
verksmiðja á þessum ári millið við  
stólana á sí. fól.

Þvír stóli sér í tilfelli af  
þessari höfðuneyðingunni til dr.  
Jóns E. Vestdals framkvæma-  
stjórn Sementsverksmiðjunnar  
og hefur hann náð um þessa  
verksmiðju á sementi.

— Sementið hefur frá verk-  
smiðjunni, sagði dr. Vestdal,  
um 70 kílótonn íslensks sement  
er á landinu. Við seljum sement  
í höfðinu til kaupþinga og  
hagkerfanna víð á landshverfi-  
inu og til þessra hefur verið  
verið 1200 kr. hvor best, mið-  
að við stórnastu, en er þó lokað  
af stóru í 1200 kílótonn sementi

verksmiðjan skýrir sér ekki af  
stórnastu og þessum stórnastu,  
en það er hátt verðlagstíðill.  
Þetta veður sementið verksmiðjan  
1000 sementi í stórnastu Reykja-  
vík og á Akranesi. Þar kortar  
stórnastu 1200 kílótonn frá stórnastu  
og 1200 kílótonn frá Akranesi,  
en lokað er um 70 kílótonn á  
landinu stórnastu.

— Sementsverksmiðjan hefur  
ráð fyrir aukinni sementstöf-  
un á þessum ári millið við þess  
samt var í fyrra.

— Já, það er höfðuneyðing  
fyrir verksmiðjunni. Aukningin  
í sementstöfðuninni er þegar  
farin að fara vaxandi og stórnastu  
því að tvei fyrstu mánaði þessa  
árs hefur verksmiðjan á Akra-  
nesi verið 2000 kílótonn af sementi,  
en á stórnastu mánaði í fyrra 2000  
kílótonn. Þá er því um 80%  
aukningu að ræða.

— Þetta er ekki þessi auk-  
ning af hagkerfanna verksmiðju  
er það fylgilega stórt af verks-  
miðju í stórnastu hefur verið um 10.  
En það eru þessar stórnastu upplý-  
singar sem við stórnastu við og  
m.a. höfðunastu við stórnastu  
grun um höfðuneyðingunni bygg-  
ingarskiptunastu viðstórnastu til  
á landshverfiinu, sem mun  
auka sementstöfðun til tólf.

— Er þetta að þessu þessu  
er þetta framkvæmt?  
— Nei, sementsverksmiðjan hefur  
átt verksmiðju ekki fyrir en hátt  
um mánaði eftir af sementi  
á við stórnastu á stórnastu  
stórnastu. Átt um það stórnastu  
um þessu mánaði hefur sementi  
er þetta stórnastu sementi.

— Dreppur sementið á landinu  
er ekki stórnastu er sementið?  
— Sementið er t. v. stórnastu  
kílótonn á sementi, en dreppur  
stórnastu að stórnastu af sementið.

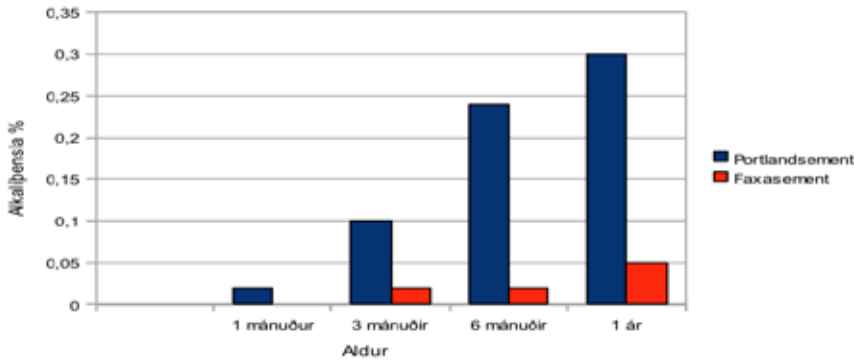


Dr. Jón E. Vestdal.



Lafstýngd af Sementsverksmiðjunni.

Fréttatilkynning um nýja tegund af sementi – Faxasement – Visir 1963



Þróun alkalípenslu með Faxaseimenti (Guðmundur Guðmundsson, 1971)

í hlutfallinu 25% við hreint íslenskt Portlandsement og gerðar voru múr- og steypublöndur. Þrennskonar prófanir voru gerðar á sýnunum: possólan-virkni, þrýstistyrkur eftir 28 daga og próf á þenslu vegna alkalívirgni. Niðurstöður sýndu að öll sýnin voru með possólan-eiginleika. Niðurstöður prófana, bornar saman við þrýstistyrk hreins Portlandsements-sýnis, sýndu þrýstistyrk upp á 70-90% miðað við hreina Portlandsements-sýnið. Niðurstöður þessara rannsókna sýna að mörg þeirra possólan-efna sem safnað var hafa nógu mikla possólan-virkni til notkunar í framleiðslu á possólan-sementi. Í fyrri rannsókn frá 1971<sup>5</sup> hafði Guðmundur einnig sýnt fram á að Faxaseiment virkaði mjög vel til að koma í veg fyrir þenslu af völdum alkalívirgni, miðað við prófanir á hreinu íslensku Portlandsementi – sjá mynd hér að ofan.

Á sömu alþjóðlegu ráðstefnu um alkalívirgni árið 1975 birtu jarðfræðingurinn Kristján Sæmundsson<sup>6</sup> efnafraðilegt yfirlit yfir sömu 15 sýni og Guðmundur hafði rannsakað. Tilgangur þessara rannsókna var að rannsaka mismunandi bergtegundir sem innihalda mikið gler og búa yfir possólan-eiginleikum. Sýnin voru flokkuð í þrjá hópa. Hópur 1 samanstóð af possólan-efnum með basaltískri samsetningu, hópur 2 samanstóð af possólan-efnum

með andesítískri og dasítískri samsetningu og hópur 3 samanstóð af possólan-efnum með líparít-samsetningu. Efnagreiningar á sýnunum voru gerðar við Háskóla Íslands og var steinefnafræði mismunandi bergtegunda rannsökuð í þunnsneiðum í bergfræðismásjá.

#### Framtíðarnotkun á íslenskum possólan-efnum í sement

Áratuganotkun sements með flugösku hefur gefið góða raun. Hins vegar er nú nýlega orðið erfiðara að ná í nægilegt magn af flugösku í Evrópu þar sem verið er að loka kolaorkuverum og verð hefur hækkað. Þess vegna hefur áhugi aukist á að skoða náttúruleg possólan-efni frá Íslandi, og það er merkilegt að skoða gömul gögn og geta notað reynslu frá meira en 60 ára gömlum rannsóknum.

Á Steinsteypudaginn 2020 kynnti Romeo Ciuperca, eigandi bandaríska fyrirtækisins Greencraft, niðurstöður á rannsóknum á íslensku possólan-efni og áform um að vinna slíkt efni við Stapafell á Reykjanesi. Í tengslum við þessi áform fékk fyrirtækið einkaleyfi, bæði í Bandaríkjunum og í Evrópu, á notkun fínmalads móbergs sem íauka í sement. Þetta vekur furðu, miðað við áður nefndar rannsóknir og notkun móbergs fyrr á árum sem íauka í sement á Íslandi.

Eins og fram hefur komið í íslenskum fjölmiðlum hefur þýska fyrirtækið

STEAG Power Minerals keypt jörðina Hjörleifshöfða á Mýrdalssandi í þeim tilgangi að hefja þar námarekstur á Kötlu-vikri sem verður flutt út til notkunar sem íauki í sement í Evrópu. Þetta er orkufyrirtæki sem hingað til hefur verið í sölu á flugösku úr kolaorkuvinnslu sinni í Evrópu.

Hornsteinn/BM Vallá hefur einnig að undanfögnu, í samstarfi við móðurfyrirtækið HeidelbergCement, hafið rannsóknir á fínmaldu móbergsefni sem íauka í sement, og lofa niðurstöðurnar góðu. Innan skamms gætu hugsanlega íslensk eldfjallaaska og móberg orðið mikilvægar útflutningsvörur frá Íslandi sem myndu stuðla að sjálfbærni, lækka kolefnisfótspor og bæta gæði og endingu steypu um alla Evrópu.

Børge Johannes Wigum –  
Hornsteinn/HeidelbergCement  
Northern Europe

Tilvísanir:

<sup>1</sup>Sveinn P. Jakobsson og Magnús Tumi Guðmundsson, 2012: Móbergsmýndunin og gos undir jöklum. Náttúrufræðingurinn 82 (1-4), bls. 113-125, 2012.

<sup>2</sup>Verkfræðingafélag Íslands (VFÍ), 1957: Sementsverkmíðjan á Akranesi, bls. 46-55. <https://timarit.is/page/5461880#page/n3/mode/2up>

<sup>3</sup>Hörður Jónsson og Haraldur Ásgeirsson, "Moberg Pozzolans", Timarit Verkfræðingafélags Íslands, bls. 71 - 78, 1959. <https://timarit.is/issue/348306?iabr=on>

<sup>4</sup>Guðmundsson, G., 1975: Rannsókn á íslenskum pozzolans. í Proceedings of the Symposium on Alkali-Aggregate Reactions, preventive measures. Reykjavík, Ísland, Byggingarannsóknastofnun Íslands, bls. 65-75.

<sup>5</sup>Guðmundur Guðmundsson, 1971: Alkaliefnabreytingar í steinsteypu. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins.

<sup>6</sup>Sæmundsson, K., 1975: Jarðfræðilegar horfur fyrir pozzolaníc efni á Íslandi. í Proceedings of the Symposium on Alkali-Aggregate Reactions, preventive measures. Reykjavík, Ísland, Byggingarannsóknastofnun Íslands, bls. 77-86.



## MUN SEMENTSFRAMLEIÐSLA AFTUR VERÐA TEKIN UPP Á ÍSLANDI?

**Mun sement byggt á „jarðfjölliðun“ (geopolymer cement) koma í stað**

**Portlansements sem bindiefni í steinsteypu?**

Er mögulegt að sementsframleiðsla verði aftur að veruleika á Íslandi? Notkun sements og steinsteypu á nú undir högg að sækja. Ástæðan er mikil myndun koldíoxíðs við framleiðslu hefðbundins sements (Portland-sement), sem eykur vandamál vegna loftslagshlúnunar. Þetta getur rýrt samkeppnisstöðu steinsteypunnar sem byggingarefnis gagnvart öðrum efnum svo sem t.d. timbri. Þó er þess að vænta að steinsteypa haldi stöðu sinni í stórum mannvirkjum, sérstaklega þar sem hún er í snertingu við vatn, svo og undir miklu slitálagi svo sem í samgöngumannvirkjum.

Þetta hefur beint athyglinni að nýrri gerð bindiefnis í steinsteypu, sem hefur ekki loftslagsvandamál í för með sér. Uppistaðan í hefðbundnu sementi eru steingerð kalsíumsiliköt, en nýja efnið er ólífræn fjölliðun á álsilikötum. Nýja efnið hefur fengið nafnið jarðfjölliðunar-sement (geopolymer cement). Álsiliköt eru aðaluppistaðan í eldfjalla-jarðefnum, en Ísland er einmitt samsett úr þess konar efnum. Vegna mikils magns og fjölbreytileika þessara efna hér á landi gæti Ísland orðið ákjósanlegur staður fyrir framleiðslu jarðfjölliðunar-sements.

Nýja bindiefnið er enn á rannsóknarstigi og þess bíður langur tími tækniþróunar og reynslu, þar til það verður markaðshæft. Spurningin er þó: Eiga íslensk byggingaryfirvöld og byggingariðnaður að láta málið til sín taka með rannsóknum og tilraunum?

Það hefði ekki þótt mikið vit í þessari spurningu um síðustu aldamót, en þá var fyrst farið að ræða í alvöru um hlýnun jarðar og hvernig mætti takast á við það risavaxna vandamál. Framleiðsla sements er nefnilega sú þriðja í röðinni hvað varðar útblástur koldíoxíðs á eftir orkuframleiðslu með kolaeldsneyti og málmframleiðslu. Hefðbundin viðmiðun er myndun eins tonns af koldíoxíði fyrir hvert framleitt sementstonn.

### Sementsframleiðsla

Framleiðsla sements fer þannig fram að blanda af jarðtegundum með háu innihaldi af kalki, t.d. kalksteini, er finmöluð saman við jarðefni sem innihalda kísilsýru, t.d. leir, og blandan síðan brennd í stórum sívalningsofnum við allt að 1500°C hita. Við það verður til sementsgjall, sem við frekari finmöluð verður að sementi, bindiefni (lími) steinsteypunnar. Við brennsluna ummyndast kalksteinninn í brennt kalk og koldíoxíð. Koldíoxíðið sem þannig myndast er um helmingur þess koldíoxíðs sem myndast við brennsluna. Hinn helmingurinn kemur frá eldsneytinu, sem er venjulega kol.

### Upphaf sementsframleiðslu hér og byrjunarörðugleikar

Eftir síðustu heimsstyrjöld var farið að huga að því, hvort framleiða mætti sement hér á landi. Þá þegar var þó ljóst, að hefðbundin hráefni til sementsgerðar voru ekki fyrir hendi á landinu. Hugmyndin byggðist á því, að á Vestfjörðum er skeljasandur víða á fjörum og kalkinnihald hans álíka og í kalksteini. Kísilrík hráefni voru þarna þó af skörum skammti. Góður skeljasandur fannst hins vegar á botni Faxaflóa, milli Reykjavíkur og Akraness. Þar sem kísilríkt

basalt (líparít) var að finna á svæðinu norðan Hvalfjarðar, var sementsverksmiðja með um 100.000 tonna framleiðslugetu sementsgjalls byggð á Akranesi. Hóf hún starfsemi árið 1958. Verksmiðjan var í eigu ríkisins og fékk nafnið Sementsverksmiðja ríkisins.

Hátt magn af alkalísamböndum í íslenska sementinu skapaði hættu á notkun þess í steypu með vissum steypuefnum. Stafaði það af efnaferlum (alkalíþensla) milli virkra efnasambanda í steypuefnum á höfuðborgarsvæðinu og alkalisambanda sementsins, sem gátu valdið sprungumyndun í steypunni. Þarna var komin upp mjög erfið staða, ný verksmiðja, en sementið hættulegt steypunni. Upp kom umræða um að skipta um steypuefni, flytja inn alkalífri hráefni frá útlöndum eða jafnvel loka verksmiðjunni. Engin þessara úrræða voru þó talin vænleg.

### Alkalískemmdir og viðbrögð við þeim

Umræðan um alkalíþensluna á sínum tíma varð mjög áköf. Opinber rannsóknastofnun á vegum byggingariðnaðarins, Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, var þá nýtekin til starfa. Iðnaðarráðuneytið skipaði vinnuhóp árið 1967, sem í sátu allir helstu framámenn byggingamála í landinu, til þess að taka á þessu vandamáli. Hópurinn fékk nafnið Steinsteypunefnd. Framkvæmdastjóri Rannsóknastofnunar byggingariðnaðarins og jafnframt formaður Steinsteypunefndar var Haraldur Ásgeirsson efnaverkfræðingur. Hann hafði lært efnaverkfræði í Bandaríkjunum með sementsgerð sem sérgrein.

Stofnuninni var falið það verkefni að

reyna að breyta samsetningu sementsins þannig að hætta á alkaliþenslu væri ekki fyrir hendi. Verkefninu lauk 1971 og voru niðurstöður hennar, að með ímölun jarðefna með svonefnda „possólan“ eiginleika í sementið mætti koma alkaliþenslunni niður fyrir hættumörk. Þessi aðferð hafði verið reynd með góðum árangri í Bandaríkjunum.

Jarðefni með possólaneiginleika eru gjarnan gosefni, sem eru lítt kristölluð og samanstanda af efnasamböndum kísils og áls (álsiliköt). Er þar viss skyldleiki við efnasamsetningu Portlandsements, sem samanstendur af kísli og kalsíum (kalsíum-siliköt). Jarðefni með possólaníska eiginleika fundust víða við norðanverðan Hvalfjörð og þau voru prófuð í alkálirannsóknunum. Þar sem líparítið sem notað var í sementsbrennsluna á Akranesi sýndi góða possólaneiginleika, var þegar hafin sammölun á því með sementsgjallinu.

### Possólanefni - þ.a.m. afgangsefni stóriðju

Aðgerðin gegn alkaliþenslunni bar þann árangur sem að var stefnt. Tíu árum síðar, um 1980, kom svo til örfínt kísilryk, sem til féll sem úrgangur úr kísiljárnverksmiðjunni á Grundartanga. Það hafði enn betri possólanáhrif en líparítið og var skipt út fyrir það í Sementsverksmiðjunni. Það sement var fyrsta verksmiðjuframleidda sementið í heiminum sem blandað var kísilryki og var íslenska sementið þá talið í háum gæðaflokki og tekið inn í nýjan Evrópustaðal fyrir sement. Öll þessi rannsóknavinna og tillögur að breytingum á íslenska sementinu fóru fram á vegum Steinsteypunefndar hjá Rannsóknastofnun byggingaiðnaðarins undir handleiðslu Haraldar Ásgeirssonar, sem þekkti til slíkra vandmála frá Bandaríkjunum.

### Hátt verð jarðolíu

En gæðamál sementsins voru ekki einu vandamálin sem Sementsverksmiðja ríkisins átti við að etja á áratugnum 1970 til 1980. Á þessum árum hækkaði verð á brennsluolíu upp úr öllu valdi. Var talið, að ef ekki yrði brugðist við, myndi rekstur verksmiðjunnar ekki standa undir sér. Aðrar verksmiðjur fóru að brenna kolum, sem voru miklu ódýrari en olían. Til þess að brenna kolum á Akranesi þurfti að reisa mikinn og dýran búnað. Voru þá skoðaðar margar leiðir með aðra orkugjafa t.d. rafmagn, en allar voru of dýrar, svo að kolabrennslan varð að lokum ofan á. Erlendis voru þá margar rannsóknastofnanir að skoða eldsneytisverðið, því kolaverðið hélt líka áfram að hækka. Einn af þeim möguleikum sem talinn var koma til greina, var að þróa nýja gerð af bindiefni í steinsteypu. Farið var t.d. að skoða aðferðir hliðstæðar leirbrennslu. Leir, t.d. kaolin, hefur svipaða efnasamsetningu og possólanísk gosefni og harðnar eftir vissa meðhöndlun og upphitun. Þessar hugmyndir voru fljótlega afskrifaðar vegna mikils kostnaðar, en allur kostnaður í sambandi við sementsgerð á þessum tíma var innan viðunandi marka nema olían.

