# Brennslulausn -greining -framtíðarlausn brennanlegs úrgangs

| | |
|---|---|
| Búið til | 28.1.2022 09:11:51 |
| Höfundur | Hera Elfarsdóttir |
| Móttekið dags. | 27.1.2022 16:16:19 |
| Tilheyrir | USK22010137 - Brennslulausn -greining - Framtíðarlausn brennanlegs úrgangs |

## Efni

| |
|---|
| Brennslulausn -greining -framtíðarlausn brennanlegs úrgangs |

## Upplýsingar

## Vinnsla

| | | | |
|---|---|---|---|
| Móttekið dags. | 27.1.2022 16:16:19 | Staða | Innflutt |
| Eigandi | | Tímamörk | |
| Skjalalykill | 08.06.00 Sorphreinsun, sorpeyðing og endurvinnsla – almennt efni | | |
| Lykilorð | grendargámar | | |

## Þátttakendur

| | |
|---|---|
| Frá | Viktoría Júlía Laxdal (Viktoria.Julia.Laxdal@reykjavik.is) |
| Til | usk@reykjavik.is |

## Innihald

Sæl

Meðfylgjandi skýrsla stýrihóps varðandi Forverkefni um framtíðarlausn til meðhöndlunar brennanlegsúrgangs í stað urðunar , dags. 15. desember 2021, Brennslulausn -greining -framtíðarlausn brennanlegs úrgangs er send skipulags- og samgönruáði ásamt umhverfis- og heilbrigðisráði til umsagnar.

Viktoría Júlía Laxdal

Verkefnastjóri, skrifstofu borgarstjórnar

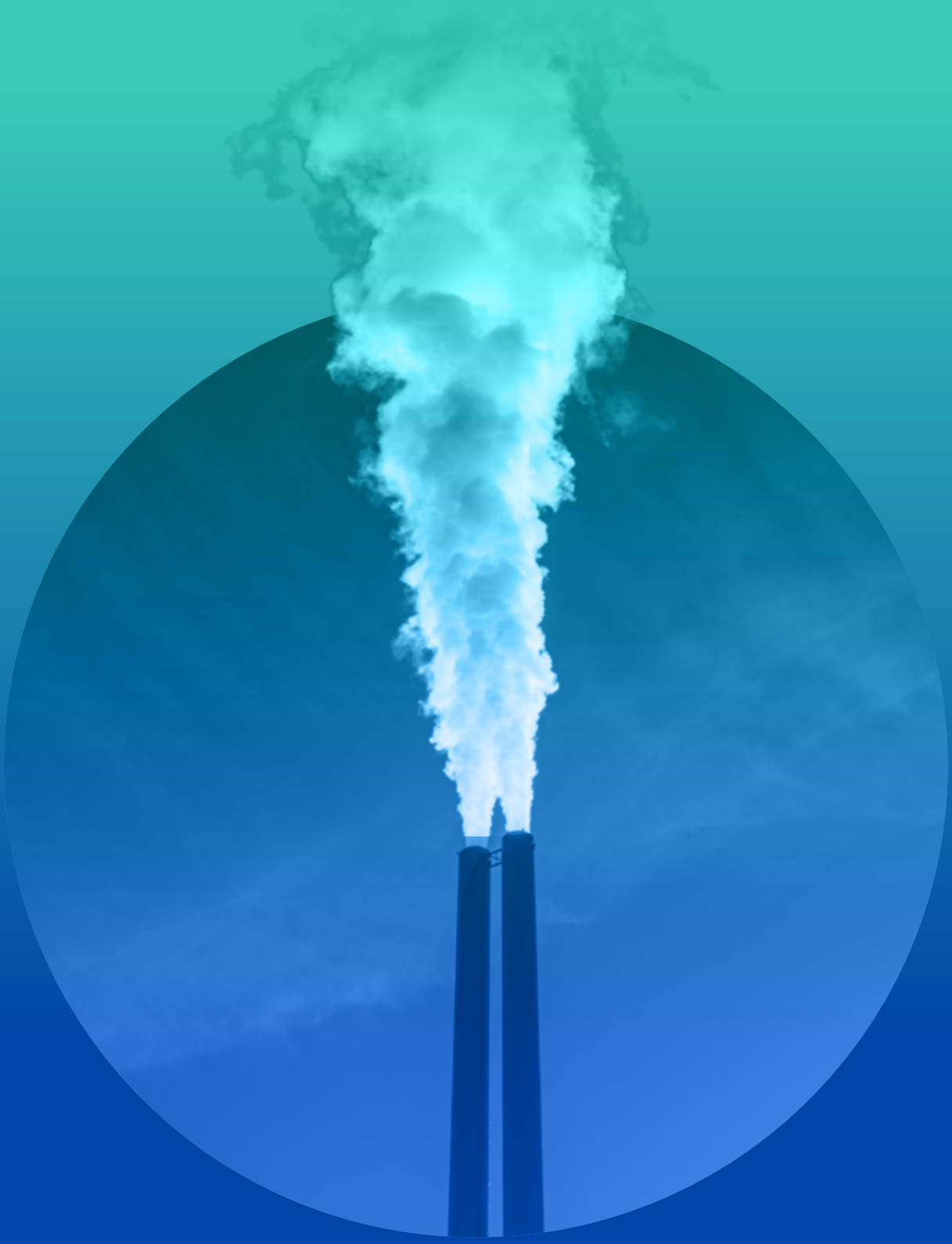
Ráðhúsi Reykjavíkur, Vonarstræti 11, 101 Reykjavík

Tölvupóstfang: viktoria.laxdal@reykjavik.is

Reglur um trúnað í tölvupóstsamskiptum http://www.reykjavik.is/trunaður

## Viðhengi

42 Sorpbrennslustöð.pdf (22 MB)



# Forverkefni um framtíðarlausn til meðhöndlunar brennanlegs úrgangs í stað urðunar

Sorpbrennslustöð

# Efnisyfirlit


**Hluti I: Yfirlit ..... 4-5**

Samantekt ..... 6

Executive summary ..... 13

Inngangur ..... 19

Aðferðafræði forverkefnis ..... 25

Sérfræðingar sem unnu að forverkefninu ..... 37

**Hluti II: Tæknilegur hluti ..... 46-47**

Efnis- og orkustraumar ..... 48

Tæknilausnir í hátækniúrgangsbrennslu ..... 54

Umhverfismál ..... 60

**Hluti III: Viðskiptalegur hluti ..... 66-67**

Frumkostnaðaráætlun ..... 68

Staðarval ..... 72

Arðsemi ..... 77

Greining á fjármögnunarmöguleikum ..... 82



**Forverkefni til undirbúnings að innleiðingu framtíðarlausnar til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi**

Að verkefninu standa: SORPA bs, Kalka sorpeyðingarstöð sf., Sorpurðun Vesturlands hf, Sorpstöð Suðurlands bs og Umhverfis- og auðlindaráðuneytið.

Stýrihópur verkefnisins var skipaður þeim Eygerði Margrétardóttur, Jóni Viggó Gunnarssyni, Jóni G. Valgeirssyni og Steinþóri Þórðarsyni.

Verkefnisstjóri og ritstjóri skýrslunnar var Helgi Þór Ingason.
Hönnun skýrslu: Janus Sigurjónsson.

