



Menntaskólinn í Reykjavík

# MOSAFLÍSAR



## Inngangur

Loftmengun, sem er afleiðing af þéttbýlismyndun, iðnvæðingu, fólksfjölgun og notkun farartækja, er ein helsta ógn gegn umhverfinu og heilsu mannkynsins sem við stöndum frammi fyrir í dag. Frá upphafi iðnbyltingarinnar, seint á 18. öld, hefur mannkynið haft gríðarleg áhrif á loftslag jarðar, einkum með losun gróðurhúsalofttegunda út í andrúmsloftið, sem stuðlar verulega að hnattrænni hlýnun, hækkun sjávarmáls, súrnun sjávar, bráðnun heimskaudaíss, og aukinnar tíðni fellibylja, hitabylgna og þurrka, ásamt fleiru. Þetta er nú þegar farið að valda umtalsverðu fjárhagslegu tjóni og óafturkræfum skaða. Bein afleiðing þessarar þróunar er að loftgæði í borgum hafa versnað til muna vegna útblásturs bíla, raforkuvera og þeirra heilsuspillandi efna sem fylgja m.a. svifryki og köfnunarefnistvíoxíði.

Markmið okkar var að þróa lausn sem stuðlar að framförum í loftlagsmálum og loftgæðum í borgum. Okkar verkefni notar mosa til að auka kolefnisupptöku í borgum og stuðla að bættum loftgæðum, ásamt því að gera umhverfi borga grænna og vinalegra með plöntu sem er eitt af helstu einkennum Íslenskrar náttúru. Með markmið okkar í huga ákváðum við að hanna klæðningu, einskonar flísar, með mosa sem hægt væri að nota til að þekja ýmis mannvirki eins og hljóðveggi, handrið, húsveggi o.s.frv. sem standa eins og er auð.

## Teymið

Lið Menntaskólans í Reykjavík er skipað af þeim Jasoni Andra Gíslasyni, Júlíu Sóleyju Gísladóttur, Kjartani Þorra Kristjánssyni, Ólafi Heiðari Jónssyni og Erni Steinari Sigurbjörnssyni. Jason tók að sér hlutverk miðlunar. Hann tók upp og klippti myndband teymisins en hann keppti á Ólympíuleikum í Eðlisfræði í Ísrael síðast liðið sumar fyrir hönd Íslands. Júlía fór með hlutverk tækninnar en hún þurfti að sjá til þess að allar verklegar framkvæmdir verkefnisins færu rétt fram. Kjartan fékk það hlutverk að koma með innsýn í verkefnið; hann sá um að halda utan um heildarmyndina og finna mótrök við allar hugmyndir sem voru ræddar í hönnunarspretti. Ólafur sá um hönnun flísanna og hafði umsjón með útliti verkefnisins í heild sinni. Örn var rannsakandi teymisins en hann tryggði að rökstuðningur hugmyndarinnar væri byggður á fræðilegum grunni. Hann hefur tvívegis tekið þátt á Ólympíuleikunum í Líffræði, í Íran 2018 og Ungverjalandi 2019.

## Saga lausnarinnar

Fyrsta vandamálið sem við stóðum frammi fyrir var að vísindaleg þekking okkar er takmörkuð og við þurftum því að finna lausn sem krafðist ekki sérhæfðar þekkingar. Skilvirkasta leiðin sem við gátum farið var að nota núverandi tækni og aðferðir til þess að finna nýjar lausnir. Nokkuð snemma í ferlinu kom upp sú hugmynd að nota mosa, sem við vissum að tæki upp hlutfallslega mikið kolefni miðað við stærð, og setja hann á flísar sem hægt væri að festa á ýmis mannvirki. Eftir margar rökræður og vangaveltur komumst við að því að sú hugmynd væri ákjósanlegust af þeim hugmyndum sem fram höfðu komið. Áður en við héldum áfram með þessa hugmynd leituðum við að sambærilegum hugmyndum á netinu. Við fundum nokkrar áþekkar hugmyndir í annars konar útfærslum en í flestum tilvikum var um að ræða listaverk eða tillögur sem aldrei voru settar í framkvæmd.