Eftir þennan formála um sementsgerð á Íslandi er komið aftur að yfirskrift þessarar greinar, þ.e. því sem hefur verið nefnt „ólífræn fjölliðun“ eða geopolymer.

### Ný gerð sements (steinlím)

Um er að ræða fjölliðun kísil- og ál-sameinda, til aðgreiningar frá „líf-rænni fjölliðun“ (polymerisation), sem er undirstaða allra plastefna og byggist á sameiningu á keðjum kolefnis-sameinda. Upphafsmáður hugmyndafræðingur um tæknilega nýtingu á jarðfjölliðun var franskur efnafraeðingur, Joseph Davidovits

að nafni. Hann var með doktorspróf í hefðbundnum fjölliðunarfræðum fyrir vefnaðarvörur og starfaði upphaflega við vefnaðarvöruframleiðslu í Frakklandi. Eftir að framleiðslufyrirtækið sem hann vann hjá eyðilagðist í bruna hóf hann að kanna óhefðbundna nýtingu fjölliðunarfræðinnar, þ.e. ólífræna fjölliðun í stað lífrænnar fjölliðunar. Honum tókst að sýna fram á, að með sterkum alkalískum bösum (alkalískur basi, oft nefndur lútur á íslensku, er andstætt efnasamband við síru) væri hægt að leysa upp possólanefni og meðhöndla þau á ákveðinn hátt til að mynda með þeim bindiefni. Hann notaði kaolin-leir sem grunnefni í upphafi og tókst að sýna fram á að hægt væri að mynda úr því sterkt og varanlegt bindiefni fyrir steinsteypu. Davidovits fékk síðan einkaleyfi fyrir þessari uppjötvun sinni.

Eins og áður kom fram var framleiðslukostnaður hefðbundins sements mjög lágur þrátt fyrir hátt eldsneytisverð. Sementsiðnaðurinn hafði því ekki áhuga á nýrri gerð bindiefnis.

### Rannsóknir og þróun á geopolymersementi

Davidovits hélt þó áfram rannsóknum sínum, flutti til Bandaríkjaanna þar sem hann starfaði lengi sem prófessor í sérfræðigreinum sínum. Hvað varðar þróun bindiefna með jarðfjölliðun tók hann þátt í þróun sérsements á possólangrunni, nefnt Pyrament cement, ásamt með fyrirtækinu Lone Star, sem er sementframleiðandi þar. Mjög þekktur varð hann einnig vegna rannsókna sinna og kenninga um tilurð fornra mannvirkja, svo sem rómverskra steypumannvirkja og egyptsku pyramíðanna. Hann kom svo á fót sérstakri stofnun, Geopolymere Institute, rannsóknastofnun í Saint-Quentin í Frakklandi þar sem unnið er að



Niðurlagning á 70.000 tonnum af EFC ( earth friendly concrete ), geopolymer steinsteypu, á West Wellcamp flugvellið í Brisbane Ástralíu.

Þróun jarðfjöliliðunar-bindiefna.

Rannsóknir Davidovits sýndu með tímanum að steinsteypa sem gerð er með jarðfjöliliðun sem bindiefni hafði ýmsa hagkvæma eiginleika umfram steypu úr hefðbundnu Portlandsementi. Framleiðsla jarðfjöliliðunar-sements krafðist lægra hitastigs og því minni orku. Ekki myndaðist koldíoxíð við framleiðslu þess. Þá var þekkt að ýmis úrgangsefni frá öðrum iðngreinum, svo sem ryk frá kola-brennslu eða gjall frá stálbræðslum, höfðu possolaníska efnasamsetningu og nýttust sem hráefni. Þessi úrgangsefni voru áður mest urðuð, en hafa síðustu ár einnig verið nýtt sem possólanefni í Portlandsement.

Við framleiðslu jarðfjöliliðunar-sements myndast ekki koldíoxíð, þar sem kolefnissambönd kalksins koma ekki við sögu. Possólanísku efnin eru ódýr en hitaorka og basisku efnin, sem virka sem hvatar á upplausn hráefnanna og efnaferlið tengt því, er helsti kostnaðarþátturinn. Jarðfjöliliðunarsteypa harðnar mjög hratt, nær t.d. fullum styrk, sem er sambærilegur við steypu úr Portlandsementi, innan fjögurra klst. Í stórum

dráttum virðist þetta nýja bindiefni mjög áhugavert. Auk hörðunarhraðans hefur jarðfjöliliðunarsteypa með þessu mun meira viðnám gegn bruna og sýruáhrifum en steypa með Portlandsementi. En framleiðslukostnaður þessarar steypu er töluvert meiri en þeirrar hefðbundnu. Í fyrstu hafði sements- og steypuiðnaðurinn því ekki mikinn áhuga á frekari þróun jarðfjöliliðna og m.a. þess vegna eyddi Davidovits svo mörgum árum í Bandaríkjunum við kennslu og önnur verkefni.

### Sement og loftslag

Það er eiginlega fyrst um síðustu aldamót, eftir að loftslagsumræðan fór að fullu í gang, að menn áttuðu sig á hversu mengandi sementsframleiðslan var. Ein aðalaðgerðin til þess að minnka kolefnisspor sementsins var að drýgja það með óbrenndum efnum. Þar voru possólanefnin heppilegust, þar sem þau juku bindiefni sementsins, en hægðu oftast um leið á hörðunarhraðanum. Það var aftur á móti ekki vinsælt hjá steypuframleiðendum og byggingarverktökum, sem forðuðust jafnan notkun possólansements, þar sem það hægði á byggingarhraðanum.

Vegna loftslagsumræðunnar hóf sementsiðnaðurinn í byrjun 21. aldarinnar íblöndun possólanefna í allt venjulegt sement, allt að 20% af heildarþunga sementsins. Þar sem öll mörk um koldíoxíðmengun voru miðuð við árið 1990 ( yoto samkomulagið 1997) náðu flestir sementsframleiðendur að nýta sér samkomulagið, þar sem miðað var við aukningu frá 1990. Það nýttist þó ekki Sementsverksmiðju ríkisins, sem hóf íblöndun mun fyrr, eða um miðjan áttunda áratug síðustu aldar. Possólaníblöndun sementsframleiðenda í vestrænum iðnaðarlöndum hefur hingað til verið að mestu svonefnd flugaska (ryk frá kolaorkuverum) og gjall frá stálverum.

Það er því ekki fyrr en fyrir 5-10 árum að ýmsar rannsóknastofnanir, aðallega háskólastofnanir, fóru fyrir alvöru að huga að nýtingu jarðfjöliliðna í stað Portland-sements. Og í raun er þessi rannsóknastarfsemi ekki enn komin vel af stað, enda virðist sementsiðnaðurinn ennþá ekki hafa tekið neina stefnubreytingu í þá átt.

Í þessum rannsóknum er oftast gengið út frá nýtingu úrgangsefna úr iðnaði með possólaneiginleika sem hráefni. Sú forgangsröðun er sjálfsgagt bundin kostnaði við öflun þeirra og einnig er heppilegt að geta nýtt úrgangsefni úr einum iðnaði sem hráefni í öðrum iðnaði. Með tímanum má þó gera ráð fyrir, að með aukinni eftirspurn eftir flugösku verði minni þrýstingur á að leggja af kolakynt raforkuver, sem þá fer að vinna gegn markmiðinu að lækka kolefnisspor sementsiðnaðarins.

Hvað náttúruafni varðar sem hráefni í bindiefni með jarðfjöliliðun, þá rannsaka vísindamenn gjarnan kaolin og efni því skyld. Possólönsk gosefni eins og hægt er að nálgast á



jarðeldasvæðum, svo sem Íslandi, hafa minnst verið rannsökuð. Aðspurðir um gróft mat eða sam-amburð á eiginleikum og nýtingar-möguleikum mismunandi efna, t.d. íslenskra gosefna, segja rannsak-endar jarðfjölliðna nauðsynlegt að efnagreina sérhverja tegund gosefna fyrir sig m.t.t. fjölliðunareiginleika og nýtingarmöguleika.

Þá er þess að gæta að eiginleikar grunnhráefnanna segja ekki alla sögu-una. Aðgangur að basiskum upp-lausnarefnum og efnahvötum ásamt orkuöflun og kostnaði við þetta hefur þar einnig mikið að segja.

Eins og áður kom fram hefur hinn alþjóðlegi sementsiðnaður ekki sagt skilið við hið upprunalega Portlandsement og mun varla gera það á næstunni. Að baki Portlandsementinu liggur löng og árangurs-rik þróunarsaga og sama má segja

um notkun þess í steinsteypu. Þeirri þekkingu og tækni sem þar liggur að baki verður ekki kastað fyrir róða á skömmum tíma. Steypusvið Nýsköpunarmiðstövar Íslands hefur t.d. undanfarið unnið mikið verk við þróun á umhverfisvænni steinsteypu á þeim grunni.

#### Tækifæri til framfara

Hugmyndir um nýtt bindiefni í stað Portlandsements í steinsteypu virð-ast því enn sem komið er framtíð-armúsík. Þó er þegar hafin skoðun á þeim möguleika víða um heim, ekki síst í Ástralíu. Á Íslandi vaknar spurningin: er þarna eitthvert tæki-færi fyrir okkur? Innflutningur á ódýrri þungavöru eins og sementi til landsins er óhagstæður og meng-andi. Ef hentug possólanefni til framleiðslu á jarðfjölliðunarsementi myndust hér í miklum mæli væri e.t.v. komið tækifæri til að hefja íslenska sementsframleiðslu á ný.



Brúaryfirborðsframkvæmd við Steinavötn.  
Mynd: Kai Westphal, mynd tengist greininni ekki beint

Í þessu sambandi má minna á þá miklu áherslu, sem lögð var á nýt-ingu gosefna á árunum milli 1970 og 1990, einmitt á því tímabili sem Sementsverksmiðjan fór að nýta þau til gæðaaukningar íslenska sements-ins. Þá var stofnaður vinnuhópur, Gosefnanefnd, á vegum hins opin-bera, sem kannaði ýmsa kosti, svo sem útlutning á vikri, vinnslu perlu-steins og þensluhæfni hans, fram-leiðslu steinullar o.fl. Því má spyrja: eiga Íslendingar, stjórnvöld eða byggingaiðnaðurinn ekki að kanna áfram möguleikana á nýtingu gos-efna? Og, vitandi um þennan fram-tíðarmöguleika, hefja rannsóknir á possólanefnum með þessa nýtingu í huga? Í dag er ekki mikill flýtir sjáan-legur á þessum rannsóknum erlend-is, en hratt vaxandi kolefnisskattur á sementsiðnaðinn getur breytt því. Grunnrannsóknir á hráefnum héðan þurfa hugsanlega ekki að vera mjög kostnaðarsamar í byrjun, því að þegar er til jarðfræðipekking og ýmsar aðrar rannsóknir frá því að Rannsóknastofnun byggingariðn-aðarins gerði possólanrannsókn-irnar 1970-1980. Þá eru hér einnig fyrir hendi possólanísk úrgangs-efni, sem falla til við málmíðnað, t.d. kísilryk frá kísiljárn-framleiðslu, ryk frá rykskiljum kísilverksmiðja, gjall frá áliðnaðinum o.s.frv. Þá er hér aðgangur að nægri og hentugri orku fyrir þessa framleiðslu (fram-leiðslu á alkálílút með rafgreiningu vatns). Hér er bæði jarðvarmi, sem nýst gæti við upplausn efnanna, svo og umhverfisvænt rafmagn. Allt eru þetta atriði sem vert væri að huga að, ef áhugi vaknaði á nýtingu gosefn-anna til sementsgerðar.

*Dr. Guðmundur Guðmundsson,  
fyrirverandi framkvæmdastjóri  
tæknimála Sementsverksmiðju  
ríkisins.*

*Greinin birtist áður í Kjarnanum  
16.ágúst 2020*

## STEYPA SEM BINDUR KOLEFNI

### Hampsteypa, framleidd úr iðnaðarhampi, hefur einstaka eiginleika og getur nýst við fjölbreytta mannvirkjagerð.

Byggingariðnaður er talinn vera ábyrgur fyrir um 39% kolefnislosunar á heimsvísu. Þar af er riflega fjórðungur losunarinnar vegna öflunar hráefna, meðhöndlunar og framleiðslu, flutnings, uppbyggingar, niðurrifs, úrgangsmeðhöndlunar og endurvinnslu. Tæplega þrír fjórðu hlutar losunarinnar eru til komnir vegna rekstrar; svo sem raforkunotkunar, loftræsingar og viðhalds á notkunartíma byggingarinnar.

Þó hlutfall byggingariðnaðar af heildarlosun sé lægra á Íslandi en víða annars staðar, svo sem vegna hás hlutfalls endurnýjanlegrar orku sem notuð er til húshitunar og rafmagnsframleiðslu, er ljóst að íslenskur byggingaiðnaður þarf að draga verulega úr losun. Í riflega árgamalli aðgerðaáætlun stjórnvalda í loftslagsmálum kemur fram að vinna eigi markvisst að því að draga úr losun vegna byggingaiðnaðar á Íslandi. Ráðist hefur verið í fjölmargar rannsóknir hér á landi sem og erlendis sem tengjast loftlags- og umhverfisáhrifum geirans með það að markmiði að kortleggja losunina og draga úr henni.

Enginn þarf því að velkjast í vafa um að stíga þurfi fleiri skref í þá átt að stuðla til framtíðar að kolefnishlutlausum byggingum á Íslandi. Meðal kolefnisfrekustu byggingarefna á markaði í dag er steypa, að stærstum hluta vegna framleiðslu sements. Ávinningur af því að draga úr steypumagni eða að minnka kolefnisspor steypu getur því verið talsverður.

### Hvað er hampsteypa?

Hampsteypa (e. hempcrete) er ein þeirra vistvænu lausna sem vert er að gefa gaum þegar kemur að framtíðarefnisvali í byggingaframkvæmdum. Um er að ræða byggingarefni sem hægt er að búa til að hluta úr íslenskum hráefnum. Hampsteypa er samsett úr muldum hampi, kalkdufti og vatni og hefur ákaflega eftirsóknarverða eiginleika. Hún myglar hvorki né brennur og er sérstaklega einangrandi bæði þegar kemur að hita og hljóði.

Endurvinnsla hampsteypu er auk þess afar einföld. Þegar hlutverki hennar lýkur má mylja hampsteypuna niður og nota beint sem lífrænan áburð á ræktarland. Þannig má loka hringrásarferli vinnslunnar.

### Hlutverk í húsbýggingum

Hampsteypa getur ekki nýst sem burðarefni í mannvirkjum og mun því ekki geta leyst steinsteypu alfarið af hólmi. Hana er hins vegar vel hægt að nota samhliða burðarvirki úr steinsteypu, stáli eða timbri, svo dæmi séu tekin. Hampsteypan hentar afar



*Annia, franskur starfsnemi, vann að rannsókn á eiginleikum hampsteypunnar í sumar á rannsóknarstofu EFLU*

vel sem einangrandi lag í útveggjum, í innveggi í húsbyggingum eða jafnvel í hljóðmanir við umferðaræðar, svo ólík dæmi um notkunarmöguleika séu tekin.

Á vaxtarskeiði hampsins dregur hann til sín koltvísýring úr andrúmsloftinu og virkar þannig sem kolefnisgeymir á líftíma sínum, líkt og timbur og önnur lífræn byggingarefni. Kostur hampsins umfram timbrið er þó hversu hraðvaxta hann er, og virkar hann því sem einstaklega kolefnisgleypin nytjajurt til bæði lengri og skemmri tíma. Kolefnisupptaka hamps sem ræktaður er við góðar aðstæður getur verið um 0,32 kíló á hvert kíló af hampi. Við vinnslu hamps og framleiðslu hampsteypu verður einhver losun, en kolefnisspor hampsteypu er neikvætt þegar horft er yfir allan líftímann, þ.e. varan veldur nettóbindingu koltvísýrings í stað losunar. Vinnur byggingarefnið þannig beinlínis gegn mengun í andrúmsloftinu. Hampsteypa - líkt og önnur steypa - dregur auk þess til sín koltvísýring úr umhverfinu á líftíma sínum vegna kolsýringar kalksteins, sé hún ekki hulin með málningu eða öðrum efnum.

### Íslenskur hampur

Þó hampur hafi verið ræktaður og nýttur á erlendri grundu í árþúsundir hefur hann aðeins verið ræktaður á Íslandi í tilraunaskyni undanfarin tvö sumur. Fyrstu prófanir gefa góða raun en þessi einæra jurt er afar hraðvaxin. Fyrstu prófanir sýna að hampur getur við íslenskar aðstæður sprottið upp í um tveggja metra hæð yfir ræktunartímann.

Úr hampi er meðal annars hægt að gera pappír, textíl fyrir föt, plast og snyrtivörur, svo dæmi séu tekin, auk steypu. Stofn plöntunnar er trefjaríkur en trefjarnar gera

hampinn einmitt að heppilegu hráefni til steypuvinnslu. Þess má einnig geta að úr hamplöntunni má einnig vinna efnið CBD sem hefur verið notað gegn hinum ýmsu sjúkdómum.

**Hampsteypa við íslenskar aðstæður** EFLA vann í sumar, í samstarfi við Rannís og franska háskólann Paris-Saclay University, að rannsókn sem fólst í að kanna forsendur fyrir notkun hampsteypu í íslenskum byggingariðnaði. Teknar voru saman rannsóknir á kolefnisspori framleiðslunnar og gerðar verklegar rannsóknir á eiginleikum hampsteypu. Við rannsóknina voru steipt sýni bæði úr íslenskum og innfluttum hampi og eiginleikar efnana bornir saman. Þá voru einnig skoðuð áhrif ýmissa þátta á eiginleika hennar, t.d. magn bindiefna í steypunni, þjöppun hennar, mismunandi aðhlúun og áhrif frosts.

Í ljós kom að styrkur hampsteypu er mjög háður blöndun steypunnar og þjöppun hennar. Einnig kom á daginn að sveiflur í hitastigi við framleiðsluna reyndust draga úr styrk steypunnar. Steypan var lengur að jafna sig í kulda og náði ekki eins miklum styrk. Það bendir til þess að æskilegt sé að framleiða hampsteypu við stýrðar aðstæður þegar kemur að hita og raka.