Reykjavík, 15. desember 2021

**Hluti IV: Samhengi ..... 86-87**

Rýni á lagagrundvelli ..... 88

Áhættugreining ..... 95

**Hluti V: Næstu skref ..... 100-101**

**Heimildir ..... 106-107**

**Viðauki A -** Samningur um forverkefni

**Viðauki B -** Hátæknibrennslustöð á Íslandi 2030 - Hverju þarf að brenna? ..... 112

**Viðauki C -** Technical Solutions for a Waste-to-Energy Plant ..... 152

**Viðauki D -** Helstu umhverfisþættir hátæknibrennslustöðvar ..... 196

**Viðauki E -** Minnisblað um staðarval fyrir úrgangsbrennslu ..... 264

**Viðauki F -** Minnisblað um arðsemimat á sorpbrennslu á Íslandi ..... 270

**Viðauki G -** Financing options for a Waste-to-Energy plant in Iceland ..... 280

**Viðauki H -** Rýni á lagagrundvelli ..... 336

**Viðauki I -** Minnisblað um áhættugreiningu vegna byggingar hátæknibrennslustöðvar fyrir úrgang á Íslandi ..... 364

# I

# HLUTI

# YFIRLIT

Samantekt

Executive summary

Inngangur

# Samantekt

Vegna innleiðingar reglna um forgangsröðun úrgangs og hringrásarhagkerfið á að hætta förgun brennanlegs úrgangs með urðun. Stóraukin áhersla er á flokkun og sérsöfnun og í stað urðunar kemur brennsla til orkuvinnslu. Í samræmi við þetta er gert ráð fyrir að árið 2030 munu falla til á Íslandi allt að 130.000 tonn af brennanlegum úrgangi og tilgangur þessa verkefnis er að skoða hvers konar brennslustöð þyrfti að byggja til að brenna þetta efni og vinna úr því orku. Enn er mögulegt að flytja brennanlegan úrgang úr landi, en tekið er að þrengjast um þá leið og stefnubreyting Evrópusambandsins hefur leitt til þess að nokkur lönd sem tekið hafa við úrgangi frá Íslandi á undanförnum árum virðast stefna að því að loka fyrir innflutning. Ætla má að sú þróun haldi áfram og að áhætta sem fylgi því að treysta á útflutning sé ekki ásættanleg. Flest íslensk sveitarfélög eru þessu sammála.

Brennslustöð sem reist verður á Íslandi þarf að hafa afkastagetu sem nemur allt að 130.000 tonnum á ári, en ef fyrirætlanir um bætta flokkun og endurvinnslu ganga eftir munu 70% af þessum afköstum duga að jafnaði. Spilliefni yrðu ekki tekin þar til vinnslu - meðal annars til að tryggja að botnaska sem fellur til í verulegu magni spillist ekki.

Notast verður við bestu fáanlegu tækni í brennslu og hreinsun á afgasi. Gert er ráð fyrir einni vinnslulínu sem afkastar rúmlega 16 tonnum á klukkustund. Um er að ræða láréttan ketil og bruna í margþrepa ferli sem tryggir að úrgangurinn sé nógu lengi við hátt hitastig þannig að komist verði hjá myndun skaðlegra gastegunda. Afgas verður hreinsað í fullkomnum gashreinsibúnaði og losun í andrúmsloft mun uppfylla löggjöf Evrópusambandsins. Áætlað er að vinnslan muni skila 10 MW af raforku og 28 MW af varma. Einnig fellur til aska, sem að stórum hluta er nýtanleg í vegagerð eða sem byggingaefni. Orka verður seld og skilar hún því tekjum, en rekstrarkostnaði er þó fyrst og fremst mætt með því að innheimta hliðgjöld.

Miklar framfarir hafa átt sér stað í tæknibúnaði til brennslu og hreinsunar á afgasi og nýlegar hátæknibrennslur er ekki hægt

# 35

Um 35 stöðugildi skapast við rekstur stöðvarinnar.

# 130.000

Brennslustöð sem reist verður á Íslandi þarf að hafa afkastagetu sem nemur allt að 130.000 tonnum á ári.

# 10 MW / 28 MW

Áætlað er að vinnslan muni skila 10 MW af raforku og 28 MW af varma.

# 80%

Í grunntilfelli var gengið út frá því að stofnað yrði einkafyrirtæki, að 80% af stofnkostnaði yrðu tekin að láni á 8% vöxtum og hliðgjöld vinnslunnar væru 40 kr/kg.

# 20-35

80% líkur eru taldar á því að endanlegur kostnaður verði á bilinu 135 - 236 milljón evrur, þetta svarar til 20 - 35 milljarða króna.

# 23 - 73

Á grunni flutningahagkvæmni liggur beinast við að staðsetja vinnsluna í Álfsnesi og aukalegur kostnaður á ári hverju við að staðsetja hana á öðrum stað er frá 23 (Straumsvík) og upp í 73 milljónir króna (Helguvík og Þorlákshöfn).

að bera saman við litlar brennslur sem voru starfræktar á Íslandi um hríð í byrjun aldarinnar, en lokað vegna mengunarvandamála. Nýlegar stöðvar eru oft staðsettar nálægt íbúabyggð og engar rannsóknir hafa komið fram sem sýna fram á skaðleg áhrif af rekstri þeirra á heilsu fólks eða lífríki. Umhverfismál eru lykilatriði við undirbúning, hönnun, byggingu og rekstur brennslustöðva. Umhverfisþættir sem skipta máli eru ekki einungis möguleg mengun lofts, vatns eða vegna fastra efnisstrauma, heldur einnig hljóðmengun, lyktarmengun, áhrif á heilsu, lífríki og gróður og sjónræn áhrif. Einnig þarf að horfa til nýtingarmöguleika fyrir orku og fasta efnisstrauma. Fylgjast þarf vel með þróun varðandi föngun CO2 frá hátæknibrennslum sem á sér stað um þessar mundir.

**Auk kostnaðar við flutninga má nefna sölumöguleika á orku, jákvæða afstöðu samfélagsins, að nægt landrými sé til uppbyggingar og hæfilega fjarlægð frá íbúabyggð.**

Staðarval hefur verið skoðað frá ýmsum sjónarhornum. Til grundvallar voru lagðir fimm staðir sem tilgreindir voru í skýrslu sem gerð var fyrir Umhverfis- og auðlindaráðuneytið 2020. Þetta eru Helguvík, Álfsnes, Straumsvík, Þorlákshöfn og Grundartangi. Á grunni flutningahagkvæmni liggur beinast við að staðsetja vinnsluna í Álfsnesi og aukalegur kostnaður á ári hverju við að staðsetja hana á öðrum stað er frá 23 (Straumsvík) og upp í 73 milljónir króna (Helguvík og Þorlákshöfn). Staðarval byggir á fleiri þáttum en hagrænum. Auk kostnaðar við flutninga má nefna sölumöguleika á orku, jákvæða afstöðu samfélagsins, að nægt landrými sé til uppbyggingar og hæfilega fjarlægð frá íbúabyggð. Einnig að gott aðgengi sé að vinnuafli, að möguleikar séu til staðar á föngun CO2 og að ekki sé mikil hætta á náttúruvá. Niðurstaða stýrihóps er að Álfsnes sé hagstæðasti kosturinn þegar litið er til þessara þátta, lítið eitt hagstæðari en Helguvík og Straumsvík.