Við stóðum frammi fyrir nokkrum krítískum spurningum þegar kom að útfærslu hugmyndarinnar. Fyrst þurftum við að ákveða undirlagið sem mosinn átti að sitja á en mosinn þarf bæði að geta vaxið á undirlaginu og fest sig við það þannig hann detti ekki af. Næst þurftum við að ákveða hvort einangra þyrfti mosann frá undirstöðunni sem flísin kæmi til með að sitja á; við veltum fyrir okkur hvort rætlingar mosans gætu ollið sprungum í undirlaginu og hvort rakinn sem mosinn safnar í sig gæti ollið skemmdum á mannvirkinu sem hann klæðir. Við þurftum einnig að finna út hvernig hægt væri að útbúa klæðningu sem myndi skila sér í nettókolefnistapi eftir að framleiðsla hennar hefði verið tekin inn í reikninginn. Að lokum komum við niður á hönnun þar sem að flísinni er skipt í þrjú lög; grunnlag flísarinnar sem heldur henni saman og heldur henni á veggnum sem hún er fest við, undirlag sem kemur ofan á grunninn og er hannað til þess að mosinn geti fest sig við og lifað á flísinni, og að lokum mosinn sem kemur ofan á undirlagið og sinnir helsta hlutverki flísarinnar þ.e. að taka upp mengunarefni úr andrúmsloftinu.

Til að fá svör við helstu spurningum okkar varðandi útfærslu mosaflísanna var rætt við ýmsa sérfræðinga. Einn þeirra var Jóhannes Bjarki, sem er leiðbeinandi í MeMa verkefninu, hann sagði að hugmyndin um notkun mosans væri áhugaverð og lagði til að notaður yrði mosi sem fundist í því umhverfi sem flísarnar ættu að vera settar. Með þeim hætti mætti koma í veg fyrir að mosinn dræpist eftir uppsetningu, þar sem að tegundir mosa á Íslandi eru fjölmargar og hafa aðlagast að

mismunandi umhverfi. Auk þess ráðlagði Jóhannes okkur að flísarnar yrðu einnig settar upp á önnur mannvirki en íbúðarbyggingar, eins og girðingar og hljóðveggi til þess að komast hjá framan nefndum erfileikum. Við ræddum einnig við Margréti Harðardóttur, arkitekt Ráðhúss Reykjavíkur, en hún sá m.a. um hönnun á vegg með mosaklæðningu sem er hluti af Ráðhúsinu. Hún benti okkur á að þegar unnið er með lifandi hluti sé best að fylgjast með þeim í sínu náttúrulega umhverfi og reyna að herma eftir þeim aðstæðum sem þeir hafa aðlagast að. Þess vegna ákváðum við að nauðsynlegt væri að notast við mosa sem vex á láréttum yfirborðum, a.m.k. í þeim flísum sem yrðu settar upp láréttar, til að forðast það að mosinn myndi undan sér “mold” og losni af, og að mosinn sem yrði notaður væri fenginn úr því umhverfi sem flísarnar ættu að vera settar. Margrét benti einnig á að lítil hættu væri á því að rakinn sem mosinn safnar í sig valdi skaða á byggingunni undir þar sem að hægt væri að lofteinangra flísarnar með hefðbundnum aðferðum.

Mosar hafa ekkert rótarkerfi og taka því upp vatn og næringarefni, ásamt mengunarefnum, beint úr andrúmsloftinu. Mosar hafa mikið yfirborðsflatarmál miðað við stærð og geta því bundið hlutfallslega mikið af efnum (Fernandez o.fl. 2002). Meðal mengunarefna sem mosar taka upp eru fjölmargir þungamálmar. Mosar hafa mikið verið notaðir til að fylgjast með styrk brennisteins og þungmálma í andrúmsloftinu, þ.á m. Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, V, Zn, As, Hg, B og Sb (Sigurður, 2018). Uppsprettur þungmálma í andrúmsloftinu hérlandis eru einkum eldgos, áfok af lítt grónum svæðum, álver og annar iðnaður. Mosaflísarnar gætu hentað vel til uppsetningar á svæðum þar sem t.d. álver eða annar iðnaður er starfandi, þar sem að þær gætu stuðlað að því að binda brennistein og þungmálma sem annars myndu losna út í andrúmsloftið. Flísarnar gætu komið sérstaklega vel að notum í þessum aðstæðum þar sem að ekki þarf að takmarka sig við eina gerð mosa á flís heldur er hægt að rækta “blöndu” af mosategundum sem geta stuðlað að því að taka upp mismunandi mengunarefni.

## Uppbygging flísanna

Eins og fyrr kom fram er byggingu flísanna skipt þrjá meginhluta: Grunnlag, undirlag og mosalag.



### Grunnlag

Grunnurinn var gerður með því að leggja útskorinn vefnað af glertrefjum yfir mót og pensla með epoxy resín sem síðan harðnar með tíma. Þetta ferli er síðan endurtekið þangað til kominn er góður og sterkur grunnur sem er í fyrsta lagi nógu sterkur til að halda uppi mosanum og steinunum, en getur einnig staðið af sér það veður og þann vind sem hann kæmist óhjákvæmilega í snertingu við. Við áttuðum okkur á því að framleiðsla hefðbundinna klæðninga er tiltölulega mengandi ferli. Við þurftum því að finna efni í grunninn sem væri ekki mengandi í framleiðslu og gæti leyft okkur að framleiða flísar sem menga minna í framleiðslu en hefðbundnar flísar. Glertrefjarnar og epoxy resín gefa ekki aðeins sterkan og léttan grunn, sem er nauðsynlegt fyrir tilgang flísarinnar, heldur er hvorugt mengandi í framleiðslu og veðrun þeirra leiðir ekki til myndunnar mengandi agna. Þar að auki eru hefðbundnar flísar oft mjög dýrar, en kostnaður efniviðs flísarinnar er mun ódýrari.