Áferð hampsins sem kom frá Belgíu annars vegar og Íslandi hins vegar var mjög ólík. Íslenska efnið var grófara en það belgíska en betri steypa fékkst þegar hampsteypan var búin til úr innflutta efninu. Vinnsluáferð hampsins reyndist þannig skipta sköpum og eru þetta dýrmætar upplýsingar til framtíðar fyrir íslenskan hampiðnað. Þá reyndist steypa sterkari eftir því sem kalkinnihald í blöndunni var

aukið. Brýnt er að rannsaka enn frekar hvernig hampsteypa reynist við íslenskar aðstæður þar sem miklar sveiflur eru í hitastigi og raka.

### Einstök vara

Nokkurn tækjabúnað þarf til að framleiða hampsteypu, ekki síst við íslenskar aðstæður. Sérstakar þreskivélar þarf til að vinna hamp auk þess sem sérstakt tæki skilur trefjarnar í stofni plöntunnar frá stiklinum. Gera þarf einnig ráð fyrir kaupum á þurrkunnar- og vinnslubúnaði. Þá er, eins og áður segir, gæfuríkast að framleiða hampsteypu í upphituðu rými eða við aðstæður þar sem hægt er að stjórna hitastigi. Stofnkostnaður gæti því verið töluverður en á hinn bóginn er ljóst að ávinningurinn getur orðið mikill.

Fýsilegt er að kanna framleiðslu- og notkunarmöguleika íslenskrar hampsteypu betur. Fyrir liggur þó að byggingamarkaði í dag er ekki til vara sem hefur sambærileg jákvæð áhrif þegar horft er á umhverfisþætti. Fyrir þær sakir er hampsteypa í algjörum sérflokki.

EFLA hyggst áfram vera í fararbroddi þegar kemur að því að stuðla að vistvænum framförum í byggingariðnaði og vinna með áhugasömum og framsæknum fyrirtækjum á því sviði. Þar mun nýting innlendra og umhverfisvænna hráefna, eins og hamps, skipta sköpum.

*Ingimar Jóhannsson, EFLA,  
Burðarþöpolverkfræðingur M.Sc.*



## SPRUNGUR Í STEINSTEYPUVEGGJUM

Þegar verið er að steypa veggjum geta annars lagið myndast sprungur. Það geta verið margvíslegar ástæður fyrir sprungumynduninni, þ. á m. þurrkrýrnun vegna útpornunar, en oft er um að ræða rýrnunarsprungur vegna kælingar af völdum óæskilegra hitabreytinga meðan hörðnun stendur yfir. Ef rýrnunin á sér stað óhindrað myndast engar sprungur. Þessu má ná fram með því að nota hæfilegar þensluráfar og þá getur steinsteypa dregið sig saman óhindrað, eða með því að minnka rýrnunina niður að því marki sem steypa getur tekið við henni án þess að springa. Ef steinsteypur veggur er steypur upp að mannvirki sem fyrir er þá er ákveðin hættu á að rýrnunin komi fram sem sprungumyndun í veggnum, en það fer eftir rúmfræði og járnþvingu í honum<sup>1</sup>.

Þegar allt kemur til alls veltur þurrkrýrnun á steinsteypu-samsetningunni og stjórnast aðallega af vatnsinnihaldi steypunnar.<sup>2</sup> Yfirleitt verður endanleg rýrnun á milli 0,4–0,5% með tímanum, það tekur oft nokkra mánuði, en rýrnun sem fyrst kemur fram er e.t.v. 0,1%. Í andstöðu við þurrkrýrnun kemur hitaháð rýrnun, einnig kölluð rýrnun vegna kælingar, fram í tengslum við fyrri hörðnun steinsteypunnar þar sem hiti verður til og steypa hitnar. Þegar steinsteypa kólnar í kjölfarið verður til rýrnun sem á einn eða annan hátt setur mark sitt á bygginguna. Rýrnun vegna kælingar kemur fram á tiltölulega stuttum tíma eftir að hitastigið hefur náð hámarki og einkum ef það hámark fer saman við það þegar slegið er frá. Möguleikar steinsteypunnar til að jafna út rýrnun vegna kælingar eru því minni en þegar um þurrkrýrnun

er að ræða sem gerist á mörgum mánuðum. Þetta er einnig ástæðan fyrir því að rýrnun vegna kælingar er mikilvægur þáttur og oft aðalástæða fyrir sprungumyndun í löngum steinsteypuveggjum.

Hitastigsferli er flókið samspil á milli hitastigs við niðurlagningu, hitamyndun og hörðnun og varmataps til umhverfis og hægt er að meta það fyrir fram með notkun á hitastigslíkaninu AP TempSim.<sup>3</sup> Með því er hægt að meta mismunandi aðgerðir til að minnka hættu á sprungumyndun og fastsetja þær áður en steypuvinnan hefst.

Í þessari grein er litið nánar á hitastigsferli í steinsteypu þar sem rýrnun vegna hita getur orsakað sprungumyndun og hvað þarf að hafa í huga áður en hafist er handa. Ímyndað dæmi er notað til grundvallar þegar rætt er um áhrif ýmissa einfaldra aðgerða í tengslum við uppsteypu á löngum steinsteypuvegg á sökklum sem fyrir er.

### Hversu heit verður steinsteypa sem er að harðna?

Þegar sementi og vatni er blandað saman myndast hiti. Hitamyndun er háð efnafræðilegri samsetningu sementsins, þ.m.t. skiptingu á helstu steinefnunum: C3S, C2S, C3A og C4AF. Nánari upplýsingar má sjá hér<sup>4</sup>. Rapid-sement frá Aalborg Portland er t.d. með hitamyndun upp á u.þ.b. 350 kJ/kg sement.

Góð, sterk steinsteypa sem grundvallast á Rapid-sementi með 360 kg/m<sup>3</sup> hefur þ.a.l. hitamyndun upp á u.þ.b. 360 kg x 350 kJ/kg = 126.000 kJ/m<sup>3</sup>. Þetta samsvarar orkuinnihaldinu í þremur lítrum af bensíni.

Með því að vita rúmþyngd steinsteypunnar,  $\rho$ , eðlisvarma,  $c$ , og hitamyndun,  $Q$ , er hægt að áætla hækkun hitastigs í einum m<sup>3</sup> af þessari steinsteypu,  $\theta$ , sem orsakast af varmaþróun sementsins:

$$\theta = Q/V \cdot \rho \cdot c = 126000 / (1 \cdot 2320 \cdot 1,1) \approx 49^\circ\text{C}$$

Þar sem:

- $V$  er 1 m<sup>3</sup>
- $\rho = 2320$  kg/m<sup>3</sup>
- $c = 1,1$  kJ/kg · °C

Hitastigi steinsteypunnar í upphafi er bætt við þannig að ef steinsteypa er t.d. 20°C rétt eftir blöndun í steypustöð getur hitastigið á hörðnunartímanum stigið upp allt að 69°C í þeim tilvikum þar sem ekki er mikið hitatap af umhverfisástæðum.

### Hvers vegna springur steypa?

Í þeim tilvikum þar sem neðri hluti veggjarins er uppi við steinsteypu-byggingu springur steinsteypa á togsvæðinu þegar farið er yfir mörk togstreitu steypunnar:

$$\text{etogbrot} \geq \Delta\theta \cdot \beta$$

Þar sem:

- etogbrot er togstreita steinsteypunnar, u.þ.b.  $1,3 \times 10^{-4}$
- $\beta$  er hitastigsvíkkunarstuðull steinsteypunnar, u.þ.b.  $1,0 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- $\Delta\theta$  er hitamismunurinn á milli meðalhitastigs steinsteypunnar og hitastigs steinsteypubyggingarinnar við hliðina.

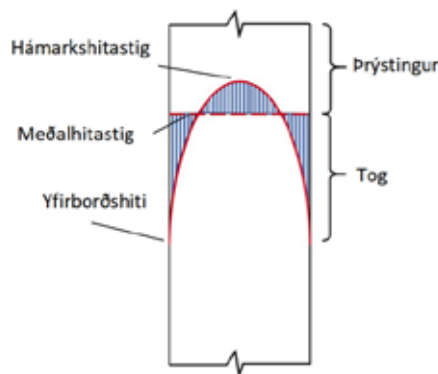
Þ.e.a.s. að leyfilegur hitastigsmunur,  $\Delta\theta$ , á milli meðalhitastigs harðnandi steypu og þess steinsteypuhluta sem fyrir er er hægt að ákvarða u.þ.b.:

$$\Delta\theta \approx 1,3 \times 10^{-4} / 1,0 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \approx 13^\circ\text{C}$$

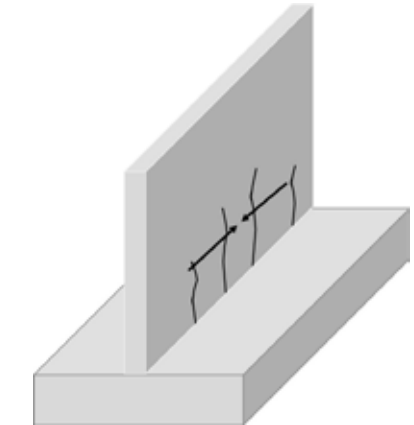
Í raun er oft gerð krafa um 15°C í ýmsum kröfulýsingum, m.a. vinnulýsingum frá Vegagerðinni og Landsvirkjun. Ef um er að ræða vegg sem í flestum tilvikum, eftir því sem hörðnunin fer fram, getur ekki hreyfst á undirlaginu, má gera auknar kröfur til leyfilegs hitastigsmismunar í tengslum við togstyrk steinsteypunnar. Í eftirfarandi texta er gert ráð fyrir að krafan um að 15°C standi.

Það sem hefur þegar komið hér fram eru ástæður fyrir þeim kröfum sem gerðar eru í danska viðaukanum við framkvæmdastaðalinn, DS 2427, þar sem mesti leyfilegi hitastigsmismunur við hörðnun steinsteypu er hafður 15°C á milli meðalhitastigs steinsteypu sem er að harðna og yfirborðshitastigs. Í DS 2427 er 20°C hitastigsmismunur leyfilegur á milli hámarkshita steinsteypunnar og yfirborðshita,

ef hægt er að reikna með að hitadreifingin sé fleygbogi yfir þverskurðinum. Mæla skal hitastig yfirborðs á 10 mm dýpi. Á skýringarmynd 1 er hitastigsferlið í steinsteypuþverskurði, t.d. vegg, útskýrt og það hvernig spennan kemur fram.



Skýringarmynd 1:  
Hitadreifing í harðnandi  
steinsteypuþverskurði



Skýringarmynd 2:  
Teikning af vegg sem steypur er á  
steypu sökul sem fyrir er

# STEYPUVÖRN



*Margra ára reynsla um allan heim*  
*Algjörlega umhverfisvænt*  
*Norskt gæðaeefni*  
*Gæði og ending*  
*CE Vottun*  
*EN 1504-2*  
*System 2+*

**ENDINGAGÓÐ LAUSN** ...fyrir íslenskar aðstæður!

Suðurlandsbraut 32 - 108 Reykjavík - Sími: 660 2424 - [www.gsr.is](http://www.gsr.is) - [gsr@gsr.is](mailto:gsr@gsr.is)



Steinsteypuveggurinn er 20 m langur, 2 m hár og 0,15 m þykkur. Notuð eru 2 vírnet, 150 x 150 mm og Ø8 mm, sem samsvara 0,45% járnabindingu. Veggurinn er steypdur beint á sökkul sem er með 1,0 m x 0,60 m í þversniði.

Notuð er venjuleg veðurþolin steinsteypa með 370 kg Rapid-sementi á m<sup>3</sup> og 0,43 v/c-hlutfalli. Hitastig við niðurlagningu var 23°C. Uppslátturinn var úr 22 mm mótatimbri og með léttri plastábreiðu yfir nokkrum tímum eftir niðurlagningu og þar til slegið var frá sem í þessu tilfelli var eftir u.þ.b. 20 klst. Niðurlagningin var að sumri til með dagshita allt að 25°C og næturhita niður að 15°C. Hitinn í veggnum er áætlaður um 15°C.

Á skýringarmynd 3 er einföld hitastigseftirlíking af meðalhitastigi veggjarins, gerð í forritinu AP TempSim<sup>3</sup>. Á þverskurðinum má sjá hækku hita í allt að 45°C og kælingu niður í ca. 16°C næsta sólarhring.

Hitamismunurinn á milli tiltölulega þunns steinsteypuveggjarins og sökkulsins er því allt að 30°C sem er umtalsvert yfir þeim 15°C mörkum sem venjulega er mælt með. Kælingin upp á 25–30°C hefur stuðlað að aflögun sem er allt að þrisvar sinnum

meiri en þurrkrýrnunin sem búast má við að komi fram á jafn löngum tíma. Því er álitnið að sprungumyndunin sé tilkomin vegna hitaháðrar rýrnunar. Lengd veggjarins er vísbending um að e.t.v. hefði átt að koma fyrir þensluraufum til að taka við rýrnuninni. Þó er járnabindingshlutfallið nokkuð yfir því sem mælt er með fyrir t.d. steinsteypugólf.<sup>5</sup>

### Hvað er hægt að gera?

Í fyrrnefndu dæmi eru færð rök fyrir því að sprungur geti jafnvel myndast í tiltölulega þunnu steinsteypuþversniði og við það hitastig sem almennt er hægt að búast við í Danmörku.

Til að koma í veg fyrir eða lágmarka hættuna á sprungumyndun er annaðhvort hægt að draga úr áhrifum vegna hita og þurrks eða auka mótstöðu byggingarinnar gegn sprungumyndun. Einnig er hægt að velja báða kosti.

Eins og skýrt er frá hér er ekki hægt að bregðast mikið við þurrkrýrnun þar sem hún stýrist aðallega af vatnsinnihaldi steinsteypunnar. Því skal athyglinni einkum beint að lækku á hitastigi og hitamismun í steinsteypuþverskurðinum samanborið við grunninn:

### •Sement með lægri hitamyndun:

Notkun á sementi með minni hitamyndun, t.d. súlfatþolnu sementi frá Aalborg Portland í staðinn fyrir Rapid-sement, myndi draga úr og hægja á hitamyndun. Í fyrrgreindu dæmi myndi meðalhitinn minnka niður í u.þ.b. 36°C og þar með takmarka hitamismuninn á milli veggjar og grunns um 21°C. Það er þó sennilega ekki nóg til að koma alveg í veg fyrir sprungumyndun en hægt er að reikna með færri sprungum en í upphaflega dæminu.

### •Niðurlögn síðdegis:

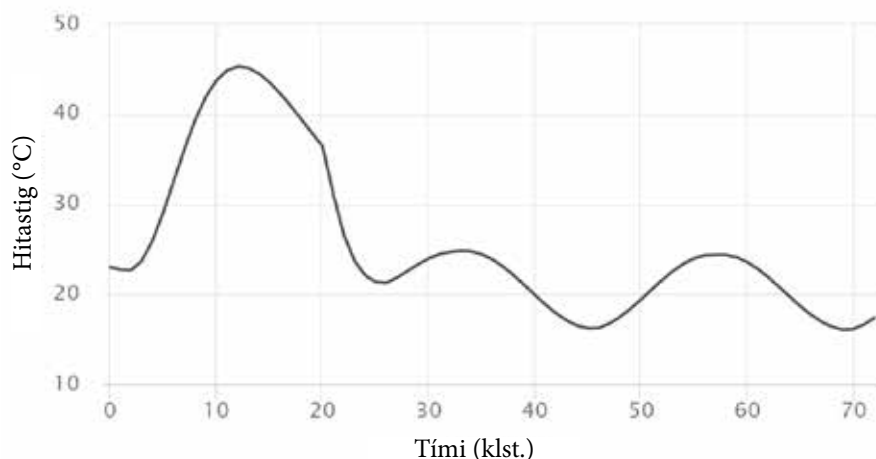
Ef niðurlögnin er færð til þess tíma dags þegar hitastigið er hagkvæmara er hægt að draga úr hitahækkun um allt að 5°C. Þetta er afleiðing af meira varmatapi til umhverfisins að nóttu til á því tímabili þegar steinsteypa hitnar mest.

### •Minna einangrandi steypumót:

Hægt er að velja steypumót sem einangra minna, t.d. úr stáli, þar sem hægt væri að draga úr hitahækkuninni í þessu tilviki um allt að 14°C. Þó er efni í steypumót oftast valið af öðrum ástæðum, t.d. aðgengileika, kostnaði eða útliti steypuflatarins.

Taka skal með í reikninginn að á kaldari árstíðum geta stálmót átt hlutdeild í miklum hitamismun á steinsteypuþverskurðinum.

Á skýringarmynd 4 er áætlað hitastigsferli sýnt fyrir blöndu af lágalkalí-súlfatþolnu sementi sem er lagt niður að kvöldi til (t.d. kl. 18.00) og notkun á stálmótum í staðinn fyrir trémót. Við það lækkar hitastigsferlið úr hinum upphaflegu u.þ.b. 45°C niður í u.þ.b. 26°C og hitamismunurinn við steinsteypusökkulinn er lækkaður úr u.þ.b. 30°C niður í u.þ.b. 11°C. Þar með er hitamismunurinn á milli nýsteypu og gamals steypusökkuls



Skýringarmynd 3: Dæmi um ferli meðalhitastigs í steinsteypuvegg

kominn á það stig að búið er að draga úr hættu á rýrnunarsprungum vegna kælingar að miklu leyti. Ef fyrrnefndar aðgerðir duga ekki til er hægt að íhuga að nota „virkari“ aðgerðir til að stýra steinsteypuhitanum.

•**Lækkun á steinsteypuhita við niðurlagningu:**

Ef hægt er að koma því við þá hefur lækkun á steinsteypuhita við niðurlagningu töluverð áhrif á hitahækkunina. Þetta er þó oft erfitt að útfæra í Danmörku þar sem áhrifaríkasta leiðin til að kæla steinsteypuna er að bleyta fylliefnin og láta þó kólna við uppgufun. Vegna mikils eðlisvarma vatns er líka nokkuð áhrifaríkt að nota kalt vatn. Oft er kranavatn kaldara en vinnsluvatn og því getur það haft áhrif að nota ekki vinnsluvatn í sumum tilvikum. Notkun á ís eða fljótandi köfnunarefni er möguleg en er sjaldséð á „venjulegum“ byggingarstöðum í Danmörku.