Verkefnið er talið kosta um 177,5 milljónir evra eða um 26,6 milljarða króna, að meðtöldum fjármagnskostnaði. Um 80% líkur eru taldar á því að endanlegur kostnaður verði á bilinu 135 - 236 milljón evrur, þetta svarar til 20,2 - 35,4 milljarða króna. Þetta víða bil endurspeglar að hér er um að ræða afar grófa kostnaðaráætlun, enda hefur engin hönnun farið fram. Áætlunin byggir fyrst og fremst á upplýsingum dönsku verkfræðistofunnar COWI sem hefur



komið að mörgum álíka verkefnum á liðnum árum og byggir áætlun sína á þeirri reynslu. Einnig liggur fyrir áætlun COWI um rekstrarkostnað sem er á bilinu 57 - 80 evrur á hvert tonn eða 8.500 - 12.000 krónur á tonn. Um 35 stöðugildi skapast við rekstur stöðvarinnar.

Arðsemi verkefnisins var metin með því að stilla upp fjárhagslegu líkani þar sem til grundvallar var lagður stofn- og rekstrarkostnaður og rekstrartekjur vegna hliðgjalda, sölu á orku, ásamt fleiri forsendum. Í grunntilfelli var gengið út frá því að stofnað yrði einkafyrirtæki, að 80% af stofnkostnaði yrðu tekin að láni á 8% vöxtum og hliðgjöld vinnslunnar væru 40 kr/kg. Gengið er út frá því að 100.000 tonn komi til vinnslu árlega og miðað við þessar forsendur eru innri vextir heildarfjár um 12%. Sérstaklega var skoðað hvaða breytur hafa mest áhrif á arðsemina. Þó stofnkostnaður hækki um 30% er verkefnið enn arðbært og einnig þó rekstrarkostnaður hækki um 50%. Arðsemin er næmust fyrir hliðgjöldum og magni til vinnslu og ef þessir þættir lækka um ekki meira en 15% er verkefnið enn arðbært. Skoðað var hvað hliðgjöld geta

**Gengið er út frá því að 100.000 tonn komi til vinnslu árlega og miðað við þessar forsendur eru innri vextir heildarfjár um 12%.**



verið lág til að verkefnið skili arðsemi sem er þó viðunandi fyrir tvær útfærslur á eignarhaldi, þar sem lánsvextir eru mun lægri en í grunntilfelli. Ef um er að ræða PPP verkefni þarf hliðgjald að vera 29 kr/kg. Ef um er að ræða opinbert verkefni þarf hliðgjald að vera 19 kr/kg. Allar ofangreindar tölur eru án VSK.

Reglur Evrópuréttar um meðhöndlun úrgangs gilda á Íslandi í samræmi við EES samninginn. Helsta réttarheimildin er tilskipun Evrópusambandsins um úrgang 2008/98/EB með síðari breytingum. Aðildarríkjum sambandsins er heimilt að takmarka út- eða innflutning úrgangs á grundvelli umhverfissjónarmiða. Ef nýta ætti þessa heimild þyrfti þó að gera breytingu á lögum hér á landi. Mikil áhersla er lögð á forgangsröðun úrgangs, hringrásarhagkerfið og að sá sem mengar sé einnig sá sem greiðir.

**Ef um er að ræða PPP verkefni þarf hliðgjald að vera 29 kr/kg. Ef um er að ræða opinbert verkefni þarf hliðgjald að vera 19 kr/kg. Allar ofangreindar tölur eru án VSK.**

Rammalöggjöf á Íslandi um meðhöndlun úrgangs er í lögum nr. 55/2003 og þar má sjá áherslur Evrópusambandsins. Það er í höndum sveitarfélaga að ákveða fyrirkomulag söfnunar á heimilis- og rekstrarúrgangi og þau bera ábyrgð á söfnun heimilisúrgangs. Hluti úrgangs frá rekstraraðilum fellur undir skilgreininguna heimilisúrgangur. Brennslustöðvar eru starfsleyfisskyldar og lög kveða á um að varmi frá þeim sé nýttur.

Ýmsir möguleikar eru á rekstrarformi hátæknibrennslu en ákvörðun um þetta hefur áhrif á að hvaða leyti ákvæði sérlaga gilda um rekstraraðila brennslunnar, til dæmis um það hvort samningar um úrgang kunni að vera undanþegnir útboðsskyldu. Til að tryggja það þyrfti reksturinn að vera í formi opinbers félags, en einnig kann að vera að samningar við einkaréttalegan lögaðila væru skilgreindir sem innanhússamningar og þar með undanþegnir útboðsskyldu. Rætt hefur verið um möguleikann á samstarfi opinberra aðila og einkaaðila sem sameiginlega eru með yfirráð á markaði vegna meðhöndlunar úrgangs. Hér væri til dæmis um að ræða

rekstur í formi eignarréttarlegs lögaðila með blönduðu eignarhaldi eða PPP fyrirkomulag. Hér þyrfti að gæta vel að meginreglum samkeppnislaga allt frá undirbúningsstigi verkefnisins. Hugsanlega mætti koma upp kerfi til jöfnunar á flutningskostnaði úrgangs til vinnslunnar - sér í lagi ef slíkt kerfi hefur betri umhverfisleg áhrif og stuðlar ekki að aukinni framleiðslu úrgangs. Reglur EES samningsins setja skorður við hvers konar ríkisaðstoð sem ætluð er til að raska samkeppni eða ívilna fyrirtækjum. Þó er slík aðstoð möguleg að tilteknum skilyrðum uppfylltum, til dæmis gæti það átt við um fjárfestingu til orkuvinnslu.

Greining á fjarmögnunarmöguleikum leiðir í ljós að áhugi er til staðar meðal helstu fjárfesta og fjármögnunaraðila á þessu verkefni, en frekari upplýsinga er þó óskað og framundan er því mun ítarlegri þróun þessa verkefnis. Áhugi fjárfesta grundvallast á væntingum um örugga ávöxtun á fjármagni með fjárfestingu í mikilvægum innviðum sem fela í sér trygga tekjustofna. Þess vegna eru langtímasamningar um framboð brennanlegs úrgangs, og hæfileg hliðgjöld, forsenda fyrir áhuga fjárfesta.

Ítarleg áhættugreining fór fram í forverkefninu og í því skyni var m.a. litið til vísindagreina um áþekk verkefni á heimsvísu, auk þess sem minnisblöð og fundargerðir í forverkefninu voru rýnd og haldnar voru vinnustofur til að bera kennsl á áhættuþætti og meta áhættu. Vönduð áhættugreining er afar mikilvæg í öllum verkefnum, ekki síst á frumstigum þeirra enda eru flestar stórar ákvarðanir teknar á hugmyndastigi. Sem dæmi um mikilvæga áhættuþætti má nefna áhættu sem tengist þarfagreiningu og hönnun, að vanmeta eða ofmeta magn til vinnslu og brennslugildi úrgangsins. Einnig áhættu sem tengist fjármögnun, staðarvali, almenningsáliti, umhverfismengun að ógleymdum áhættuþáttum er varða öryggi- og heilsu. Loks má nefna áhættu vegna tækniþróunar, áhættu vegna óvissu um lagalega umgjörð fyrir vinnsluna á Íslandi og breytinga sem kunna að verða á löggjöf og regluverki umhverfismála, áhættu sem tengist því að vanda ekki til samninga, áhættu vegna slælegrar stjórnunar, og áhættu vegna þess að ekki tekst að

**Einnig áhættu sem tengist fjármögnun, staðarvali, almenningsáliti, umhverfismengun að ógleymdum áhættuþáttum er varða öryggi- og heilsu**

selja orku og efni frá vinnslunni. Einnig ber að nefna hættu á því að forsendur um eiginleika, brennslugildi og magn efnis til vinnslu standist ekki, t.d. vegna þess að sveitarfélög og rekstraraðilar ákveði að ráðstafa brennanlegum úrgangi sínum með öðrum hætti. Loks þarf að nefna hið flókna stjórnsýslulega umhverfi verkefnisins og þá staðreynd að á undirbúnings- og framkvæmdatíma þess verði mannaskipti innan sveitarstjórna og á Alþingi.