## Undirlag (millilag)

Undirlagið sem kemur milli mosans og grunnsinns útbjuggum við með því að mylja niður hraun í mola af hæfilegri stærð, u.þ.b 5 mm þvermál, sem síðan var límt á botn flísarinnar með epoxy til að búa til þunnt lag af hrauni sem mosinn gæti vaxið á. Við höfðum rætt við Magneu Magnúsdóttur uppgræðslustjóra ON, sem skrifaði MS ritgerð um uppræktun mosa (Magnea, 2011], en hún benti okkur á að það eina sem skipti máli í sambandi við yfirborðið væri að það væri nógu hrjúft. Við höfðum áður haldið að yfirborðið þyrfti að vera porótt (eins og steinar og hraun eiga það til að vera) til að mosinn næði festu. Við höfðum einnig hugsað okkur að útbúa grunninn þannig að hann hefði fellingar á yfirborðinu. Að ráðum Margrétar arkítekts ákváðum við að líkja eftir þeim aðstæðum sem við vissum að mosinn yxi við í náttúrunni. Ekki nóg með það að við vissum að mosi gæti tekið sér festu á hrauni, þá geta aðrir þættir, eins og t.d. sýrustig undirlagsins, haft áhrif á hvort mosinn vaxi og dafni. Þar að auki þá kæmi mosinn ekki til með að mynda sprungur í nú þegar muldu undirlaginu, sem kæmi í veg fyrir að hann ylli skemmdum á flísinni sjálfri.

## Mosalag

Mosalagið er ysta lag flísanna. Eins og áður kom fram þyrfti að velja mosa sem getur vaxið á lóðréttu yfirborði og í því umhverfi sem hann yrði settur upp í. Sem betur fer eru til yfir 600 tegundir mosa á Íslandi (Ágúst, )og því úr nógu að velja. Auðveldlega er hægt að rækta mosa á hrjúfu yfirborði með svo kallaðri „blender“ aðferð. Í henni fellst að taka smá magn af mosa og einhverja mjólkurvöru t.d. mjólk eða súrmjólk og þeyta saman í blandara. Við það fæst blanda sem hægt er að setja á yfirborð og mosi byrjar að vaxa (Magnea, 2011). Ekki er þörf á að festa blönduna sérstaklega með lími þar sem efni í blöndunni sjálfri tryggja festingu við undirlag. Við gerðum tilraun þar sem við prufuðum að blanda mosa og súrmjólk og settum í plastfat með hrauni. Niðurstöður tilraunarinnar voru góðar og studdu fyrrum hugmyndir okkar um að þetta væri raunhæf aðferð til þess að rækta mosa. Þegar við töluðum við Jóhannes hittum við franskan skiptinema sem var að rannsaka mosa en hann tók undir þessa aðferð og sagði að sýnt hafi verið fram á hana áður og að einhverjar rannsóknarstofur notuðust við þessa aðferð. Hann lagði einnig til að við myndum raka hluta af efsta lagi lifandi mosa í náttúrunni og nota það til þess að

framleiða mosa án þess að eyðileggja mosa sem væri nú þegar að þjóna sínu hlutverki í náttúrunni.

Auk þess að taka upp koltvíoxíð og önnur mengunarefni úr andrúmsloftinu þá geta mosaflísarnar haft jákvæð áhrif á vellíðan fólks, en rannsóknir hafa sýnt að tilvist svo kallaðara grænna veggja (hlutar bygginga sem eru klæddir gróðri) í nágrenni fólks getur m.a. minnkað stress. Við teljum að í stórborgum, þar sem græn svæði gefa sífellt eftir auknu magni glers, stáls og steypu, geti Mosaflísarnar þjónað mikilvægu hlutverki í að gera umhverfi okkar ánægjulegra og hlýlegra.

Ekki er nauðsynlegt að setja sérstaka einangrun í flísarnar sjálfar þar sem að notast yrði við hefðbundnar aðferðir til að einangra klæðningu frá byggingu. Hefðbundnar klæðningar fyrirbyggja rakaskemmdir með því að skilja eftir smá bil milli ysta lags klæðningar og einangrunar. Þá kemst loft á milli þeirra og kemur í veg fyrir rakaskemmdir. Flísarnar festast einnig á sama hátt á hús og hefðbundnar flísar svo ekki er þörf á að fara í óafturkræfar breytingar á húsum við uppsetningu flísanna.