•**Virk kæling eða hitun á steinsteypuþversniðum:**

Að steypa kælrör inn í þverskurðinn getur lækkað hámarkshitastigið niður á viðunandi stig. Varmaþræðir sem settir eru í sökkulinn geta vegið upp á móti þessum mikla hitamismun á milli steinsteypuveggjar og sökuls þar til hitastig veggjarins er komið á það stig að munurinn hefur ekki í för með sér rýrnunarsprungur vegna kælingar.

**Samantekt**

Dæmið sem tekið er í þessari grein sýnir að það er ekki bara í tengslum við þykk steinsteypuþversnið sem hitamismunur getur valdið vandamálum í sambandi við sprungumyndun. Við eðlilegt hitastig í Danmörku er í ákveðnum tilvikum hætta á myndun á sprungum í tengslum við uppsteypu á veggjum sem geta þó talist frekar þunnir. Með svólítilli umhugsun og með því að beina athyglinni að smáatriðum

við uppsteypu er hægt að draga úr hættu á sprungumyndun umtalsvert og í flestum tilvikum komast alveg hjá henni.

Jacob Thrysoe  
tæknilegur ráðgjafi, M.Sc.  
Aalborg Portland A/S, Industri

Heimildir

<sup>1</sup>Christian F. Justesen, *Revner i beton, Beton-Teknik* 3-09-1981, Aalborg Portland A/S.

Hægt að nálgast á: [www.aalborgportland.dk](http://www.aalborgportland.dk).

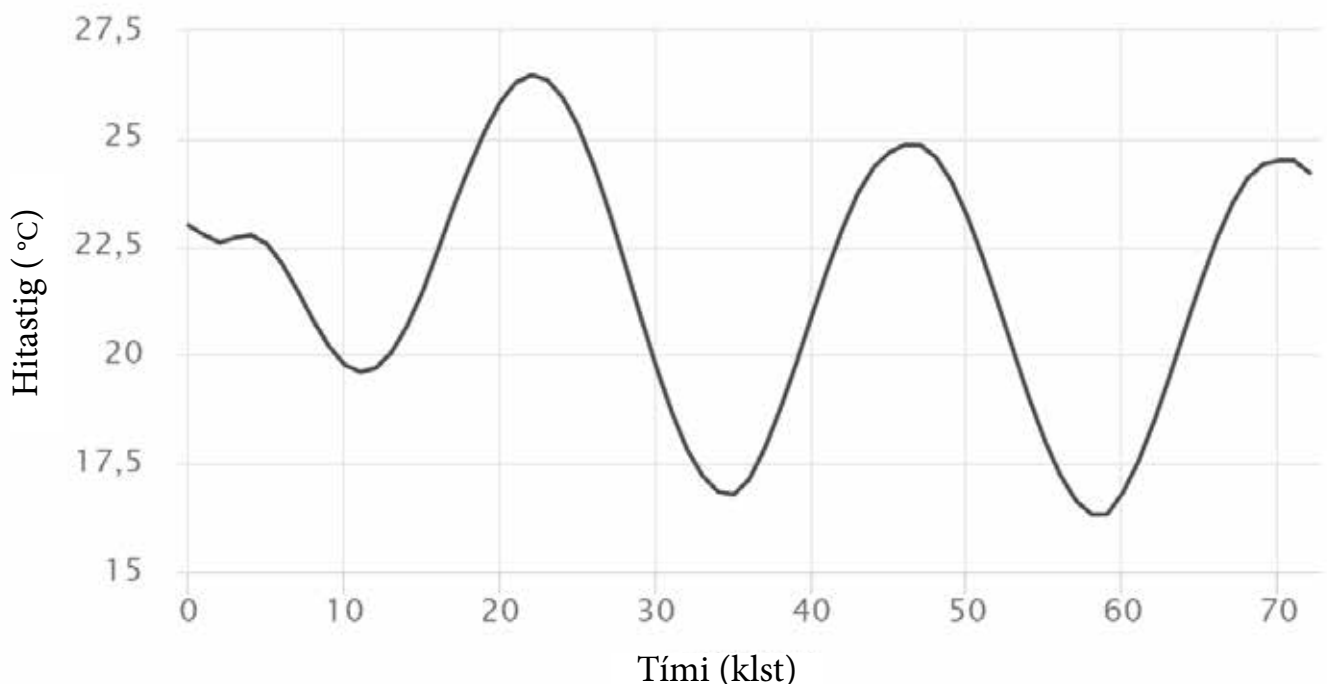
<sup>2</sup>Herholdt et. al., *Beton-Bogen*, 2. útgáfa 1985.

Aalborg Portland A/S. Hægt að nálgast á: [www.aalborgportland.dk](http://www.aalborgportland.dk).

<sup>3</sup>Jacob Thrysoe, *AP TempSim, Dansk Beton* nr. 2 2018, s. 44-47. Hægt að nálgast á: [www.danskbeton.dk](http://www.danskbeton.dk).

<sup>4</sup>Per Freiesleben Hansen, *Hærdeteknologi I - Portlandcement, BKF-Centralen og Aalborg Portland A/S*, 1978.

<sup>5</sup>Tommy B. Jacobsen et. al., *Gulvkonstruktioner af beton, Beton-Teknik* 6-17-1994, Aalborg Portland A/S. Hægt að nálgast á: [www.aalborgportland.dk](http://www.aalborgportland.dk).



Skýringarmynd 4 :  
Ferli meðalhitastigs í steinsteypuvegg með notkun á lágalkalí-súlfatþolnu sementi, „kvöldniðurlagningu“ og stálformi

## VEÐRUNARSTÖÐ MANNVITS

Mannvit hefur rekið veðrunarstöð en það er útisvæði til að fylgjast með langtímaáhrifum veðurs og vinda á ýmsum sýnum, vörum og búnaði til nota í mannvirkjáiðnaði. Veðrunarstöðin hefur nýst til að fylgjast með afdrifum sýna af þurrsteypu fyrir Landsvirkjun, skoða endingu á ólíku endurskini fyrir Vegagerðina og til samanburðar á endingu nokkurra málningarblanda fyrir málningarframleiðanda.

Umfangsmestar eru þó athuganir og mælingar á steypukubbum. Í þeim athugunum eru þenslumælingar á alkalíkubbum bornar saman við niðurstöður alkalímælinga úr stöðluðum prófunum á prófunarstofum. Þessir alkalíkubbar, sem hver um sig er 30 cm á kant samanber mynd 1, voru steiptir úr sömu blöndum og voru notaðar til að steypa sýni til mælinga samkvæmt aðferðum RILEM AAR-3 og AAR-4. Í þessum prófum eru notuð steypusýni en ekki múrblöndur. Sams konar tilraunir hafa verið í gangi í nokkrum öðrum löndum.

Veðrunarstöðin hefur verið rekin frá því fljótlega upp úr árinu 2000 þegar þurrsteypusýnum var komið fyrir í Öskjuhlíðinni nálægt hjá Veðurstofunni. Þar gafst jafnframt tækifæri til að skrá veðurskilyrði en það var lykilatriði í þeirri athugun sem þar fór fram. Árið 2007 var veðrunarstöðin síðan færð á þak rannsóknarstofu Mannvits að Grensásvegi 1. Fyrri hluta árs 2019 var veðrunarstöðin að endingu færð á Geitháls. Þar var hellulagt 100 m<sup>2</sup> plan sem staðsett er innan girðingar á athafnasvæði Landsnets og er veðrunarstöðin nú samstarfsverkefni Mannvits og Hornsteins. Norcem,

Björgun og BM Vallá styrktu gerð plansins með fjár- og efnisframlagi.

Í dag eru 40 alkalíkubbar á veðrunarstöðinni, sjá mynd 2. Flestir þeirra eru steiptir með íslensku steinefni en átta þeirra eru kubbar sem steiptir voru erlendis og eru hluti af stærra verkefni þar sem niðurstöður alkalíprófana eru bornar saman við þenslumælingar á alkalíkubbum við ólík veðurskilyrði. Veðrunarstöð Mannvits er opin öllum þeim sem áhuga hafa að skoða afdrif vöru sinna utandyra. Hægt er að hafa samband við rannsóknarstofu Mannvits til að fá nánari upplýsingar.

*Þorbjörg Hólmgeirsdóttir,  
jarðverkfræðingur og fagstjóri  
rannsóknarstofu Mannvits*



*Mynd 1: Sóley Unnur Einarsdóttir mælir þenslu í alkalíkubbum á þaki veðrunarstöðvar rannsóknarstöðvar Mannvits að Grensásvegi 1*



*Mynd 2: Børge J. Wigum á veðrunarstöðinni á Geithálsi sem er samstarfsverkefni Mannvits og Hornsteins*



# KOLTVÍSÝRINGUR FANGAÐUR HJÁ SEMENTSVERKSMIÐJU NORCEM Í BREVIK - STÓRT SKREF Í ÁTT AÐ KOLEFNISHLUTLAUSRI MANNVIRKJAGERÐ ÚR STEINSTEYPU



Föngunarstöð Norcem í Brevik (CCS) sem tekur til starfa í júní 2024, fangar 55 tonn CO<sub>2</sub> á klst og dregur úr heildarútbæstri um 400þús tonn CO<sub>2</sub> á ári.

## Langskip

Í desember 2020 samþykkti norska Stórþingið verkefnið „Langskip“ en því er ætlað að vera stefnumótandi hvað varðar föngun, flutning og varanlega geymslu koltvísýrings (CO<sub>2</sub>). Sementsverksmiðja Norcem í Brevik annast þann þátt verkefnisins sem snýr að fönguninni en hins vegar er flutningur með skipi út í forðastöð í Øygarden og þaðan áfram með leiðslu út að olíusvæðinu Aurora í Nordursjó, þar sem koltvísýringnum er dælt niður til varðveislu í jarðlögum, í höndum Northern Lights.

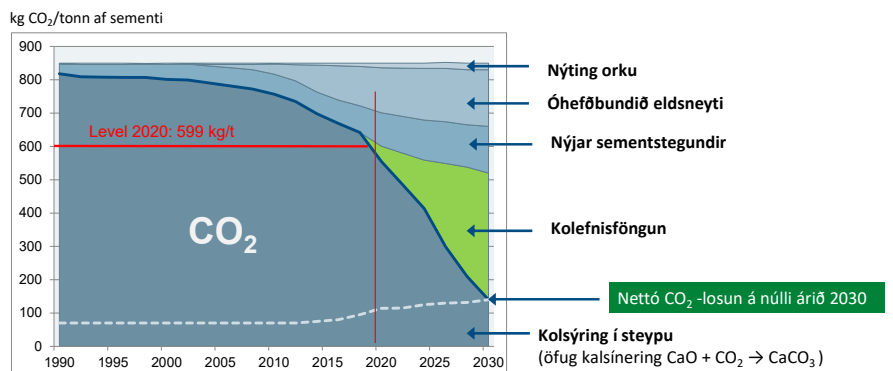
## Föngunarstöðin í Brevik

Við Norcem í Brevik verður reist föngunarstöð sem byggir á notkun köfnunarefnis. Áætlað er að stöðin verði fullbúin árið 2024 og að þá verði afkastageta hennar um 400 þúsund tonn CO<sub>2</sub> á ári, sem samsvarar u.þ.b. 50% af útblæstri verksmiðjunnar. Ástæðan fyrir því að þessi leið er farin er sú að það krefst mikillar orku að fanga koltvísýring og sjálft föngunarferlið byggir á því

að nýta varma og umframorku frá sementsframleiðslunni. Með þeirri orku sem til fellur ætti að vera hægt að fanga u.þ.b. 55 tonn CO<sub>2</sub> á klukkustund, sem samsvarar um 400 þúsund tonnum á ári.

## Hlutleysissýn Norcem

Norcem hefur að leiðarljósi „hlutleysissýn“ sem felur það í sér að öll steinsteypa sem framleidd er úr sementi frá Norcem skuli frá og með árinu 2030 vera kolefnishlutlaus, sé litið til alls líftíma þess mannvirkis sem um ræðir. Sjá graf 1 hér fyrir neðan.



Graf 1: Hlutleysissýn Norcem, staða og áætlun

Til að nálgast þetta markmið hefur verksmiðjan í Brevik unnið að því í mörg ár að draga úr losun koltvísýrings, bæði með notkun á óhefðbundnu eldsneyti og ýmsum íblöndunarefnum í framleiðsluna.

Eldsneyti orsakar u.þ.b. 40% af heildarlosuninni og með því að skipta út kolum fyrir óhefðbundið, lífrænt eldsneyti hefur verið hægt að draga verulega úr losun koltvísýrings. Í dag er staðan sú að u.þ.b. 80% af kolunum hefur verið skipt út fyrir óhefðbundið eldsneyti, en þar af er um helmingurinn lífrænn. Notkun óhefðbundins eldsneytis hefur dregið úr losun CO<sub>2</sub> sem nemur u.þ.b. 120 þúsund tonnum á ári.

Blönduð sement þar sem hluta sementsgjallsins er skipt út fyrir íblöndunarefni á borð við ösku frá kolakýntum raforkuverum eða malaðan úrgang frá málmbræðsluverum hafa orðið æ algengari á síðari árum. Norcem hefur verið leiðandi í þeirri þróun og hefur framleitt sement af þessu tagi allt frá því á 9. áratug síðustu aldar. Í dag er staðan þannig á norskum markaði að með notkun

íblöndunarefna í sementið hefur verksmiðjan í Brevik dregið úr losun CO<sub>2</sub> um ríflega 200 þúsund tonn á ári, samanborið við það ef einungis væri framleitt hreint Portland sement.

Stefna Norcem er sú að halda áfram að þróa notkun bæði óhefðbundins eldsneytis og íblöndunarefna í sement á næstu árum. Ráðgert er að sú vinna fari fram samhliða byggingu CO<sub>2</sub>-föngunarstöðvarinnar í Brevik.

### Áhrif á umhverfisspor sements

Ólíkar leiðir til að draga úr losun koltvísýrings hafa áhrif á umhverfisspor sements með þeim hætti sem sýnt er á grafi 2 hér fyrir neðan.

Rauða línán tákna þá losun sem ætti sér stað ef aðeins væri framleitt hreint Portland sement. Sá koltvísýringur sem losnar út í andrúmsloftið við framleiðslu sements verður að mestu leyti til við brennslu gjallsins sem er meginuppistaðan í sementinu. Um 60% losunarinnar verður þegar hráefnin breytast í gjall við háan hita, um 40% eru tilkomin vegna bruna á eldsneyti. Með notkun

óhefðbundins, lífræns eldsneytis hefur reynst unnt að draga úr losun koltvísýrings við framleiðslu á Norcem Standard FA sementi um ca. 10%. Með kolefnisföngun (CCS) er gert ráð fyrir að losunin verði allt að því helminguð, þannig að nettó losun verði nálægt 300 kg CO<sub>2</sub> á hvert tonn af Standard FA sementi.

### Áhrif á kolefnisfótspor steinsteypu

Í mörg ár hefur norskur steinsteypuþjálfari verið að þróa mælikvarða til að styðjast við þegar umhverfisspor tiltekinna steypuframkvæmda er ákvarðað. Þessu er lýst í riti Norskbetongforening nr. 37, Lavkarbonbetong, eða „Lágkolefnissteypa“. Þar eru skilgreindir fjórir losunarflokkar lágkolefnissteypu út frá því CO<sub>2</sub>-magni sem losnar út í andrúmsloftið fyrir hvern rúmmetra af framleiddri steinsteypu.

Lágkolefni B: Í þessum flokki er steypa sem flestir steypuframleiðendur ættu að geta framleitt samkvæmt uppskrift með tiltölulega einföldum tækjabúnaði. Á undanförunum árum hefur þróunin orðið sú að mest af þeirri steinsteypu sem fer á norskan

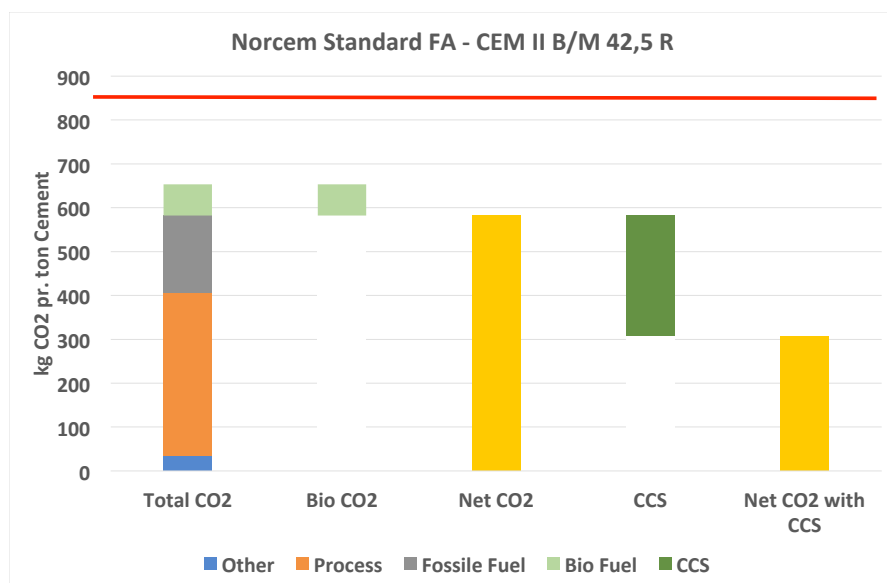
markað fellur í þennan flokk.

Lágkolefni A: Til að ná skilgreindum losunarmarkmiðum fyrir þennan flokk þurfa framleiðendur að fara eftir heldur flóknari uppskriftum við framleiðslu steypunnar og verður tækjabúnaður að vera í samræmi við það. Þetta getur til dæmis falið í sér íblöndun kolaösku eða kísilryks. Steypa úr þessum flokki er ekki fánleg alls staðar, þó svo að flestir framleiðendur ættu að geta boðið hana.

Lágkolefni plús og Lágkolefni „ekstrem“: Steypa í þessum flokkum er yfirleitt ekki fánleg á almennum markaði en hægt er að útbúa hana með því að gera viðeigandi ráðstafanir. Við framleiðslu eru notuð bindiefni sem ekki eru fánleg alls staðar og þá þarf að útvega þau sérstaklega í hverju tilfelli fyrir sig. Enn fremur hefur lágkolefnissteypa í þessum flokkum allt aðra notkunareiginlega en venjulegt getur talist og því þarf oft að gera sérstakar ráðstafanir við byggingaframkvæmdirnar eigi tilætlaður árangur að nást.