Auk kostnaðar við flutninga má nefna sölumöguleika á orku, jákvæða afstöðu samfélagsins, að nægt landrými sé til uppbyggingar og hæfilega fjarlægð frá íbúabyggð.

Viðbrögð við flestum þeim áhættuþáttum sem tengjast verkefninu felast í því að vanda til undirbúnings og stjórnunar. Að vanda til þarfagreiningar, kortleggja umfang og eiginleika efnisstraumanna og ákvarða stærð og staðsetningu vinnslunnar út frá þessu. Vanda þarf sérstaklega undirbúning stofnunar þess félags sem stendur að verkefninu og velja það rekstrarfyrirkomulag sem er hagkvæmast fyrir sveitarfélögin og ganga frá skuldbindandi samningum sem mæta þörfum og væntingum hlutaðeigandi. Nauðsynlegt er að búa verkefninu frá upphafi þá umgjörð sem tryggir því sem allra mestan stöðugleika. Leggja verður áherslu á fagleg vinnubrögð og gagnsæi í allri stjórnun, vanda vel til áætlanagerðar og lifandi áhættustjórnunar en ástunda einnig vandaða breytingastjórnun og sveigjanleika til að geta lagað verkefnið að breytingum sem kunna að eiga sér stað. Síðast en ekki síst þarf að byggja upp jákvæða ímynd og standa fyrir opnu samtali um verkefnið við samfélagið.

Hvað rekstur hátæknibrennslu varðar þá grundvallast hann ekki síst á þekkingu sem byggja verður upp í því fyrirtæki sem mun reka brennsluna, en einnig í ytra umhverfi, til dæmis meðal ráðgjafa, verktaka og í skólakerfinu, m.a. með áherslu á rannsóknir og þróun.

Að lokum skal áréttað að enginn má efast um hlutverk hátæknibrennslu í hringrásarhagkerfinu og brennslan má aldrei virka sem hvati til að farga efnum sem gætu átt farveg í endurnotkun eða endurvinnslu. Hún verður að vera síðasta úrræðið, ef ekki eru aðrir farvegir tækir fyrir úrganginn, ofar í úrgangsþríhyrningnum.

# Executive summary

Due to the increased focus on the circular economy within Europe, the disposal of combustible waste by landfilling will be stopped. We now place a stronger emphasis on the sorting of waste, and to use incineration for energy production instead of landfilling. It is estimated that by 2030, up to 130,000 tonnes of combustible waste will be generated in Iceland per year, and the purpose of this preliminary project is to examine what kind of incineration plant could be built to incinerate this material and deliver energy.

Exporting waste from Iceland is still an option, but changes in EU policy has led to blocking of imports to some countries. This trend is expected to continue, and the risks associated with relying on export will not be acceptable. Most Icelandic municipalities agree with this.

An incineration plant must have a capacity of up to 130,000 tonnes per year, but on average 70% of this capacity will be sufficient. Hazardous waste will not be accepted - in particular to ensure that solid residues from the plant are not contaminated.

Best available technology will be used for the plant, which will have a single production line with a capacity of 16 tonnes per hour. The production line consists of a horizontal boiler and combustion in a multi-stage process that ensures that the waste is kept for a sufficient time at high temperatures and to make sure that the formation of harmful gases is avoided. Exhaust gas will be purified in a state-of-the-art flue gas filter and atmospheric emissions will comply with EU legislation. The production will generate 10 MW of electricity and 28 MW of heat. Ash from the process can largely be used in road construction or as a building material. Although the energy will be sold, the operating costs will primarily be covered by charging gate fees.

Significant advances have been made in the technology for combustion and purification of exhaust gases, and recent incinerators cannot be compared with small incinerators that were operated in Iceland for a while at the beginning of the century

**The production will generate 10 MW of electricity and 28 MW of heat. Ash from the process can largely be used in road construction or as a building material.**

but were closed due to pollution problems. Incinerators that have recently been built are often located close to densely populated areas and no research has shown any harmful effects of their operation on human health or the ecosystem. Environmental issues are a key factor in the preparation, design, construction, and operation of incineration plants. Important environmental factors are not only the possible pollution of air or water due to solid material flows, but also noise, odour, effects on health, ecosystems and vegetation, and visual effects. It is also necessary to look at possibilities for using energy and solid material streams. Developments in carbon capture from high-tech incinerators that are currently taking place need to be closely monitored.

**The capital expenditure (CAPEX) is expected to be EUR 177.5 million, including financial costs.**

The choice of location has been examined from different perspectives, studying five sites specified in a report prepared for the Ministry of the Environment and Natural Resources in 2020. The sites are Helguvík, Álfsnes, Straumsvík, Þorlákshöfn and Grundartangi. To minimize transport cost, the best alternative is to locate the plant in Álfsnes and the additional cost each year of locating it elsewhere is from ISK 23 million (Straumsvík) and up to ISK 73 million (Helguvík and Þorlákshöfn). The choice of location is based on more factors than just transport cost, such as opportunities for selling the energy, the positive attitude of the community, that there is enough land for future development, and that there is a proper distance from residential areas. Furthermore, there is good access to labour, that there are possibilities for carbon capture, and that there is not a great risk of natural hazards. The steering group's conclusion is that Álfsnes is the most favorable option when looking at these factors, but only marginally better than Helguvík and Straumsvík.

The capital expenditure (CAPEX) is expected to be EUR 177.5 million, including financial costs. There is an 80% probability that the final cost will be in the range of 135 - 236 million euros. This wide range reflects that this is a very rough cost es-

timate, as no design has been done. The plan is based primarily on information from COWI engineering consultants, who have been involved in many similar projects in recent years. COWI have also made an estimate of the operating expenses (OPEX), which are in the range of 57 - 80 euros per tonne. with 35 full-time employees working at the plant.

The profitability of the project was assessed by developing a financial model based on the CAPEX and OPEX, income from gate fees, and sale of energy, along with other assumptions. In the base case, it was assumed that a private company is established, that 80% of the CAPEX is borrowed at 8% interest rates, that the gate fee is ISK 40/kg and that that the plant would process 100.000 tonnes annually. Based on these assumptions, the project is profitable and the internal rate of return is about 12%. Sensitivity analysis shows that even if the CAPEX increases by 30%, the project is still profitable, and even if the OPEX increases by 50%, the project is still profitable. The feasibility is most sensitive to changes in gate fees and material quantity, and the project remains profitable while either of these parameters are not reduced by more than 15%. The model was used to estimate how low the gate fee can be for the project to maintain profitability for two variations of ownership, where the interest rate is much lower than in the base case. In the case of a PPP project, the gate fee must be ISK 29/kg. In the case of a purely public project, the gate fee must be ISK 19/kg.