## Framtíð lausnarinnar

Segja má að markhópur lausnarinnar samanstandi af nokkrum ólíkum aðilum. Í fyrsta lagi er það stóriðja þar sem þörf er á að draga úr mengun í nánasta umhverfi. Í öðru lagi eru það einstaklingar sem búa í borgum þar sem lítið svigrúm er fyrir græn svæði eða einstaklingar sem vilja bæta loftgæði almennt. Og í þriðja lagi eru það ríki og sveitarfélög sem vilja bæta loftgæði og stuðla að jákvæðri upplifun borgara og hvetja þá til að leita grænna úrræða. Þó mosaflísarnar hafi verið hugsaðar með stórborgir í huga þá teljum við að breiður og fjölbreyttur markaður sé kostur fyrir fyrir flísarnar þar sem að býður upp á fleiri neytendur og eykur því áhrif hugmyndarinnar á loftgæði og loftlagsvandamál.

Til að prófa lausnina væri heppilegast að byrja á samstarfi við ríkið eða sveitarfélög en mikið af mannvirkjum sem henta vel til prófunnar á vörunni eru í eigu borgarinnar eða ríkisins, t.d. hljóðveggir og grindverk. Það væri veigamikilið fyrsta skref að fá að prófa lausnina við mismunandi aðstæður, m.a. í þeim tilgangi að finna hvaða gerð eða blanda af mosa hentar best við tilteknar aðstæður. Þá mætti fara í samstarf við hönnuði til að stuðla að ólíkum útfærslum sem gætu

jafnframt haft listrænt gildi. Notkun ríkis og sveitarfélaga myndi vekja athygli og jafnvel trú almennings á lausninni og að lokum koma henni á markað. Innviðir eins og hljóðveggir eða handrið henta einstaklega vel til fyrstu notkunar á vörunni þar sem að vandamál sem kynnu að koma upp við að setja hana á íbúðarhús eru ekki til staðar.

Í dag er sífellt meiri pressa á stórfyrirtæki að gera starfsemi sína umhverfisvæna. Við það skapast möguleiki á þróunarsamstarfi með stóriðjufyrirtækjum þar sem hægt væri að rannsaka mismunandi mosa og upptöku þeirra í mismunandi aðstæðum í nágrenni við stóriðju. Fara þyrfti einnig í frekari rannsóknir á ræktun mosa, hvernig mætti hraða vexti hans og auka hraða framleiðsluferlis flísanna, en við lærðum að slík má gera með því að tryggja ýmsa þætti eins og raka og ljósmagn. Þá væri einnig hægt að skoða mismunandi útfærslur á flísunum þar sem mismunandi mosategundum er blandað saman fyrir upptöku á mismunandi efnum.

Við vonum að lausnin okkar vekji fólk til umhugsunar um umhverfið og að hún eigi eftir að taka jákvæðu breytingum við frekari þróun en líkt og í öllu öðru þá eru það stöðugar framfarir sem koma manni lengst.



## Heimildir

Bókin Mosar á Íslandi eftir Ágúst H. Bjarnason

Jóhannes Bjarki Urbancic

Hafliði

Magnea Magnúsdóttir

Margrét Harðardóttir

Fernandez, J.A., A. Ederra, E. Núñez, J. Martínez-Abaigar, M. Infante, P. Heras, M. J. Elías, V. Mazimpaka og A. Carballeira 2002. Biomonitoring of metal deposition in northern Spain by moss analysis. Science of the Total Environment 300: 115-127.

Sigurður H. Magnússon 2018. Vöktun þungmálma og brennisteins í mosa á Íslandi 1990–2015. Áhrif frá iðjuverum og eldvirkni. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-18006. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.

Sigurður H. Magnússon 2014. Þungmálmar og brennisteinn í tildurmosa við iðnaðarsvæðið í Hellnahrauni í Hafnarfirði haustið 2013. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-14001. Unnið fyrir Hafnarfjarðarbæ. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.

Leiðir til að fjölga hraungambra og öðrum mosategundum, Magnea Magnúsdóttir og Ása L. Aradóttir, Bls: 115–122 3.–4. hefti 81. árg. 2011

## Viðhengi

Myndband:

<https://d.docs.live.net/5254f0b6ab0b9c3e/MR/Mema/Flisar%20mk2.1%20final%20final%20real%20final%20final.mp4>

Jason Andri Gíslason: 160101-2290

Júlía Sóley Gísladóttir: 240401-2820

Kjartan Þorri Kristjánsson: 200101-2270

Ólafur Heiðar Jónsson: 270401-2870

Örn Steinar Sigurbjörnsson: 250101-3250