Á grafi 3 á næstu síðu sést hvernig venjuleg (Normal) steinsteypa annars vegar og lágkolefnissteypa (Lavkarbon A) hins vegar, fellur að ofangreindum losunarflokkum, sbr. rit NB nr. 37. Tölurnar eru frá framleiðendum í Austur- og Suður-Noregi sem nota Norcem Standard FA sement.

Með kolefnisföngun á eftir að draga það mikið úr losun CO<sub>2</sub> við framleiðslu venjulegs Standard FA sements í Brevik að hægt verður búa til „Lágkolefni plús“ steinsteypu án sérstakra ráðstafana. Framleiðendur ættu einnig að geta boðið upp á „Lágkolefni ekstrem“



Graf 2:

Helsta framleiðsluvara sementsverksmiðjunnar í Brevik er í dag Standard FA sement.

steypu samkvæmt uppskrift með tiltölulega einföldum ráðstöfunum og notkunareiginleikar þeirrar steypu ættu að verða innan þeirra marka sem venjulegt getur talist.

Samkvæmt þessum kolefnisföngun í Brevik gera það að verkum að steinsteypa sem byggingarefni verður umhverfisvænasta lausnin í allflestum byggingarframkvæmdum.

### Áhrif á verðþróun sements

Til að kolefnisföngun í Brevik verði að veruleika áttlar Norcem að fjárfesta fyrir hundruð milljóna norskra króna sem yrði þá eignarhluti okkar í Langskipsverkefninu.

Sementsiðnaðurinn í Evrópu er háður kvótakerfi Evrópusambandsins fyrir útblástur koltvísýrings (EU-ETS). Til að ná umhverfismarkmiðum sínum hefur sambandið þrengt að úthlutun fríkvóta til iðnaðarins og sú þróun mun væntanlega aðeins halda áfram á næstu árum. Við verðum að vera undir það búin að allur fríkvóti heyri sögunni til þegar kemur fram undir árið 2030. Af þessum sökum höfum við séð kvóta hækka gríðarlega í verði og búumst ekki við öðru en að



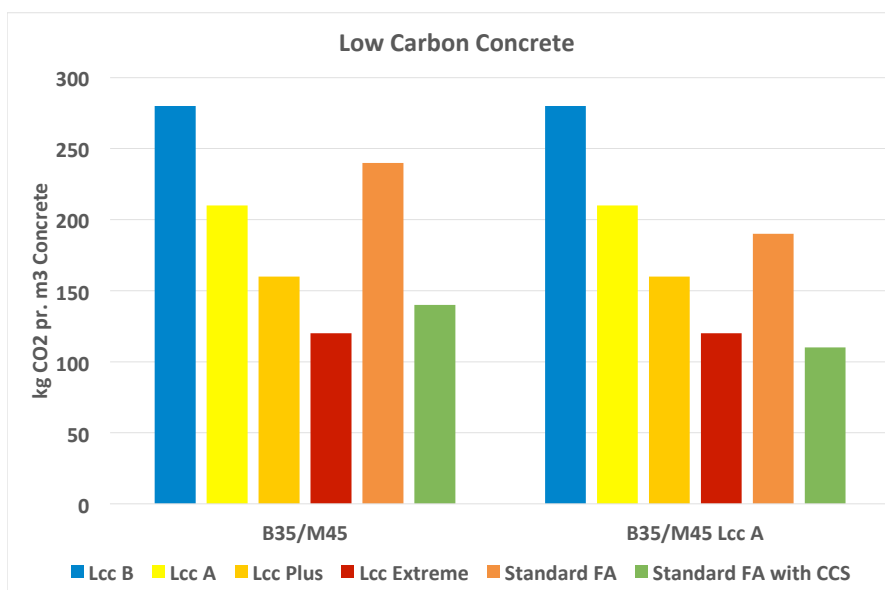
það haldi áfram. Afleiðingarnar fyrir Norcem sjást nú þegar í auknum kostnaði vegna losunar CO<sub>2</sub> og þar með hærri framleiðslukostnaði sements.

Með kolefnisföngun í Brevik ætlum við okkur að bregðast skjótt við og gera ráðstafanir til að draga úr útblæstri frá okkur og þar með lækka þann kostnað sem hlýst af losun CO<sub>2</sub> út í andrúmsloftið. Þetta verkefni okkar er það fyrsta innan sementsiðnaðarins og með þeirri þróunarvinnu sem það felur í sér verður til þekking sem með tíð og

tíma mun án efa nýtast til að lækka kostnað við kolefnisföngun almennt. Á einhverjum tímapunkti munu kostnaðarlínan vegna losunar CO<sub>2</sub> og kostnaðarlínan vegna föngunar CO<sub>2</sub> skarast og þá munu allflestir sementsframleiðendur í Evrópu verða farnir að fanga koltvísýring með einhverju móti. Við teljum að það að vera snemma á ferðinni muni borga sig til lengri tíma titið.

Á seinni árum hefur dregið úr framboði á hefðbundnum íblöndunarefnum í sement, t.d. er orðið erfiðara að fá bæði kolaösku og úrgang frá málmbræðsluverum. Þetta hefur einnig orðið til þess að hækka mjög framleiðslukostnaðinn hjá okkur.

*Kjell Skjeggerud,  
HeidelbergCement Northern Europe*



Graf 3

## BYGGJUM GRÆNNI FRAMTÍÐ

### Vegvísir að vistvænni mannvirkjagerð 2030

Í júní 2020 kynnti ríkisstjórnin uppfærða aðgerðaáætlun í loftslagsmálum 2020 til 2030. Aðgerð C.3 fjallar um loftslagsáhrif byggingariðnaðarins en á grundvelli hennar var stofnað til verkefnisins *Byggjum grænni framtíð* sem unnið er í samstarfi stjórnvalda og atvinnulífs.

Viðfangsefni samstarfsverkefnisins er þrjúþætt: 1) Meta losun íslenskra mannvirkja á viðmiðunarári, 2) setja markmið um að minnka þá losun til 2030 og 3) skilgreina aðgerðir svo þeim markmiðum verði náð. Niðurstöðurnar verða gefnar út fyrir lok árs 2021 í sérstöku riti sem mun bera heitið *Vegvísir að vistvænni mannvirkjagerð til ársins 2030*.

Verkefnahópur verkefnisins hóf formlega störf í september 2020 en hann er skipaður fulltrúum frá Grænni byggð, Samtökum iðnaðarins, Sambandi íslenskra sveitarfélaga, Umhverfisstofnun, Vegagerðinni og félagsmálaráðuneytinu. Verkefnastjórn er í höndum fulltrúa Húsnaðis- og mannvirkjastofnunar.

Sérstakur vinnuhópur undir stjórn Dr. Sigríðar Óskar Bjarnadóttur, dósentis við HÍ, tók að sér að meta losun mannvirkjagerðar á viðmiðunarári, svo unnt væri að setja fram markmið um samdrátt í losun. Að auki voru fimm aðrir vinnuhópar settir á fót á vegum verkefnisins, með það hlutverk að skilgreina aðgerðir til að ná þeim markmiðum. Hóparnir hafa horft til fimm ólíkra sviða í því sambandi, það

er byggingarefna, framkvæmdasvæða, notkunartíma mannvirkja, loka líftíma mannvirkja/hringrásarhagkerfisins auk skipulags og hönnunar.

Hátt í 200 sérfræðingar frá allri virðis kedju byggingariðnaðarins hafa tekið þátt í verkefninu ýmist í gegnum hópanna sex, á vinnustofum eða öðrum umræðum.

### Kolefnisspor steypu minnkað

Fyrstu niðurstöður benda til að steypan sé stærsti einstaki losunarvaldurinn í íslenski mannvirkjagerð. Ljóst er að hægt er að minnka kolefnisspor steypunnar annars vegar með því að minnka steypumagn í mannvirkjum með betri hönnun og þynnri veggjum án þess að styrk sé fórnast – og hins vegar með minna sementsmagni í

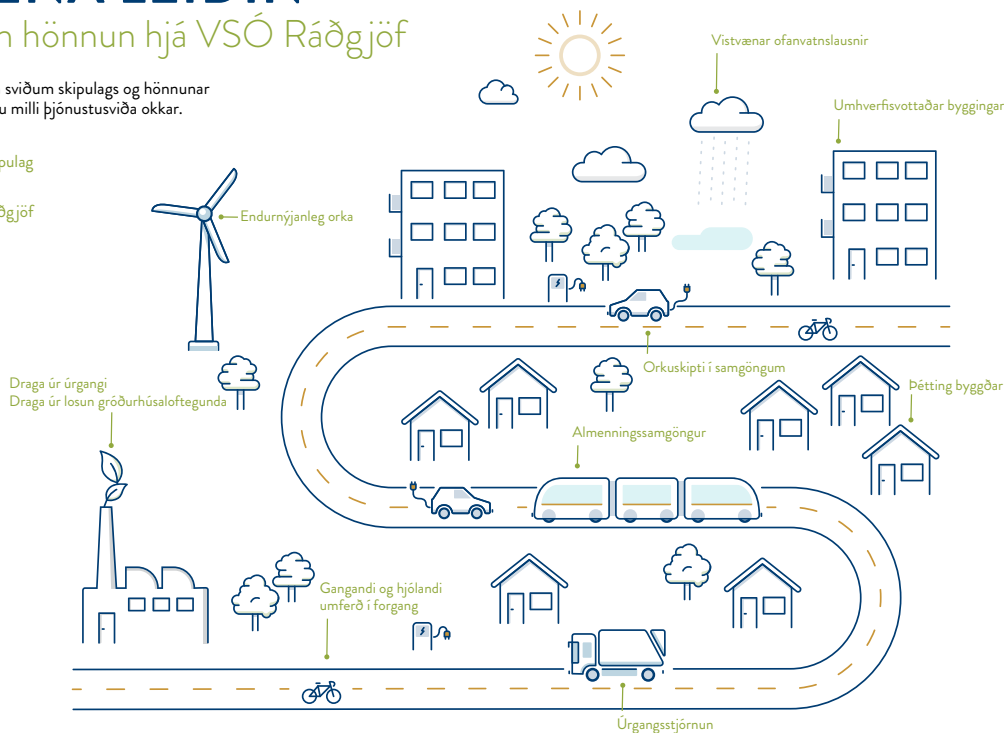
## GRÆNA LEIÐIN

### Vistvæn hönnun hjá VSÓ Ráðgjöf

Vinnum á öllum sviðum skipulags og hönnunar í þéttri samvinnu milli þjónustusviða okkar.

#### Samgöngur

Umhverfi og skipulag  
Byggðatækni  
Framkvæmdaráðgjöf  
Burðarþol  
Tæknikerfi



steypunni með því að nota annað bindiefni í stað sements.

Drög að aðgerðum samstarfsverkefnisins *Byggjum grænni framtíð* gera ráð fyrir að stuðlað verði að þeirri þróun meðal annars með endurskoðun á lágmarkskröfum í byggingarreglugerð um sement, steinefni og veðrunarþol en einnig með markvissara samtali ólíkra hagaðila um þróun og rannsóknir á loftslagsvænni steypu. Á sama tíma skiptir sköpum að stutt sé við slíkar rannsóknir, að hönnuðir gæti þess að ekki sé notuð meiri steypa í steinsteyp mannvirki en nauðsyn krefur, að steypuhlutar úr eldri mannvirkjum séu endurnýttir og að mannvirki séu hönnuð þannig að auðvelt sé að endurnýta steypuhluta eftir að líftíma mannvirkjanna lýkur. Þessar aðgerðir eru nefndar hér í dæmaskyni.

### Allir geta gert eitthvað, enginn getur gert allt

Mikill áhugi er fyrir verkefninu *Byggjum grænni framtíð* og spennandi gróska innan byggingariðnaðarins þegar kemur að grænum lausnum. Ef allir hagaðilar innan virðiskeðjunnar leggja sitt af mörkum til vistvænni mannvirkjagerðar ætti umbreytingin sem þarf að eiga sér stað að ganga hratt og vel fyrir sig.

Þau sem eru áhugasöm um vistvæna mannvirkjagerð eru hvött til að fylgjast með framvindu verkefnisins á vefsíðunni byggjumgrænniframtid.is.

*Þóra Margrét Þorgeirsdóttir  
teymisstóri hjá HMS, verkefnistjóri  
Byggjum grænni framtíð*



## Byggjum grænni framtíð

### Komum í veg fyrir myglu með Schöck Isokorb®.

#### BERANDI EINANGRANDI BAKKAR FYRIR SVALA TENGINGAR

Slíta kuldabré með Schöck Isokorb® við svalir og lágmarka kuldaleiðni. Með þessu aukum við yfirborðshita innanhúss sem kemur í veg fyrir myglumyndun.

[www.vlausnir.is](http://www.vlausnir.is)

 SCHÖCK



## SNJALLSTEYPA – GERVIGREIND Í STEYPU



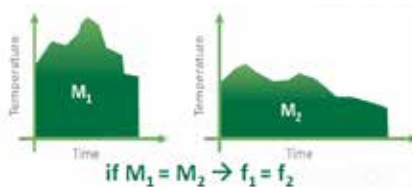
Steypustöðin kynnti á dögnum Snjallsteypu, byltingarkennda tækni í steypuvinnu í samstarfi við kanadíska tæknifyrirtækið Giatec. Yfir 300 þráðlausir skynjarar hafa verið notaðir í byggingaverkefnum á Íslandi á þessu ári og óhætt er að segja að Snjallsteypa sé byrjuð að hafa mikil áhrif á íslenskan byggingamarkað. Hægt er að draga úr sementsþörf og þar með kolefnisspori steypu með aðstoð gervigreindar sem Snjallsteypa notast við en u.þ.b. 8% af kolefnislosun á heimsvísu er rakin til sements.

Snjallsteypa getur stýtt verktíma og tryggir gæði. Fram til þessa hefur þurft að meta og áætla ástand steypu með höndunum sem getur orðið til þess að slegið er of snemma frá eða beðið lengur en þörf er á, sem hefur svo áhrif á gæði steypunnar og verktímann. Hér á landi eru miklar hitasveiflur í veðurfari og nákvæmar upplýsingar um ástand steypunnar sem skila sér í skilvirkari framkvæmd eru því mikilvægar.

### Jafngildisaðferð

Jafngildisaðferð er verklag sem gerir framkvæmdaraðila kleift að meta í rauntíma þrýstistyrk steypu sem lögð

hefur verið niður, án nokkurs brots eða annar eyðileggingar. Að nota jafngildisaðferðina á byggingarstað eyðir þörfinni fyrir önnur hefðbundin þrýstistyrkspróf og þar með sparast tími og fjármagn.



Í staðli ASTM C1074 er svohljóðandi skilgreining á jafngildi: “Tækni til að meta styrk á steypu sem er byggð á þeirri forsendu að þrýstistyrkur á ákveðinni steypu tegund muni alltaf þróast á sama hátt miðað við sömu jafngildi.”

Með öðrum orðum, jafngildi er gildi sem segir til um þróun á styrk steypu. Jafngildi fæst þegar hitastig og aldur steypu er mældur. Til að hægt sé að nýta þessa tækni þarf því að kvarða steypu tegundir áður en þær eru notaðar í verkefni. Markmið kvörðunarinnar er að ákvarða samhengið á milli jafngildis og styrks ákveðinnar steypu tegundar.

Jafngildisskynjari gerir framkvæmdaraðilum kleift að safna slíkum gögnum. Skynjararnir virka þannig að þeir mæla hitastig steypu og umreikna svo yfir í styrk með því að nota jafngildin sem fengust við kvörðun steypu tegundarinnar. Þessi aðferð kemur því í staðinn fyrir hefðbundin brotpróf. Þessir þráðlausu jafngildisskynjarar, eins og SmartRock, koma einnig í stað hitamæla með vírum. Auk þess er hægt að nota skynjarana með flestum snjalltækjum og því er engin þörf fyrir sérstakan skráningarbúnað sem getur verið mjög dýr.



Með Giatec SmartRock skynjurunum sem Steypustöðin hefur kynnt til sögunnar á íslenskum markaði, hefur hugmyndin um notkun jafngildisprófanna verið tekin einu skrefi lengra með því að bjóða notendum aðgang að sérstökum

hugbúnaði sem gefur notendum áætlaða þróun þrýstistyrks fram í tímann sem byggð er á staðbundinni veðurspá ásamt þeirri aðhlúun sem notuð er hverju sinni. Framkvæmdaraðilar geta með þessu skipulagt steypuáætlanir sínar mun nákvæmari hætti og þar með aukið afköst.



### Gervigreind notuð í steypu

Um allan heim hafa SmartRock skynjarar safnað saman feiknarlegu magni af gögnum og upplýsingum og hafa framleiðendur skynjarana nýtt sér þessar upplýsingar til að hanna og þróa ROXI AI sem er fyrsti gervigreindarhugbúnaðurinn sem notaður er í steypuframkvæmdum. Steypustöðin hefur notað þessa gervigreind til að fylgjast náið með frammistöðu einstakra steypuuppskrifta og með því tekist að koma í veg fyrir sóun á sementi og þar með minnkað kolefnisfótspor og aukið sjálfbærni steypunnar.

Gervigreind er hugbúnaður sem hugsar eins og manneskja og hefur hæfileikann til að læra og þróa á þess að vera sérstaklega forrituð til þess.

### Flýttir fyrir framkvæmdum

Tæknin á bak við Snjallnemana, þar sem unnið er með rauntímaupplýsingar og forspá gervigreindarinnar, gefur steypuframleiðendum tækifæri til að aðlaga þörfina á magni sements til þess að ná þrýstistyrk með mun nákvæmari hætti en áður. Þetta leiðir til meiri gæða, betri nýtingar tíma, hagstæðara verðs og dregur talsvert úr kolefnisspori steypunnar fyrir viðskiptavinum Steypustöðvarinnar.



Margir verktakar á Íslandi hafi þegar nýtt sér þessa nýju tækni í margs konar ólík verkefni, meðal annars við Hringbrautarverkefni Landspítalans. Í svo stórum verkefnum er afar mikilvægt að geta unnið út frá nákvæmum gögnum. Það sparar kostnað við prófanir sem annars þyrfti að gera og hægt er að gera nákvæmari tímaáætlanir þar sem gervigreindin áætla styrk steypunnar fram í tímann út frá gögnum sem berast frá mælunum.