EU regulation on waste treatment apply in Iceland in accordance with the EEA Agreement. The main legal authority is the EU Directive on Waste 2008/98/EC. The member states are allowed to restrict the export or import of waste based on environmental considerations, if this authorization were to be used, however, an amendment to the law in Iceland would be necessary. Great emphasis is placed on waste prioritization, the circular economy and the "polluter pays" rule.

**Sensitivity analysis shows that even if the CAPEX increases by 30%, the project is still profitable, and even if the OPEX increases by 50%, the project is still profitable.**

Framework legislation in Iceland on waste treatment can be found in Act no. 55/2003 and it reflects the above emphases from the EU. Municipalities are responsible for arranging the collection and treatment of waste from households and from companies, and they are responsible for collecting household waste. A part of the waste from companies is considered household waste. Incineration plants are subject to an operating license and the law stipulates that heat from them is to be utilized.

There are different options regarding the type of organisation that could be formed around the incinerator, but the decision on this influences the extent to which the provisions of special legislation apply to the operator, for example on whether waste incineration agreements may be exempt from tendering. To ensure this, the operator would have to be a public company, but it is also possible that agreements with a private legal entity could be defined as internal agreements, and thus exempt from the obligation to tender. The possibility of a joint ownership by public and private parties has been discussed, e.g. PPP arrangement. Here, the principles of competition law need to be carefully studied.

**The possibility of a joint ownership by public and private parties has been discussed, e.g. PPP arrangement.**

A system could be set up to offset the transport costs of waste - especially if such a system has a better environmental impact and does not contribute to increased waste production. The rules of the EEA Agreement place restrictions on any kind of state aid intended to distort competition or favour companies. However, such assistance is possible provided that certain conditions are met, for example, this could apply to an investment in energy production.

An analysis of financing possibilities reveals that there is interest among main investors and financiers in this project, but further information is required, and a much more detailed development of this project is ahead. Investors' interest is based on the expectation of a secure return on capital by investing in important infrastructure that includes a secure source of income. Therefore, long-term agreements on the supply of combustible waste, and reasonable gate fees, are a prerequisite for investors' interest.

A detailed risk analysis was carried out, scientific papers on similar projects worldwide were studied, as well as all meeting minutes from this preliminary project. In addition, workshops were held to identify risk factors and assess risk. Structured risk analysis is very important in all projects, not least in their early stages, when most major decisions are made. Examples of important risk factors include risk related to needs analysis and design, and over- or underestimating the quantity and the calorific value of the waste, e.g. if municipalities and operators were to dispose of their combustible waste in other ways. There are also risks related to funding, choice of location, public opinion, environmental pollution, not to mention safety and health risk factors. Finally, there are risks due to technological developments, risks due to uncertainty about the legal framework for processing in Iceland and changes that may occur in environmental legislation and regulations, risks associated with poor contracting, poor management, and risks of problems with selling energy and solid materials from the plant. Finally, the complex administrative environment of the project is a risk factor and the fact that during its preparation and implementation period there will be changes of representatives within local governments and in parliament.

**The response to most of the risk factors associated with the project include careful preparation and management of the project.**

The response to most of the risk factors associated with the project include careful preparation and management of the project. A thorough needs analysis is crucial, careful mapping of the scope and properties of the waste streams and to determine the size and location of the plant based on this. Particular attention must be paid to the preparation and structure of the company that is responsible for the project, to choose the operating arrangement that is most cost-effective for the municipalities and concluding binding agreements that meet the needs and expectations of the parties concerned. It is necessary to create a governance framework for the project from the beginning that ensures stability throughout the project´s life cycle. Emphasis must be placed on applying professional and transparent project man-

agement, good planning, and dynamic risk management, but also put in place strong change control and build flexibility into the project. Last but not least, to build a positive image and maintain an open conversation about the project with the community.

As far as the operation of high-tech incineration is concerned, it will be based on knowledge that must be built up within the company that will operate the plant, but also in the external environment, for example among consultants, contractors and in the education system, e.g. with an emphasis on research and development.

Finally, it should be emphasized that no one should question the role of high-tech incineration in the circular economy. Incineration should never be an incentive to burn material that could have been reused and should only be the last resort, if no other channels higher up in the waste triangle are available.



## Forverkefnið

# Inngangur

Í júní 2021 var undirritaður samningur á milli fjögurra sorpsamlaga og umhverfis og auðlindaráðuneytis til að undirbúa innleiðingu framtíðarlausnar á meðhöndlun brennanlegs úrgangs.

Í 2. grein samningsins segir:

*Tilgangur verkefnisins*

> Fyrir liggur að hefja þarf undirbúning að innleiðingu nýrra leiða og lausna til breyttrar meðhöndlunar á þeim úrgangi sem til fellur á Íslandi og best verður leyst með hátæknibrennslu. Fyrirliggjandi upplýsingar og greiningar benda til þess að árlegt magn slíks úrgangs sé allt að 100 þ. tonn. Í ljósi þessa gera ofangreindir aðilar með sér samkomulag um nauðsynlega for- og undirbúningsvinnu sem hefur það meginmarkmið að dregnar verði fram nauðsynlegar grunnupplýsingar um verkefnið til að unnt verði að setja fram mótaða tillögu um bestu leið til innleiðingar á framtíðarlausn til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi til næstu áratuga. Markmiðið er að leita hagkvæmustu leiða til að mæta brennsluþörfinni á landsvísu en um leið að lágmarka líkur á að uppbygging innviða til brennslu verði umfram áætlaða þörf.

Ennfremur í 3. grein:

*Verkefnislýsing og afurðir verkefnisins*

> Á þessu stigi liggur fyrir greining Resource International á þörf fyrir lausn til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi á Íslandi, og sömuleiðis liggja fyrir greiningar og aðgerðaáætlanir ofangreindra sorpsamlaga vegna umfangs og meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi.
>
> Nauðsynlegt næsta skref er að draga fram ítarlegri greiningar á þeim meginþáttum sem ákvarðanir um fyrirkomulag og umgjörð framtíðarlausnar þurfa á byggja á.

**Fyrir liggur að hefja þarf undirbúning að innleiðingu nýrra leiða og lausna til breyttrar meðhöndlunar á þeim úrgangi sem til fellur á Íslandi og best verður leyst með hátæknibrennslu.**

Viðfangsefni þessa forverkefnis verður því nauðsynleg gagnaöflum og viðbótargreiningar sem þörf er á vegna uppbyggingar AACE Class 5 kostnaðaráætlunar. Forverkefnið mun m.a. fela í sér:

**Mat á forsendum um umfang og tegundir úrgangs til meðhöndlunar ásamt greiningu á forsendum um mögulega afsetning orku og "afurða."**

- Mat á forsendum um umfang og tegundir úrgangs til meðhöndlunar ásamt greiningu á forsendum um mögulega afsetning orku og "afurða."
- Samanburður á tveimur meginkostum til lengri tíma, i.e. útflutningi vs. hátæknibrennslu innanlands.
- Greiningu á krítískum umhverfisþáttum hátækni sorpbrennslu.
- Yfirlit yfir mögulegar tæknilausnir, kosti þeirra og galla og framsetning á einföldu flæðiriti vinnslunnar.
- Áhættugreiningu verkefnis
- Samantekt helstu möguleika varðandi staðsetningu, kosti þeirra og galla. Samanburð þessara möguleika út frá bestunarlíkani og tillögu að staðarvali.
- Framsetningu AACE Class 5 kostnaðaráætlunar
- Einfalt mat á arðsemi verkefnisins og næmni hennar gagnvart breytingum í helstu forsendum.
- Rýni laga og reglna, m.a. ákvæði samkeppnislaga.
- Framsetningu helstu möguleika varðandi fjármögnun verkefnisins, greiningu á kostum þeirra og göllum.
- Greiningu á mögulegri aðkomu ríkisins vegna mögulegra ívilnana, nauðsynlegrar lagasetningar eða annarra þátta sem máli skipta.
- Forkönnun á vilja sveitarfélaga, einkaaðila, fjárfestingarsjóða og annarra mögulegra hagaðila til þátttöku í verkefninu.

Einstökum verkþáttum verkefnis og tímaáætlun þeirra verður nánar lýst í ítarlegri verkefnisáætlun sem stýrihópur mun vinna undir handleiðslu verkefnisstjóra strax í upphafi verkefnisins.

Verkefnisáætlunin verður hluti af samkomulagi þessu. Við úrvinnslu verkefnisins skal bæði horft til lausna sem falla að þörfum sorpsamlaga á suðvesturhorni landsins sem og leiða sem fela í sér hentugar lausnir fyrir aðra landshluta.

**Sjálfur samningurinn er í viðauka A**

## Bakgrunnur forverkefnis - gildandi lög og reglugerðir

Að meginstofni er öll meðhöndlun úrgangs í landinu byggð á ákvæðum laga nr 55/2003 (Lög um meðhöndlun úrgangs nr. 55/2003, e.d.) - með síðari breytingum - og þeim reglugerðum sem settar hafa verið á grundvelli þeirra. Markmið laganna er að tryggja að úrgangsstjórnun og meðhöndlun fari þannig fram að:

- Ekki skapist hætta fyrir heilbrigði manna og dýra og umhverfið verði ekki fyrir skaða,
- ekki skapist óþægindi vegna hávaða eða ólyktar,
- ekki komi fram skaðleg áhrif á landslag eða staði sem hafa sérstakt gildi,
- úrgangsstjórnun sé markviss og hagkvæm og úrgangur sem til fellur fái viðeigandi meðhöndlun,
- stuðlað sé að sjálfbærri auðlindanotkun með aðgerðum og fræðslu til að draga úr myndun úrgangs,
- nýting hráefna úr úrgangi sem fellur til sé aukin, og
- handhafar úrgangs greiði kostnað við meðhöndlun úrgangs.

**Ekki skapist hætta fyrir heilbrigði manna og dýra og umhverfið verði ekki fyrir skaða,**

Til viðbótar er að finna fjölda tilskipana og fyrirmæla í öðrum lögum, reglugerðum og tilskipunum Evrópusambandsins. Þar ber

Viðauki A
PDF
sækja skrá
1 MB

helst að nefna rammatilskipun 2008/98/EC (Waste Framework Directive 2008/98/EC, e.d.). Þar segir meðal annars að fyrsta markmið sérhverrar stefnu í úrgangsmálum ætti að vera að lágmarka neikvæð áhrif af myndun og meðhöndlun úrgangs á heilbrigði manna og á umhverfið. Úrgangsstefna ætti einnig að miða að því að minnka notkun hvers konar aðfanga, og miða að því að beita svonefndum úrgangsþríhyrningi til að minnka heildaráhrif úrgangsins. Eftirfarandi forgangsröðun skal vera við val á aðgerðum í úrgangsmálum:

**Úrgangsstefna ætti einnig að miða að því að minnka notkun hvers konar aðfanga, og miða að því að beita svonefndum úrgangsþríhyrningi til að minnka heildaráhrif úrgangsins.**

1. Koma í veg fyrir myndun úrgangs
2. Undirbúa úrgang fyrir endurnotkun
3. Endurvinna úrgang
4. Önnur endurheimt t.d. orkuendurnýting, framleiðsla eldsneytis, landmótun
5. Förgun

Við val á meðhöndlunarleið skal gæta þess að lágmarka heildaráhrif af meðhöndluninni, sem getur leitt til þess að ákveðnir úrgangsstraumar fari leið eða leiðir sem víkja frá úrgangsþríhyrningnum.

Mjög auknar kröfur, lagafyrirmæli og reglur hafa komið fram frá Evrópusambandinu á síðustu árum sem kalla eftir breyttri meðhöndlun úrgangs og lágmörkun urðunar í anda hringrásarhagkerfisins. Í fyrsta lagi voru gerðar breytingar á rammatilskipuninni um úrgangsmál frá 2008 (2008/98) með tilskipununum 850/2018, 851/2018 og 852/2018 sem leggja grunninn að hringrásarhagkerfinu. Ákvæði þessarra tilskipana voru lögleidd hér á landi með breytingum á lögum nr. 55/2003 sem samþykkt voru á Alþingi í júní s.l. (2021) með lögum nr. 103/2021 (Lög um Hollustuhætti og mengunarvarnir ofl. nr. 103/2021, e.d.), sem leggja grunn að upptöku hringrásarhagkerfisins hér á landi. Í júní 2021 kom einnig út stefna ráðherra um meðhöndlun úrgangs þar sem áherslur ráðherra eru settar fram. Þær eru leiðbeinandi en hafa ekki lagagildi einar og sér. Ákveðin atriði í þeim gætu hins vegar verið sett í lög síðar.

## Bakgrunnur forverkefnis - svæðisáætlun sorpsamlaga á suðvesturhorni landsins

Í 6. grein laga um meðhöndlun úrgangs 55/2003 segir:

„Sveitarstjórn, ein eða fleiri í sameiningu, skal semja og staðfesta svæðisáætlun um meðhöndlun úrgangs sem gildir fyrir viðkomandi svæði til tólf ára í senn og skal sú áætlun fylgja stefnu um meðhöndlun úrgangs og stefnu um úrgangsforvarnir, sbr. 5. gr.“

Allt frá útgáfu laga 55/2003 hafa fjögur sorpsamlög á suðvesturhorni landsins haft með sér samstarf um gerð sameiginlegrar svæðisáætlunar um meðhöndlun úrgangs. Þetta eru SORPA bs., Sorpurðun Vesturlands hf., Sorpstöð Suðurlands bs. og Sorpeyðingarstöðin KALKA. Starfssvæði þessara fjögurra samlaga nær frá Gilsfirði í vestri að Markarfljóti í austri, og innan starfsvæðis þeirra búa yfir 80% íbúa landsins. Samstarf, stefna, ákvarðanir og sameiginlegar aðgerðir þessara samlaga skipta því mestu um meðhöndlun úrgangs í landinu.