### Umhverfissvæn áhrif

Byltingin felst þó ekki einungis í því að geta notað gögnin í steypuvinnslu og nýtt reynslu af milljónum uppsteypuverkefna um allan heim. Með hjálp gervigreindarinnar næst meiri nákvæmni í blöndun steypunnar. Það þýðir að ekki fer meira sement í steypuna en þarf, en 8% allra gróðurhúsalofttegunda tengjast sementsvinnslu.

Sement er ekki bara dýrasta hráefnið í steypublöndunni heldur einnig það sem hefur hvað mest áhrif á kolefnissporið. Væri Snjallsteypa notuð í framkvæmdir um allan heim gæti það sparað kolefnisspor sem samsvarar því að taka um 110 milljónir bíla úr umferð.



### Helstu kostir Snjallsteypu

Auðveldara að tímasetja:

- Hvenær hægt er að slá frá
- Hvenær má spenna eftirspennit burðavirki
- Hvenær steypa er tilbúin fyrir sögun
- Skilvirkari aðhlúun
- Stýring á hitamyndun í massasteypu, virkjunum og til að koma í veg fyrir sprungumyndun.

*Nánari upplýsingar um Snjallsteypuna má finna á [www.steypustodin.is](http://www.steypustodin.is)*



## GRÆNÞVOTTUR LEYSIR EKKI VANDANN

Fjöl margar krefjandi áskoranir eru framundan í loftlagsmálum. Þeirra á meðal er hvernig við getum lækkað kolefnisspor rótgróinna og umfangsmikilla iðngreina. Losun þessara greina er gjarnan tengd losun við efnahvarf, svo sem í sements- og áliðnaði, en ekki aðeins vegna notkunar jarðefnaeldsneytis. Kolefnisspor þeirra verður því ekki aðeins leyst með orkuskiptum og umfang losunar þeirra er slíkt að þær verða heldur ekki kolefnisjafnaðar með mótvægisadgerðum á borð við skógrækt eða endurheimt votlendis. Því er nauðsynlegt að ráðast að rót vandans og minnka losun í framleiðsluferlinu. Vandinn verður ekki leystur með grænþvotti.

Það er mikilvægt að skoða kolefnisspor byggingariðnaðar hér á landi í þessu ljósi. Kolefnisspor byggingarefna er þar hátt, eða nærri helmingur heildarlosunar viðmiðunarhúss samkvæmt samantekt RB og Eflu sem sjá má á meðfylgjandi mynd. Hluttur steinsteypunnar er þar talsverður eða nærri 2/3 hlutar kolefnisspors byggingarefna. Þar er horft til alls kolefnisspors steinsteypunnar þó svo vissulega eigi stór hluti þeirrar

losunar sér stað utan loftlagsbókhalds Íslands við framleiðslu sements. Sem neytendur vörunnar berum við hins vegar einnig ábyrgð á þeirri losun.

### Við stefnum á núllið

Með hliðsjón af þessu hefur BM Vallá, dótturfélag Hornsteins, markað sér þá stefnu að ná kolefnishlutleysi í framleiðslu sinni eigi síðar en árið 2030. Það er metnaðarfullt markmið og ljóst að við þurfum að halda þar vel á spilunum ef við eigum að ná settu markmiði. Við erum líka heiðarleg með það að leiðina þekkjum við ekki á enda. Í dag höfum við kortlagt um 70% af þeim adgerðum sem nauðsynlegar eru. Engu að síður töldum við betra að leggja af stað með metnaðarfull markmið í þeirri trú að okkur takist að finna lausnir á því sem upp á vantar.

Þessu markmiði hyggjumst við ná með þremur megin adgerðum. Yfirlit yfir áhrif hvorrar fyrir sig má einnig sjá á meðfylgjandi mynd 2.

### Orkuskipti og bæt orkunýting

Við stefnum að því að skipta út jarðefnaeldsneyti í öllum okkar

framleiðsluferlum, þar sem því verður við komið og einnig að bæta orkunýtingu. Þar er horft til orkuskipta í þungaflutningum en ekki síður orkuskipta og orkunýtingar á framleiðslustigi sements. Okkar helsti sementsbirgi, Norcem, hefur þar þegar sett sér mjög metnaðarfull markmið.

### Föngun og binding koldíoxíðs

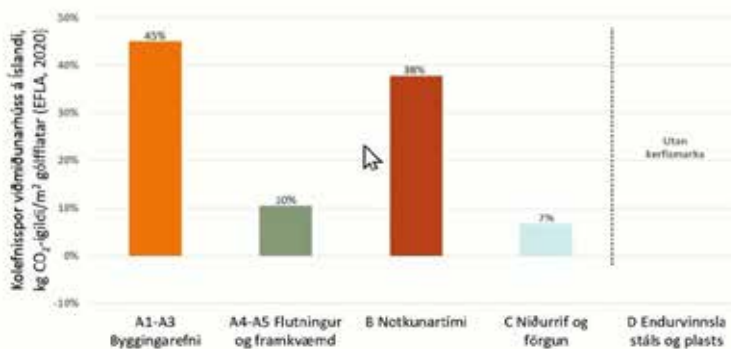
Norcem hefur þegar ráðist í eitt stærsta föngunar- og niðurdælingarverkefni í Norður-Evrópu, sem unnið er í samstarfi við norsk stjórnvöld. Gert er ráð fyrir að fanga um helming losunar frá sementsverksmiðju félagsins að lágmarki og dæla niður í fullnýttar olíulindir í Norðursjó. Með þessum hætti lækkar kolefnisspor sements frá Norcem verulega þegar árið 2025 samkvæmt núverandi áætlun.

### Nýjar sementstegundir

Við ráðgerðum að skipta yfir í sementstegundir með lægra kolefnisspor. Þegar er í boði sement með um liðlega 20% lægra kolefnisspor en hreint portlandssement fyrir íslenskan markað, svokallað Standard FA sement. Þar er flugösku blandað saman við sementsgjallið í mölun sementsins til að lækka kolefnissportið. Í samstarfi við Heidelberg Cement, móðurfyrirtæki Norcem, vinnum við jafnframt að skoðun á notkun í möluðu íslensku móbergi í stað flugösku í sama tilgangi. Á einu ári höfum við þegar náð að lækka kolefnisspor okkar vegna sementsnotkunar um 5% með þessum hætti.

Að auki er steinsteypa þeim eiginleika gædd að binda koltvísýring. Steinsteypa bindur þannig á líftíma sínum allt að 15% af þeirri losun sem fellur til í framleiðslu sements.

### Kolefnisspor yfir allan vistferil viðmiðunarhúss



Mynd 1: Kolefnisspor yfir allan vistferil viðmiðunarhúss





Mynd 2: Kolefnishlutleysi árið 2030

Þá er mikilvægt að draga úr sóun í framleiðsluferli steinsteypunnar og leita leiða til að nýta hana sem hluta af hringrásarhagkerfinu.

**Steinsteypa er hluti af lausninni**  
Steinsteypa er eitt helsta byggingarefnið hér á landi enda má segja að steypa sé okkar náttúrulega efni, enda kemur

um 85% af massa steypunnar úr innlendum hráefnum. Steypa hentar líka vel fyrir íslenskar byggingar. Álg vegna óblíðrar náttúru er hér mikið, hvort sem horft er til veðrunar eða jarðhræringa. Steinsteypa hefur staðist harðar kröfur íslenskrar náttúru vel. Það er hins vegar alveg ljóst að ef við tökum ekki á háu kolefnisspori steypunnar er hætt við að innfluttar lausnir verði þar ofan á. Við höfum hins vegar fullan hug á því að vera hluti af lausninni og tryggja þannig framtíðarsess steinsteypu sem íslensks byggingarefnis.

*Þorsteinn Viglundsson,  
forstjóri Hornsteins*

# Árangur í verki



Mannvit er þekkingarfyrirtæki á alþjóðamarkaði á sviðum orku, iðnaðar og mannvirkja. Mannvit rekur stærstu einkareknu rannsóknarstofu landsins fyrir mannvirkjagerð, ásamt því að eiga færanlega rannsóknarstofu sem hægt er að setja upp tímabundið á verkstað. Sérfræðingar okkar framkvæma allar helstu prófanir, rannsóknir og greiningar ásamt aðstoð við framleiðslu- og framkvæmdaefirlit.



**MANNVIT**

## KEFLAVÍKURFLUGVÖLLUR: SPENNANDI VETTVANGUR UPPBYGGINGAR OG TÆKNIÞRÓUNAR

### Inngangur

Framundan er nýtt uppbyggingar- og framfaraskeið í sögu Keflavíkurflugvallar. Fyrri áætlanir höfðu tafist vegna Covid-19-faraldursins en tíminn var nýttur til að endurmeta stöðuna. Keflavíkurflugvöllur er meðal mikilvægustu innviða landsins, bæði í hagrænu og menningarlegu tilliti. Lega landsins skapar mikla möguleika í alþjóðaflugi og er það markmið Isavia að Keflavíkurflugvöllur verði áfram ein helsta miðstöð flugs um Norður-Atlantshaf. Mikil fjölgun farþega hefur reynt á innviði Keflavíkurflugvallar og því var fyrirséð áður en heimsfaraldurinn skall á að stíga þyrfti stór skref á næstu árum til að völlurinn héldi samkeppnisstöðu sinni. Stjórn Isavia samþykkti á árinu nýja uppbyggingaráætlun og framkvæmdir við viðbyggingu Flugstöðvar Leifs Eiríkssonar gátu hafist.

### Flugstöð Leifs Eiríkssonar

Flugstöð Leifs Eiríkssonar markaði tímamót í samgöngusögu landsins. Hún var tekin í notkun 1986 og hefur síðan verið ráðist í stækkanir og nýbyggingar í mörgum áföngum jafnhliða stórauðinni flugumferð og fjölgun ferðafólks. Í heild hefur Flugstöð Leifs Eiríkssonar stækkað meira en þrefalt frá árinu 1987, munaði þar mest um suðurbygginguna sem tengd er aðalbyggingunni með landgangi. Nú verður hafist handa við að stækka flugstöðina til austurs og tengja síðan saman aðalbyggingu og suðurbyggingu með stærri landgangi og rýmra þjónustusvæði. Þessu fylgja fjölgun landgöngubrua og endurbætur á akstursbrautum og stæðum.



*Austurbygging*



*Stæði 10 / Suðurbygging*

### Austurbygging

Í byrjun sumars 2021 hófust framkvæmdir við nýja 20 þúsund fermetra viðbyggingu við flugstöðina, sem felur í sér nærri 30% stækkun til austurs. Jarðvinnu á að ljúka í haust og er uppgröftur áætlaður um 65.000 rúmmetra. Framkvæmdir við burðarvirki og ytra byrði hefjast svo í kjölfarið en nota þarf 9.000 rúmmetra af steypu og 1.700 tonn af stáli. Nýja byggingin verður á þremur hæðum, auk kjallara með 5 metra lofthæð sem hýsa mun ný komufarangerskerfi en er einnig hannaður með framtíðar stækkun brotfararfarangerskerfa í huga. Markmið með stækkuninni er að bæta þjónustu við farþega og starfsumhverfi

flugvallarins. Fyrsti áfangi þessarar nýju austurbyggingar felur í sér uppsetningu nýs og afkastamikils farangursmóttökukerfis á jarðhæð sem tilbúið verður árið 2022. Komusalur farþega verður mun rýmri og fríhöfnin stækkar. Á annarri hæð verður til nýtt verslunar- og þjónusturými og biðsvæði farþega stækkar umtalsvert. Austurbyggingin verður að fullu tekin í notkun 2024 og er mikilvægur liður í uppbyggingaráætlun Keflavíkurflugvallar.

### Stæði 10 / Suðurbygging

Viðbygging á tveimur hæðum án kjallara verður byggð við suðurbyggingu flugstöðvarinnar (Stæði 10). Þar verður bætt aðstaða

farþega við brottfararhlið í austurenda suðurbyggingarinnar. Byggingin er um 1.900 fermetrar með tæknirými og loftræsingu á þaki. Hluti af verkefninu er uppsetning nýrrar landgöngubrúar og mun þar bætast við eitt stæði tengt við bygginguna en áður þurftu farþegar að ganga inn í flugvélina um stigabíl á flughlaðinu. Breyta þarf akstursleiðum flugvéla með aðgerðum á vellinum. Verkefnið er á seinni stigum hönnunar og verður framkvæmdin boðin út snemma árs 2022. Reiknað er með að hægt verði að taka hluta af byggingunni í notkun fyrir sumarið 2023.

### Stæði 6 / Landamærarými

Vegna innleiðingar Evrópureglugerðar voríð 2022 þarf að gera breytingar á komu- og brottfararkerfi flugstöðvarinnar. Einnar hæðar viðbygging verður reist við suðurenda flugstöðvarinnar til að uppfylla þessar kröfur (Stæði 6). Skrá þarf með nýjum hætti ferðir farþega til og frá landinu, halda utan um upplýsingar um synjanir um komu ríkisborgara frá löndum utan Schengen-svæðisins og ákveða skilyrði fyrir afgreiðslu í gegnum komu- og brottfararkerfið út frá sjónarmiðum löggæslu. Þetta miðlæga kerfi heldur utan um komur, brottfarir og dvalartíma íbúa utan Schengen-svæðisins og þarf ekki lengur að stimpla vegabréf. Öllum skráningum þurfa að fylgja fingraför og mynd.

Markmiðið er að auka gæði og bæta landamæraeftirlit. Þessi viðbygging, sem reist verður næsta vetur, er þó aðeins til bráðabirgða. Hún verður síðar tekin niður og nýtt annars staðar þegar núverandi aðalbygging flugstöðvarinnar verður stækkuð í næsta áfanga.

Byggingin er um 1700 fermetrar verður sett saman úr stálgrind og yleiningum sem reistar verða ofan á

flughlaðið. Framkvæmdir eru þegar hafnar og stefnt er að því að ljúka þeim seinni part árs 2022.

### Næstu verkefni

Annar fyrirhugaður stóráfangi í uppbyggingu Flugstöðvar verður stækkun tengingar milli norður- og suðurbyggingar. Núverandi landgangur verður breikkaður. Með nýju og björtu miðjurými skapast betri tenging milli álma flugstöðvarinnar, aðstaða komufarþega batnar með vegabréfaskoðun, nýrri fríhöfn og meira þjónusturými. Forhönnun er hafin og fyrirhugað er að hefja framkvæmdir 2023.

### Keflavíkurflugvöllur

Keflavíkurflugvöllur var lagður af Bandaríkjaher í síðari heimstyrjaöld og tekinn í notkun 23. mars 1943. Síðan þá hefur flugvöllurinn tekið miklum breytingum. Á síðustu árum hafa farið fram umfangsmiklar framkvæmdir, s.s. með nýju rafdreifikerfi, ljósakerfi flugbrauta og nýjum aðflugsljósum. Stórar viðhaldsframkvæmdir hafa farið fram á flug- og akbrautum og að auki hafa verið steypt ný fjarstæði og komið upp byrðingarstöðvum til að auka þjónustustig við farþega.

Síðustu ár hefur farið fram mikil vinna við þróunaráætlun flugvallarins til framtíðar þar sem megin markmiðið er að auka afköst og bæta þjónustustig við notendur. Þar má nefna nýjar akbrautir, hraðakstursbrautir af flugbrautum og afísingarstæði, svo eitthvað sé nefnt.

Einnig er í undirbúningi endurnýjun akbrautarljósa, aðflugsljósa og endurnýjun slitlags á akbrautum og flughlöðum er hafin.

### Mike og ný hraðakstursbraut

Fyrsta verkefni í uppbyggingu flugvallarkerfisins er ný 1.200 metra löng og 23 metra breið akbraut ásamt hraðakstursbraut út af flugbraut 10. Nýja akbrautin, Mike, er samsíða núverandi akbraut Echo og mun auðvelda allt umferðarflæði til og frá flugbraut 01/19. Í akbrautinni verða miðlínuljós og stöðvunarslár.

Áætlað heildarmagn malbiks eru 70.000m<sup>2</sup>. Hraðakstursbrautin mun auka þjónustustig við notendur með því að stytta tímenn sem tekur flugvélar að aka frá flugbraut að flugstöð.



Stæði 6 / Landamærarými

**Samsíða Nóvember og afsingarstæð**

Hluti af þróunaráætlun Keflavíkurflugvallar er gerð afsingarstæðis, en markmiðið með því er að auka afköst við afsingar flugvéla og bæta umhverfisstjórnun í kringum afsingarvökvann. Til að tryggja flæði flugvéla frá flugstöð, að afsingarsvæði og í flugtak á flugbraut er áætlað að leggja nýja akbraut samsíða þeirri sem heitir Nóvember. Verkefni er á fyrstu stigum og er áætlað að hönnun fari af stað 2022.

**Viðhaldsverkefni**

Á Keflavíkurflugvelli eru rúmlega 1,5 milljónir fermetra af malbikuðu og steiptum mannvirkjum ætluðum fyrir flugvélar og tæki sem þjónusta þær. Þá er ekki talið með bílastæði og þjónustuvegir sem liggja utan flugvallargirðingar. Uppsöfnuð viðhaldsþörf er töluverð og ljóst að mikið af malbiksfræsi og steypubroti við viðhaldsframkvæmdir fellur til á næstu árum. Isavia hefur því hafið skoðun á því hvernig nýta megi aftur

malbiksfræsi í framkvæmdum á flugvöllinum. Slík nýting á efninu yrði þar með hluti af hringrásarhagkerfinu. Í sumari var lagður tilraunakaffi með kaldblönduðu malbiki úr endurunnu malbiki og stefnt að því að halda slíkum prófunum áfram til að finna hentugustu lausn fyrir starfsemi flugvallarins. Einnig er verið að skoða möguleikana á því að safna fræsinu saman innan flugvallarsvæðis til að lágmarka akstur og minnka vistsporið. Keflavíkurflugvöllur er flókið og spennandi fyrirbæri þar sem ævinlega þarf að leita hagkvæmstu og bestu lausna í viðhaldi og nýframkvæmdum. Þá reynir auðvitað ekki síst á verkfræðilega þekkingu, útsjónarsemi og hugkvæmni. Mikið vaxtarskeið og uppbygging er framundan, með fjölmörgum spennandi verkefnum, bæði er varðar rekstur og framkvæmdir.