**Starfssvæði þessara fjögurra samlaga nær frá Gilsfirði í vestri að Markarfljóti í austri, og innan starfsvæðis þeirra búa yfir 80% íbúa landsins**

Í sameiginlegri svæðisáætlun þessara sorpsamlaga og sveitarfélaganna sem að þeim standa, var strax á árinu 2009 mótuð sú stefna að allri urðun á lífrænum og brennanlegum úrgangi skyldi

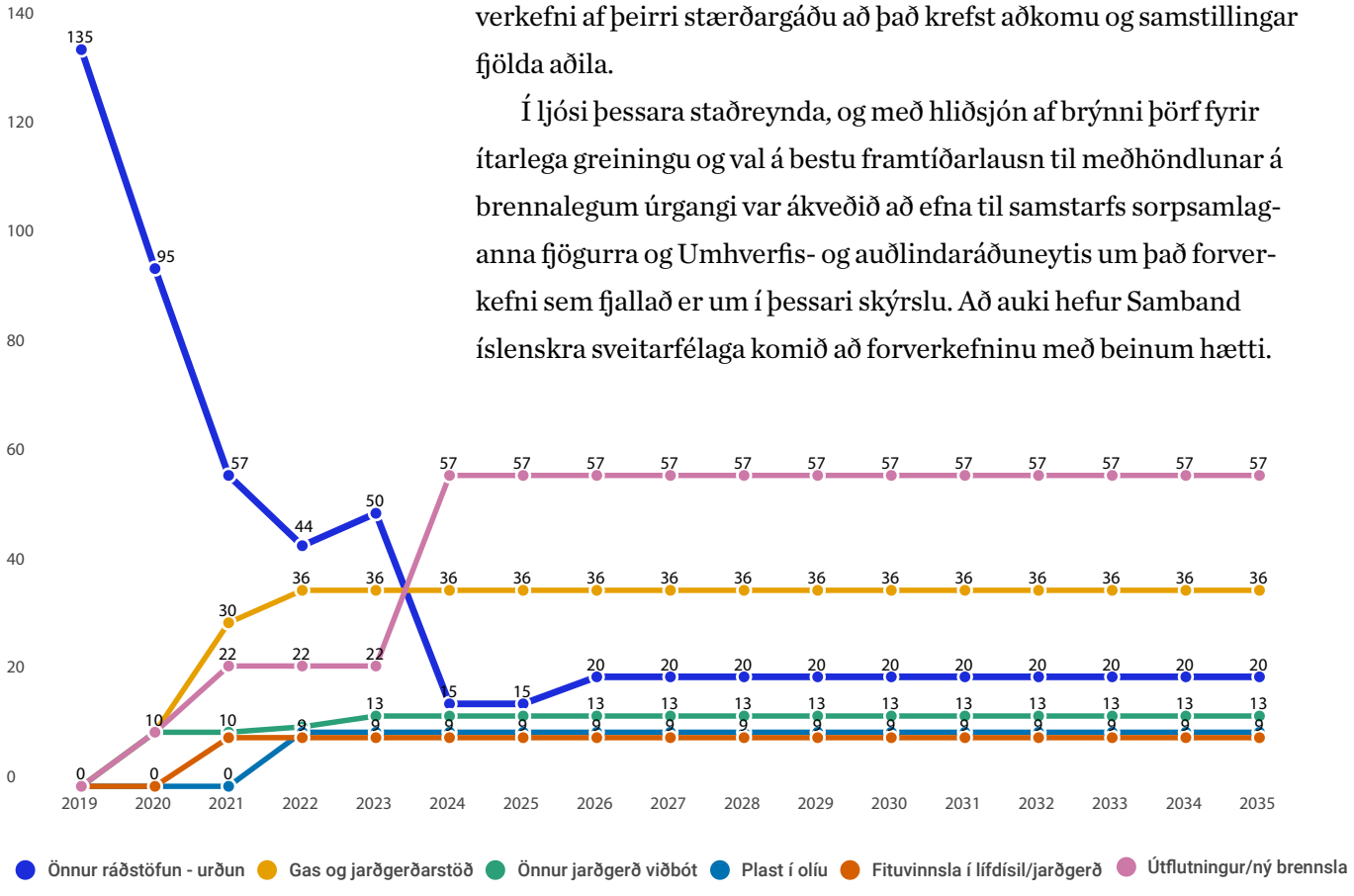


hætt eftir árið 2020. Við mótun nýrrar svæðisáætlunar fyrir árin 2021-2032 eru aðgerðir til að raungera þessa stefnu í öndvegi. Almennt yfirlit yfir þá þróun má sjá á eftirfarandi mynd.

Myndin sýnir hvernig draga mun hratt úr urðun á komandi árum. Greining á úrgangs- og efnisstraumum sem fellur til á starfssvæði þessara samlaga leiðir í ljós að sá úrgangur sem best hentar að meðhöndla með brennslu er einn stærsti flokkurinn sem takast þarf á við, og áætlað er að þörf fyrir hátæknibrennslulausn á starfssvæði þessara samlaga sé um 60 þúsund tonn á ári og meira en 70 þúsund tonn á ári ef einnig er reiknað með plasti sem ekki er hæft til endurvinnslu (Mannvit verkfræðistofa, 2021). Ef ekki tekst að þróa aðferðir til að meðhöndla slíkt plast mun það einnig rata í farveg brennslu.

Þennan brennanlega úrgang þarf að meðhöndla með full-kominni hátæknibrennslu, hvort sem hún er staðsett erlendis eða á Íslandi. Slík brennsla er ekki til á Íslandi og uppbygging hennar er verkefni af þeirri stærðargáðu að það krefst aðkomu og samstillingar fjölda aðila.

Í ljósi þessara staðreynda, og með hliðsjón af brýnni þörf fyrir ítarlega greiningu og val á bestu framtíðarlausn til meðhöndlunar á brennalegum úrgangi var ákveðið að efna til samstarfs sorpsamlaganna fjögurra og Umhverfis- og auðlindaráðuneytis um það forverkefni sem fjallað er um í þessari skýrslu. Að auki hefur Samband íslenskra sveitarfélaga komið að forverkefninu með beinum hætti.



# Aðferðafræði forverkefnis

## Stýrihópur og verkefnisstjóri

Aðstandendur forverkefnisins skipuðu stýrihóp sem í sitja eftirtaldir fulltrúar:

Jón Viggó Gunnarsson framkvæmdastjóri SORPU, Steinþór Þórðarson framkvæmdastjóri Kölku, Jón G. Valgeirsson sveitarstjóri í Hrunamannahreppi og stjórnarformaður Sorpstöðvar Suðurlands og Eygerður Margrétardóttir verkefnisstjóri hjá Sambandi íslenskra sveitarfélaga.

Stýrihópurinn réði verkefnisstjóra til að stýra forverkefninu, Helga Þór Ingason prófessor við Háskólann í Reykjavík.

## Aðferðafræði

Eins og markmiðslýsing ber með sér er þetta forverkefni í eðli sínu nokkuð rannsóknarmiðað. Ætlunin er að draga fram helstu forsendur og taka saman upphafsmynd af stóru innviðaverkefni sem þjóðin stendur frammi fyrir. Sú mynd sem hér verður brugðið upp mun vonandi hjálpa eigendum forverkefnisins að taka ákvarðanir um næstu skref, en það eru ákvarðanir sem eðli máls samkvæmt munu fela í sér mun meiri fjárhagslegar skuldbindingar. Það er því mikilvægt á þessu stigi að draga fram sem gleggstar upplýsingar til að varpa sem bestu ljósi á allt málið í núverandi mynd og bera kennsl á þá þætti sem skoða þarf betur.

Í samræmi við þetta eðli verkefnisins var sú ákvörðun tekin að kalla saman hóp af sérfræðingum sem væru best til þess fallnir að taka saman viðeigandi gögn, fjalla um þau og draga ályktanir. Aðferðafræði forverkefnisins felur í sér að skipta því í verkþætti þar sem niðurstöður úr einum verkþætti eru forsenda fyrir því að vinna megi næsta verkþátt, og svo framvegis. Aðferðafræði þessa forverkefnis er sérlega mikilvæg, til að tryggja gagnsæi og traust á faglegri aðferðafræði þess.