*Jón Kolbein Guðjónsson og Ingunn Loftsdóttir, ISAVIA*



Viðhaldsverkefni



Hluti af  
góðu ferðalagi

isavia.is



ISAVIA

## HÚS LANDSBANKANS VIÐ AUSTURHÖFN

Landsbankinn var stofnaður árið 1885 og er því elsti banki landsins og hann er jafnframt sá stærsti. Núverandi höfuðstöðvar bankans eru í 12 byggingum í miðbæ Reykjavíkur. Núverandi húsakostur er ekki hagkvæmur og það sem einkennir hann eru langar leiðir milli mismunandi deilda og sviða bankans. Það hefur lengi legið fyrir að úrbóta væri þörf varðandi húsnæðismál bankans og árið 2018 var efnt til forvals um þáttöku í arkitektasamkeppni um hönnun nýrrar byggingar fyrir bankann á lóð á austurhöfn, milli Hörpu og Hafnartorgs. Sex teymi arkitekta voru valin til þáttöku í samkeppninni. Snemma árs 2019 var tilkynnt að Arkþing-Nordic í samvinnu við C.F. Møller væru höfundar þeirrar tillögu sem valin hafði verið til útfærslu. Vinnuheiti tillögunnar var „Kletturinn“. Í kjölfarið verkfræðihönnun boðin út og Efla varð fyrir valinu til að sjá um alla verkfræðihönnun.

### Meginhugmyndir hönnunarinnar

Eitt af meginmarkmiðum arkitektanna var að brjóta niður byggingamassan til minnka mælikvarða byggingarinnar. Það þótti mikilvægt að Harpa fengi að eiga sviðið sem megin kennileiti borgarinnar en um leið var lagt upp með að bankabyggingin yrði sjálfstætt kennileiti. Lögð var mikil áhersla á að byggingin yrði ekki einungis lokaður heimur fyrir starfsfólk bankans heldur myndi hún einnig gefa af sér til borgarlífsins. Jarðhæð byggingarinnar verður að mestu með verslunar- og þjónusturýmum auk þess sem innri göngugata liggur í gegnum bygginguna og gerir fólki kleyft að stytte sér leið í gegnum húsið. Til Norðurs að Reykjatorgi við Hörpu eru stórar settröppur á húsinu ásamt útsýnisfalli. Með þessu móti rennur



Þrívíddarmynd sem sýnir ásýnd frá austri



Þrívíddarmynd sem sýnir ásýnd frá Reykjastræti sem er ný göngugata sem tengir miðbæinn við Austurbakkann

húsið saman við almenningsrýmið við Hörpu.

### Vísanir í íslenskt klettalandslag

Í arkitektúr hússins er mikið unnið með vísanir í íslenskt klettalandslag. Þetta á bæði við form, efnisnotkun og rýmismyndun. Húsið er brotið upp í fjóra meginhluta sem standa eins og klettur í hafinu en stór tjörn er austan við húsið sem gengur alveg að

útveggjum þess. Að utan verður húsið klætt stuðlabergi.

Innan í húsinu er unnið með opin miðrými með stórum þakgluggum yfir sem veita birtu niður í gegnum húsið og opna fyrir sjónræn tengsl milli hæða. Miðrými bankans er nefnt „gjótan“ og unnið er með vísanir í gjótur í íslenskri náttúru með meðhöndlun steypu sem snýr að miðrýminu. Steypan er

ýmist staðsteypt mynstursteypa eða í formi forsteyptra eininga og að hluta til eru plötukantar að miðrými með steypum gróðurkerjum.

**Steypa er órofa hluti arkitektúrsins** Sjónsteypa fær víða að njóta sín í húsinu. Útveggir er klæddir að utan en að innan fær ómeðhöndluð steypa að njóta sín. Einnig fær steypa að njóta sín í öllum súlum í húsinu auk þess sem margir innveggir eru með sjónsteypu. Unnið var með steypuna á fjölbreyttan hátt, ýmist með sléttum flekamótum eða mynstursteypu þar sem mynstrið var byggt innan í mótin úr krossvið.

Um 13.000 m<sup>3</sup> af steypu fóru í staðsteypt burðarvirki byggingarinnar. Þar að auki eru holplötur, forsteyptir stigar, forsteypt stigaprep og steypa til skrauts. Það er því ljóst að steypa er í aðalhlutverki í þessu húsi. Hún er órjúfanlegur hluti af arkitektúr byggingarinnar ásamt því að vernda hana gegn vatni og vindum.

### Vatnsvörn

Það er kjallari undir allri byggingunni og að hluta til tveggja hæða. Þar sem byggingin stendur nálægt sjó gætir sjávarfalla þarna og liggur vatn að kjallaraveggjum. Steypa gegnir lykilhlutverki í að halda vatninu úti og að halda byggingunni niðri. Tveggja hæða kjallarinn er festur niður með bergboltum en að öðru leyti er það þyngd byggingarinnar og þykrar botnplötu sem halda henni niðri. Útveggir og botnplötur eru hönnuð með vatnspéttri steypu. Það er gert bæði með járnendingunni og steypublöndunni. Steypublandan í vatnsheldu steypunni inniheldur aukið magn af flugösku og kísilryki á kostnað sements til þess að minnka sprungumyndun og um leið lækka kolefnisspor mannvirkisins.

Þar sem kjallarar byggingarinnar tengjast við aðliggjandi kjallara þurfti að beita ýmsum lausnum til að tryggja vatnspéttleika milli bygginganna. Bygging Landsbankans er sú síðasta á reitnum þannig að ýmist var steyp t við aðliggjandi mannvirki með tengjárnnum og/eða með innsteyptum þéttiborðum sem voru skildir eftir í aðliggjandi húsum. Hönnun á þéttingum þurfti því að taka mið af byggingum sem voru þegar komnar eða voru í byggingu.

### Burðarvirki

Burðarvirki byggingarinnar er að jafnaði úr slakbentum staðsteyptum plötum bornar uppi af súlum og stífað af með steypum kjörnum. Húsið er mjög óreglulegt og voru ýmsar áskoranir í steypuhönnuninni. Húsið liggur að hluta til ofan á bílakjallara Hörpu sem setti burðarvirkinu á því svæði ákveðnar skorður. Bílakjallari undir húsi, tenging við aðliggjandi byggingar, fjölbreytt notkun rýma, óregluleg form og arkitektúr valda því



Þrívíddarmynd sem sýnir móttökusvæði bankans



Miðrými bankans, „gjótan“  
Blanda af staðsteypu og forsteyptum einingum fær að njóta sín í rýminu

að margar lausnir urðu fyrir valinu varðandi útfærslur á burðarvirkjum. Á útisvæðum ofan á bílkjallara og svæði næst Hörpu var notast við holplötur á staðsteypum bitum. Eftirspenntar plötur og bitar voru notaðar á skrifstofuhæðunum til þess að stífa plötur með löng höf eða útkrög. Eftirspenntir bitar eru í þökum til þess að bera uppi þakglugga sem setja svip á bygginguna. Þakplata yfir miðrými með fimmhyrnum þakgluggum er borin af útkragandi eftirspenntum bitum ýmist með eintauga eða fjöltaugaköplum. Á nokkrum stöðum í húsinu eru brýr, sem eru ýmist samverkandi stálbitar með steyptri plötu eða stálgrindarbrýr með steyptri gólfplötu til þyngingar vegna titringsmála.

Það voru áskoranir í steypuhönnun við það að byggja upp við og tengjast aðliggjandi byggingum. Þurfti meðal annars að taka niður bráðabirgðasúlu í kjallara Hörpu og bera hluta af plötunum þar með nýjum bita. Grunda þurfti súlur sem

standa upp við Reykjastræti á því svæði þar sem Reykjastrætiskjallarinn stendur á fyllingu. Fyllingin teygir sig undir hús Landsbankans og því voru gerð útkragandi steyptrif undir súlurnar. Á þeim stöðum þar sem þurfti að fara mjög nálægt núverandi byggingum var notuð sprautusteypa til styrkingar á fláa fyllingarinnar á framkvæmdartíma.

Burðarvirki kjallarans í Hörpu er úr kúluplötum. Hluti af þessu verkefni var að loka kjallaranum og framlengja kúluplötturnar á kaffla utan um ný tæknirými.

### Skrautsteypa

Steypan gegnir margvíslegu hlutverki í útliti og arkitektúr byggingarinnar. Það voru fjölbreytt verkefni í burðarþolshönnun tengt því. Sjónsteyptrifletir eru ráðandi í byggingunni, þar má nefna sjónsteyptra fleti á útveggjum og munstursteypu í opnum rýmum.

Útveggirnir eru kerfi af láréttum bitum sem eru bornir uppi af súlum. Gluggabönd eru milli allra bitanna

fbittanna og engar lóðréttar burðarlínur í útveggjunum sjálfum. Súlur og bitar hafa sjónsteypuáferð að innan og bera uppi steinklæðningu úr stuðlabergi að utan.

Það eru ýmis atriði í arkitektahönnun þar sem steypa er í aðalhlutverki. Þar má nefna forsteyptrif stigaprep sem eru borin uppi af stálbitum eða steypum plötum sem setja svip á opið miðrými hússins. Forsteyptrif strendingar og blómaker eru svo notuð í samblandi við munstursteypu til að fá fram einkennandi útlit innan í húsinu.

Einn stigi í húsinu ber sig í -> laga formi milli hæða án undirstaða, sem setur svip á rýmið og er áskorun í burðarþolshönnun. Í endanum sem snýr að tónlistarhúsi Hörpu eru steyptrif útisettröppur.

*Helgi Mar Hallgrímsson arkitekt,  
Arkþing-Nordic.*

*Daði Snær Pálsson verkfræðingur, Efla.*



*Loftmynd sem sýnir stöðuna á verkstað 1. September 2021.  
Steypuvinnu er næstum lokið*

## GETA STAÐLAÐAR STEYPTAR EININGAR LEYST LOFTSLAGSVANDANN?

Hitastig jarðar hefur hækkað á síðustu öld. Vísindamenn eru almennt sammála um að þessi hlýnun sé af mannavöldum. Þessi hækkun er tilkomin vegna aukinnar losunar á gróðurhúsalofttegundum (GHL) á síðustu árum vegna aukins iðnaðar. Til þess að tryggja sjálfbærni komandi kynslóða hafa ríki eins og Ísland skrifað undir Parísarsáttmálann. Tilgangur sáttmálans er að draga úr losun GHL (oft einfaldað í kolefnislosun) og halda hlýnun innan við 2°C á þessari öld. Ísland hefur gengið skrefinu lengra og stefnir að 40% samdrátt í kolefnislosun fyrir 2030.

Þetta eru stór en nauðsynleg markmið. Hingað til hefur þáttur byggingariðnaðarins í loftslagsbókhalda Íslands verið vanmetinn og lítið til umræðu. Á heimsvísu er áætlað að byggingariðnaðurinn sé ábyrgur fyrir u.þ.b. 38% af heildar kolefnislosun heims. Þessar tölur sýna greinilega að byggingariðnaðurinn er mikilvægur hlekkur í leysa loftslagsvandann. Við þurfum að endurskoða hvernig við hönnum, byggjum, rekum og rífum byggingar og önnur mannvirki.

Við á Íslandi búum við ákveðna sérstöðu þegar það kemur að vali á byggingarefnum. Fyrst ber að nefna að hér á landi er skortur á náttúrulegum staðbundnum byggingarefnum. Við búum einnig við einstaklega vindsamt og blautt veðurfar sem og miklar álagsskröfur vegna jarðskjálftavár. Eiginleikar steinsteypu leysa mikið af þessum vandamálum. Þess vegna er steinsteypa vinsælt byggingarefni og flestar byggingar á Íslandi eru steinsteyptar.

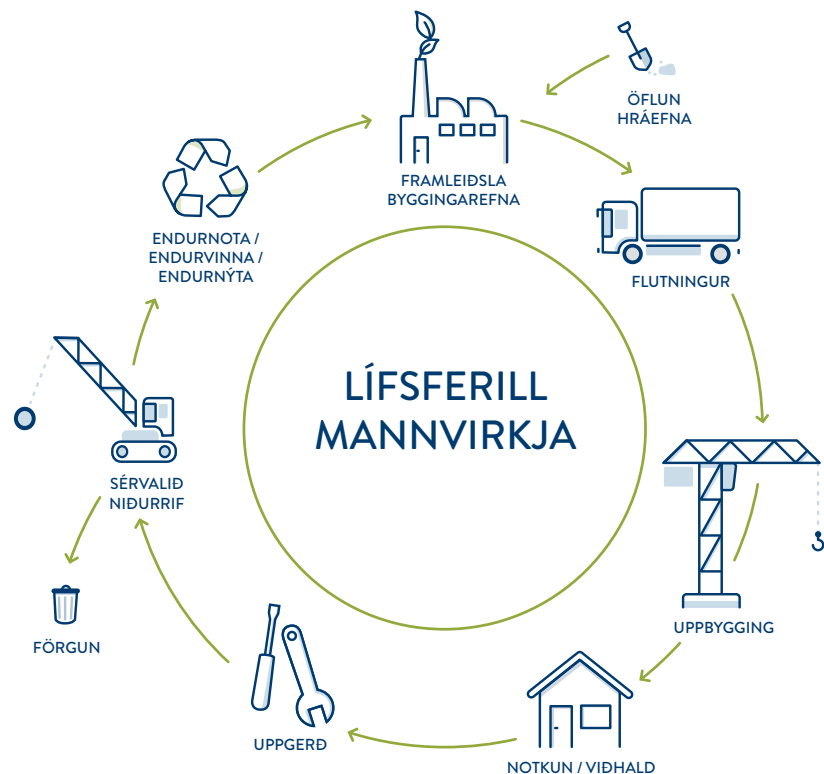
Kolefnisspor steinsteypu er stórt

en það er áætlað að u.þ.b. 8% af allri kolefnislosun heims er rakin til sementsframleiðslu. Þannig að steinsteypa í óbreyttu formi getur ekki verið byggingarefni framtíðarinnar. Við þurfum að lágmarka kolefnisspor steinsteypunnar og samhliða því þá þarf steinsteypa að eignast hringrásarlíf. Það er mjög mikilvægt að steinsteypa eignist hringrásarlíf því það er lykillinn að því að draga varanlega úr auðlindanotkun og úrgangsmýndun samhliða því að tryggja að steinsteypa verður áfram vinsælasta byggingarefnið á Íslandi.

Stór hluti af þeim byggingum sem eru til staðar núna verða horfnar árið 2050 og þar af fer helmingurinn af byggingarefninu í urðun, þ.e.a.s.

verður ekki endurunnið eða endar í landfyllingu. Það mætti því segja að vandamálið sé ekki að við byggjum byggingar sem endast ekki nógu lengi heldur frekar að við erum að rífa byggingar sem eru í lagi og oft vegna þess að notkun þeirra þarf að breytast.

Og af hverju rífum við byggingar? Vegna þess að byggingar sem byggðar eru á hefðbundin hátt eru samsettar úr ýmsum byggingarhlutum sem hafa mismilangan líftíma en eru algjörlega samtvinnnaðir eins og lagnir og burðarhlutar inni í veggjum, oft inni í steypu sem dæmi. Þar af leiðandi er oft erfitt að breyta eða uppfæra án þess að kosta til mikla vinnu með tilheyrandi raski og því er oftast ómögulegt að endurnýta þessa byggingarhluta.





# Lykillinn að góðri framtíð er að huga að henni strax

## Opinn lífeyrissjóður fyrir háskólamenntaða

- Meiri ávinningur réttinda
- Jákvæð tryggingafræðileg staða
- Hagstæð sjóðfélagalán
- Ábyrg fjárfestingastefna
- Sjóðfélagalýðræði
- Val um sparnaðarleiðir

Við þurfum því lausn sem þolir að vera sköluð, bæði upp og niður. Lausnin þarf að vera endingargóð og sveigjanleg, og þannig úr garði gerð að hægt sé að staðsetja hana nánast hvar sem er og henti fyrir fjölbreytta notkun á mismunandi tímum. Annar mikilvægur þáttur er að lausnin þarf að líta vel út þannig að fólk fái það á tilfinninguna að byggingin sé bæði endingargóð og gæðaleg. Lausnin þarf að halda í eiginleika varanlegrar byggingar.

*“Buildings should be regarded as complex modular objects rather than permanent sculptures”*

*-Petr & Fedor Novikov*

Lausnin liggur því óhjákvæmilega í því að þróa einingakerfi sem hefur allt sama grunn byggingarefnið sem hentar vel fyrir margskonar ólíkar byggingar. Við vitum að steinsteypa hentar vel á Íslandi og því er áhugavert að skoða steypptar einingar sem hægt er að taka sundur og setja saman aftur og aftur. Það er í ýmis horn að líta við að þróa slíka lausn hér á Íslandi. Til dæmis er hægt að nota einingar fyrst sem litla viðbyggingu en svo seinna taka þær í sundur og setja svo saman sem frístundahús? Þetta er einfalt

dæmi þar sem auðvelt er að sjá fyrir sér að hugmyndin gengur upp en þegar lengra er litið þá verður fljótt ljóst að það verða margar áskoranir. Ein fyrsta áskorunin sem kemur upp er þegar hugmyndin er sköluð upp og það á að hanna t.d. margra hæða hús úr steypnum einingum þá þarf festingar sem bæði þola jarðskjálfta en eru samt þannig úr garði gerðar að það sé hægt að taka einingarnar í sundur og setja saman aftur. Álagsforsendur á Íslandi samhliða byggingarvenjum og -hefðum verða vandamál sem þarf að leysa.

Við þurfum fyrst að umbylta því hvernig við hugsum uppbyggingu og samsetningu bygginga svo að þær geti verið hluti af hringrásarkerfum. Kannski væri áhugavert að hugsa hönnun og útfærslur bygginga á svipaðan hátt og við hönnun og framleiðslu á til dæmis bílum eða rafeindatækjum. Við þurfum mögulega að þróa sameiginlega stöðlun á byggingarhlutum/-efnum (eins og USB tengi) eða stöðlun á byggingarhlutum/-efnum sem haldast óbreytt í gegnum kynslóðir vörunnar (eins og prentplata). Slík stöðlun auðveldar endurnotkun, endurnýjun og ekki síst viðgerðir.

Byggingarhlutar ættu að vera samsettir þannig að hægt sé að tryggja að endurbætur og uppfærslur séu auðveldar og æskilegar í stað niðurrifs. Byggingarhlutar með styttri líftíma ættu að vera greinilegir og þannig úr garði gerðir að það sé auðveldlega hægt að aðskilja þá frá öðrum byggingarhlutum með lengri líftíma. Síðan þarf að sjálfsögðu að tryggja að byggingarhlutar sem eru hannaðar með hringrásarhugsun komist aftur í notkun og því þarf að vera til markaður fyrir þær (og regluverk sem leyfir þær).

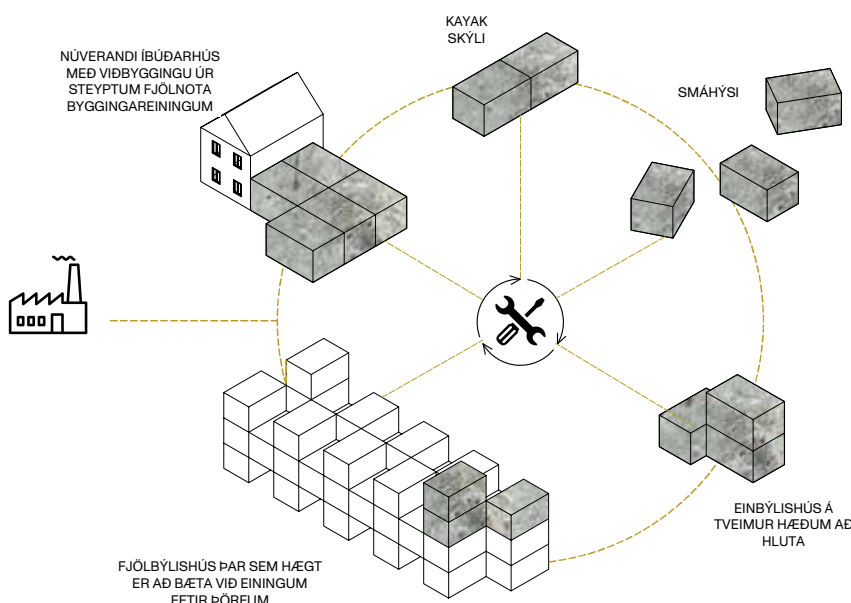
Samfélagið er farið að kalla eftir raunverulegum aðgerðum í loftslagsmálum. Hringrásarhugsun í byggingariðnaði er mikilvæg ef það á að leysa loftslagsvandann enda er byggingariðnaðurinn bæði auðlinda og orkufrekur. Helstu sérfræðingar heims í þessum málefnum áætla að það sé hægt að minnka kolefnislosun frá byggingariðnaði um allt að 38% ef hringrásarhugsun er beitt.

Einingar sem hægt er að taka í sundur og nota aftur eru í raun fjárfestingar fyrir framtíðar kynslóðir.

*Sigríður Ósk Bjarnadóttir, byggingarverkfræðingur Ph.D., dósent við Háskóla Íslands*



*Arnildur Pálmadóttir, arkitekt FAÍ, s. af arkitektar*





## Rannsóknarstofa

Framkvæmum rannsókni og prófanir

**Steinsteypa, múr og steinefni**

Eftirlit, prófanir og vottun efnisgæða

Úttektir og vottun steypustöðva

**Umhverfis- og efnamælingar**

**Jarðefnarannsóknir**

**Greining á myglu og sýnataka**

**EFLA** VERKFRÆDISTOFA

☎ 412 6000 🌐 [www.efla.is](http://www.efla.is)



**STEINSTEYPAN**  
VIÐ FRAMLEIÐUM STEYPU

[www.steinsteypan.is](http://www.steinsteypan.is) | S.519 5191 | Koparhelli 1. 221 Hafnarfirði

## DR. SOFIA NANNINI MEÐ OPNUNARERINDI Á STEINSTEYPUDEGINUM 5. NÓVEMBER 2021

Sofia Nannini er með doktorsgráðu í arkitektúr frá Politecnico di Torino (2021), með ritgerð sem ber heitið: The Icelandic Concrete Saga: Architecture and Construction (1847–1958). Sofia er nú rannsóknarfélagi og aðjúntk prófessor í byggingarlistarsögu við Háskólann í Bologna og hún kennir einnig við háskólana í Flórens og Pavia.

**Á Steinsteypudeginum 2021 mun hún í stuttu máli rekja sögu steinsteypu á Íslandi milli fyrstu notkunar Portland sements árið 1847 og vígslu sementsverksmiðju ríkisins á Akranesi árið 1958, með sérstaka áherslu á notkun steypu í arkitektúr landsins.**

Sofia heimsótti Ísland fyrst árið 2016. Þar sem lítið er um heimildir á málum öðrum en íslensku um upphaf steinsteypualdar á Íslandi, lærði hún íslensku við Háskólasetur Vestfjarða (Núpur, 2016) og hjá Stofnun Árna Magnússonar í íslenskum fræðum (Reykjavík, 2018). Hún var gestakennari við Háskóla Íslands frá janúar til júní 2019. Hún er höfundur nokkurra tímaritsgreina og bókakafla um íslenska byggingarlistar- og borgarsögu. Hún er nú að skrifa tvær bækur sem eiga uppruna sinn í doktorsritgerð hennar: The Icelandic Concrete Saga (1847–1958) and Icelandic Farmhouses: Identity, Landscape and Construction (1790–1945).

Doktorsrannsókn Sofíu sameinaði ástríðu hennar fyrir íslenski menningu og áhuga sínum á arkitekta- og byggingarsögum. Ritgerð hennar nær yfir meira en aldarfjórðung íslenskrar sögu frá sjónarhóli vinsælasta byggingarefnis Íslands; steinsteypu.

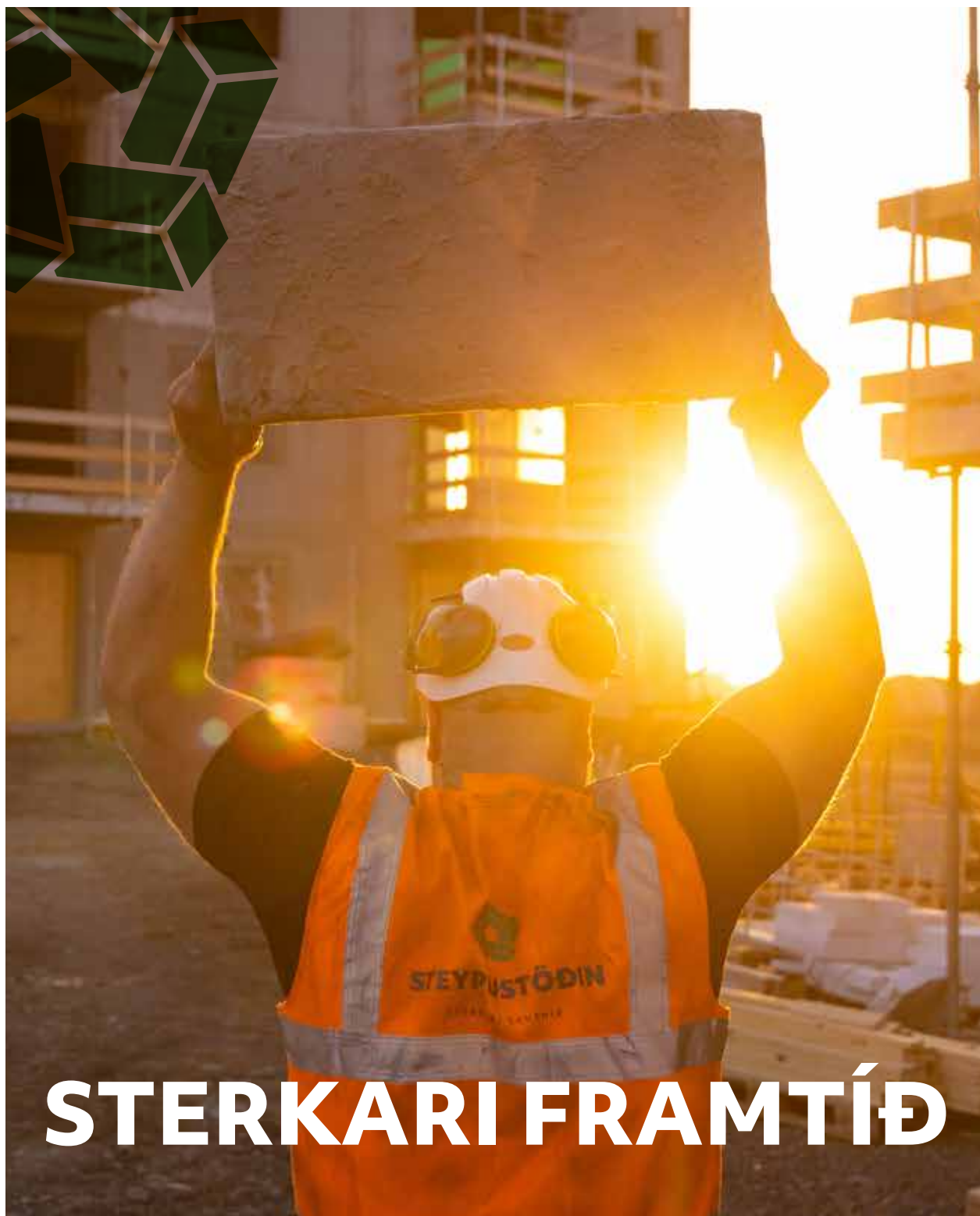
*Sjá meira á: <https://kjarninn.is/skodon/2020-05-08-doktorsritgerd-um-upphaf-steinsteypu-islandi/>*



### VIÐ ERUM SPENNANDI OG FRAMSÆKINN VINNUSTAÐUR

Við erum stolt af verkefnum okkar í gegnum árin, af reynslunni og sögunni en ekki síst af fólkinu okkar. Hjá Ístaki er lögð áhersla á stöðugar umbætur, nýjustu tækni og að þær kröfur sem gerðar eru til okkar af samfélaginu séu uppfylltar í hvívetna.

# ÍSTAK



# STERKARI FRAMTÍÐ

Byggjum sterkari framtíð  
fyrir komandi kynslóðir.

[www.steypustodin.is](http://www.steypustodin.is)  
Sími: 4 400 400



**STEYPUSTÖÐIN**

STERKARI LAUSNIR

## STARFSEMI STEINSTEYPUFÉLAGSINS 2019-2020/21

Aðalfundur Steinsteypufélags Íslands árið 2020 var haldinn fimmtudaginn 10. september kl. 17 á skrifstofu Mannvits í Urðarhvarfi. Halldór Haukur Sigurðsson var að hefja sitt annað ár í stjórn og Ingunn Loftsdóttir var að hefja sitt fjórða ár. Karsten Iversen gaf ekki kost á sér áfram í stjórn. Lárus Helgi Lárusson bauð sig fram í aðalstjórn og var það samþykkt með öllum greiddum atkvæðum. Kai Westphal bauð sig áfram fram í stjórn og var það einnig samþykkt með öllum greiddum atkvæðum. Guðbjartur Jón Einarsson bauð sig ekki áfram fram í aðalstjórn en bauð sig fram í varastjórn í staðinn, og Børge Johannes Wigum bauð sig fram í hans stað í stjórn og var hvorutveggja samþykkt með öllum greiddum atkvæðum.

Stjórnin skipti með sér verkum á fyrsta fundi stjórnar skv. lögum félagsins, þar sem Børge Johannes Wigum var kosinn formaður og Ingunn Loftsdóttir kosin varaformaður. Halldór Haukur Sigurðsson hætti í stjórn á tímabilinu og tók þá Guðbjartur Jón Einarsson við í aðalstjórn.

Félagið stóð fyrir þremur rafrænum þemafundum á tímabilinu á Teams, og tóku um 30 – 40 manns þátt í hverjum fundi og voru umræður lífligar. Flest erindi eru til á Youtube-rás félagsins og einnig sem pdf-skjöl á heimasíðu félagsins.

24. Nóvember 2020 var þema fundarins: „Framleiðsla og notkun steinefna í steypu“. Fundarstjóri var Børge Johannes Wigum. Erindi voru:

- Børge Johannes Wigum, hjá Hornsteinn/HeidelbergCement Northern Europe – „Framleiðsla og notkun steinefna í steypu“
- Alexandra Björk Guðmundsdóttir, hjá BM Vallá - „Prófunaraðferðir og

kröfur til steinefna í steinsteypu“.

- Andri Jón Sigurbjörnsson, hjá Steypustöðinni - „Notkun og áhrif mismunandi steinefna í fersksteypu“.

19. janúar 2021 var þema fundarins: „Er steypan umhverfisvæn?“. Fundarstjóri var Ingunn Loftsdóttir. Erindi voru:

- John-Erik Reiersen, hjá Betongelementforeningen í Noregi - „Competition based on knowledge based parameters or by perceptions alone?“

- Sigríður Ósk Bjarnadóttir, hjá VSÓ ráðgjöf - „Hvernig náum við markmiðum um kolefnishlutleysi í steinsteypum mannvirkjum?“

- Smári Valgarðsson, hjá BM Vallá/Hornsteinn - „Umhverfislýsing á íslenskri steypu“

29. apríl 2021 var þema fundarins: „Steinsteypa: Verklýsingar og kröfur“ Fundarstjóri var Ingunn Loftsdóttir. Erindi voru:

- Kai Westphal, hjá Steypustöðinni – „Gæði steinsteypu - frá teikningu í mót“

- Guðbjartur Jón Einarsson, hjá Mannviti – „Til hvers eru verklýsingar“.

- Heimir Rafn Bjarkason, hjá Já Verk – „Unnið eftir verklýsingum - Sýn verktaka“.

Út af Covid-ástandinu var ekki hægt að halda Steinsteypudaginn þriðja föstudaginn í febrúar, að venju, en hefur verið frestað til föstudagsins 5. nóvember. Þar sem félagið er 50 ára í ár, stefnum við á innihaldsríka dagskrá og vonandi góða mætingu.

Upprunalega áætlunin var að stjórn Norræna Steinsteypufélagsins (Nordic Concrete Federation - NCF) og Norræna Tækninefndin (Research

Committee of NCR) myndu hittast í Reykjavík dagana 7. og 8 mars, 2021. Þessir fundir voru í staðinn haldnir á Teams. Børge Johannes Wigum tók yfir formennsku í NCR eftir Ólaf Wallevik og er nú Norræna tengingin því flutt frá NMÍ til félagsins.

Stjórnin hefur hist reglulega, rafrænt á Teams, á u.þ.b. tveggja vikna fresti. Það hafa verið lagðar áherslur á að félagið þurfi meira fjármagn til að geta lagt meiri metnað í starfið og aukið umsvif, t.d. að vinna meira í umhverfismálum og Norrænu samstarfi. Í vinnslu er því beiðni til iðnaðarins á Íslandi um aukin framlög til að geta uppfyllt þessi markmið frekar.

Aðalfundur Steinsteypufélags Íslands árið 2021 var haldinn fimmtudaginn 20. maí kl. 17 á skrifstofu VSÓ í Borgartúni. Ingunn Loftsdóttir hætti í stjórn eftir 4 ára stjórnarsetu, og Guðbjartur Jón Einarsson gaf ekki kost á sér áfram í stjórn. Lárus Helgi Lárusson, Kai Westphal og Børge Johannes Wigum buðu sig áfram fram í stjórn og var það einnig samþykkt með öllum greiddum atkvæðum. Sigríður Ósk Bjarnadóttir, Heimir Rafn Bjarkason og Guðni Jónsson buðu sig fram í stjórn og voru öll samþykkt með öllum greiddum atkvæðum. Stjórnin skipti með sér verkum á fyrsta fundi stjórnar skv. lögum félagsins, þar sem Børge Johannes Wigum var kosinn áfram formaður og Lárus Helgi Lárusson kosin varaformaður. Sigríður Ósk Bjarnadóttir og Heimir Rafn Bjarkason voru kosnir stjórnarmenn og Guðni Jónsson í varastjórn. Erla Margrét Gunnarsdóttir hefur gegnt starfi framkvæmdastjóra á tímabilinu.

Børge Johannes Wigum  
Formaður Steinsteypufélag Íslands

## STEINSTEYPUÐAGURINN 2020

Steinsteypudagurinn 2020 var haldinn á Grand Hótel föstudaginn 20. febrúar 2020. Yfir 100 manns sóttu daginn og eins og venjulega var boðið upp á fjölbreytta dagskrá með frábærum fyrirlesurum. Viljum við færa Aalborg Portland og Sementsverksmiðjuni okkar bestu þakkir fyrir að bjóða nemendum á Steinsteypudaginn og Aalborg Portland einnig fyrir að bjóða upp á léttar veitingar í lok dags.



## ÞEKING Í VERKI

VERKÍS er öflugt og framsækið ráðgjafarfyrtæki sem býður fyrsta flokks þjónustu á öllum sviðum verkfræði.

Reynsla og þekking skilar sér til viðskiptavina í traustri og faglegri ráðgjöf og fjölbreyttum lausnum.

HÖFUÐSTÓÐVAR VERKÍS Ofanleiti 2, 103 Reykjavík | sími 422 8000 | [verkis.is](http://verkis.is)



# UMHVERFISVÆNNI STEYPA

Við stefnum á núllið – kolefnislutlausa steinsteypu frá og með 2030. Aðgerðir okkar ná yfir allt ferlið, frá sementsframleiðslu til niðurrifs mannvirkja.



**BÆTT ORKUNÝTING OG ORKUSKIPTI**

t.d. með endurnýjun orkufreks búnaðar og aukinni notkun lífildsneytis eins og brennanlegs úrgangs í stað kola í gjallbrennsluofnum.

**NÝJAR SEMENTS-TEGUNDIR**

með minna gjallinnihaldi draga úr efnahvörfum sem valda stærstum hluta losunar. Nýjar tegundir eru þegar í notkun og verða þróaðar áfram.

**KOLSÝRING Á STEYPU**

er hægfara efnaferli en steypt mannvirki taka til sín koldíoxíð á líftímanum. Hægt er að auka upptöku þeirra og kolefnisbindingu með því að vanda betur til niðurrifs.

**FÖNGUN OG RÁÐSTÖFUN EÐA ENDURNÝTING KOLDÍOXÍÐS (CCS OG CCR)**

eru ýmsar aðgerðir sem felast í viðurkenndum aðferðum á borð við niðurdælingu o.fl.

**AÐRAR RÁÐSTAFANIR**

Við höfum þegar kortlagt 60% af aðgerðum en ráðstafanir umfram það fara m.a. í trjárækt, ýmsar hringrásarlausnir, minni sementsnotkun þar sem það á við o.fl.

Skýringarmyndin sýnir þróun og markmið í kolefnismálum hjá BM Vallá.



bmvalla.is



BM·VALLÁ