Í verkþáttagreiningu var forverkefnið sundurliðað í nokkra verkþætti og verður hér gerð stuttlega grein fyrir einstaka þáttum verkefnisins og innihaldi þeirra. Verkþættirnir eru:

- Efnis- og orkustraumar
- Umhverfismál
- Tæknilausnir
- Frumkostnaðaráætlun
- Staðarval á grunni bestunarlíkana
- Arðsemi
- Rýni á lagagrundvelli
- Greining á fjármögnunarmöguleikum
- Áhættugreining

**Greina efnisstrauma sem gætu komið til vinnslu. Varpa ljósi á efnisstrauma sem í dag eru urðaðir en munu ekki eiga farveg í þeirri vinnslu sem hér er til skoðunar.**

Þessu til viðbótar eru verkefnastjórnun, stýrihópsfundir, skýrslugerð sérstakur verkþáttur, sem og samræmingarfundir verkefnisteymis og opnir kynningarfundir um verkefnið. Loks er gert ráð fyrir verkþættinum Rýni skýrslu.

## Efnis- og orkustraumar

Almenn lýsing á þeim atriðum sem skoða skal er sem hér segir:

- Setja fram flokka efnisstrauma.
- Greina efnisstrauma sem gætu komið til vinnslu.
  Varpa ljósi á efnisstrauma sem í dag eru urðaðir en munu ekki eiga farveg í þeirri vinnslu sem hér er til skoðunar.
- Taka saman umfang og magn hvers efnisstraums - sem koma myndi til vinnslu - í nútíð og fyrirsjáanlegri framtíð.
- Hve stór þarf vinnslan að vera til að anna þessu?
- Taka saman flutningaþörf innanlands.
- Greina möguleika á afsetningu orku og fastra efnisstrauma.
- Setja fram þessa möguleika og draga sérstaklega fram ef þeir eru háðir staðsetningu vinnslunnar.

- Danska ráðgjafarfyrirtækið COWI gerir tillögur um val á tæknibúnaði vinnslunnar, minnisblaðið skal innihalda eftirfarandi upplýsingar skv. skilgreiningu COWI:
  1. Efnisstraumar til vinnslu.
  2. Nauðsynleg afkastageta vinnslunnar.

## Tæknilausnir í hátækniúrgangsbrennslu og frumkostnaðaráætlun

Almenn lýsing á þeim atriðum sem skoða skal er sem hér segir:

- Draga fram nýjustu upplýsingar um hátækni úrgangs-brennslu (WtE), m.a. um ristarofna, túrbínur, meðhöndlun afgass og stýribúnað.
- Skoða íslenska umhverfið m.t.t. fýsileika þess að brennslan skili rafmagni eða heitu vatni. Draga fram kosti og galla þess að gera ráð fyrir orkuvinnslu en benda á hvaða leiðir má fara ef ekki yrði gert ráð fyrir orkuvinnslu.
- Gera tillögur og lýsa helsta tæknibúnaði sem myndi henta fyrir WtE stöð á Íslandi, t.d. ristarofni, túrbínu, hreinsibúnaði fyrir afgas, meðhöndlun ösku, stjórn- og rafkerfi.
- Draga fram mögulegar lausnir og benda á kosti og galla.
- Val á búnaði sem virðist henta íslenskum aðstæðum og skilgeining þessa búnaðar.
- Gróft mat á stofnkostnaði og rekstrarkostnaði vegna vél-búnaðar og húsakosts, ásamt óvissugreiningu.
- Ræða skalanleika og setja fram einfalt flæðirit vinnslunnar.
- Setja fram áætlun um stofnkostnað og rekstrar-kostnað WtE vinnslu. Kostnaðaráætlunin inniheldur ristarofn, túrbínu, afgashreinsun, mannvirki og jaðarbún-að. Gera grein fyrir óvissu í kostnaðaráætluninni.
- Taka saman upplýsingar um nauðsynlegt landsvæði

**Kostnaðaráætlunin inniheldur ristarofn, túrbínu, afgashreinsun, mannvirki og jaðarbúnað. Gera grein fyrir óvissu í kostnaðaráætluninni.**

fyrir WtE vinnslu þmt. vegi og geymsluaðstöðu. Einnig setja fram umfang bygginga sem yrðu hluti af verkefninu, þmt. geymslusíló fyrir úrgang til brennslu.
- Setja fram "capacity diagram" fyrir WtE vinnslu m.v. nafnálag, þar sem fram komi lágmarks og hámarks vinnsla pr klst, í samhengi við brennslugildi úrgangsins.
- Setja fram einfalt flæðirit fyrir þann búnað sem lagt er til að settur verði upp í WtE vinnslunni.

## Umhverfismál

Greina fasta efnisstrauma frá vinnslunni, lykt, gas, sjónmengun, hávaða.

Almenn lýsing á þeim atriðum sem skoða skal er sem hér segir:
- Hafa til hliðsjónar þau erfiðu umhverfisvandamál sem komið hafa upp í brennslustöðvum á Íslandi og hvað þarf að tryggja til að forðast að þau komi upp á ný.
- Skoða „krítíska" umhverfisþætti hátækni úrgangsbrennslu ("Waste-to-energy"), þegar gengið er út frá að nýta þá orku sem til fellur við brennsluna.
- Skoða kröfur Evrópusambandsins sem gætu haft áhrif hér á landi.
- Greina fasta efnisstrauma frá vinnslunni, lykt, gas, sjónmengun, hávaða. Hér er einkum átt við þá þætti sem hafa umtalsverð umhverfisáhrif og magnsetja þá t.d. útblástur og samsetningu hans og mögulegan styrk, hávaða og mögulegan styrk eða styrkleikabil í dB og form hljóðs og eða viðmið sem væru í reglugerðum.
- Skoða afmörkun, þ.e. hvað yrði tekið til vinnslu og hvað ekki. Nánar tiltekið, tilgreina hvaða úrgangsflokka mætti taka til vinnslu og hvaða efni/ úrgangur mætti ekki taka til vinnslu.
- Skoða nauðsynlegt geymslurými fyrir hráefni og úr-



gangsefni. Sér í lagi hvaða skilyrði ætti að gera til geymslurýmis hvað varðar þörf á yfirbyggingu, byggingarlegar kröfur til yfirbyggingar ef þörf er á kröfum til efnis í mannvirki, þörf á loftræstingu og mat á stærðarþörf.

- Greina líklegar lykilniðurstöður úr MÁU, setja fram forsendur fyrir staðsetningu - meðal annars sem varða (en ekki bundið við) plássþörf, stöðu skipulagsmála, viðhorf íbúa og möguleika á afsetningu orku og fastra efnisstrauma.
- Greina möguleika á afsetningu á föstu efni, þ.e. slaggi og flugösku, skoða magn og möguleika hvað þetta varðar inn í hringrásarhagkerfið eða til förgunar.
- Skoða hver er líkleg efnasamsetning og hvaða möguleikar eru á að nýta fasta efnisstrauma á annan hátt en að urða á urðunarstað fyrir spilliefni/hættulegan úrgang.
- Stilla upp nokkrum möguleikum á staðsetningu vinnslu.

Miða þar við skýrslu Resource International (RI) haustið 2020 fyrir UAR (Þorlákshöfn, Álfsnes, Helguvík, Straumsvík, Grundartangi).

## Staðarval á grunni bestunarlíkana og arðsemi

Almenn lýsing á þeim atriðum sem skal ávarpa er sem hér segir:

- Skilgreina staðsetningar sem settar hafa hafa verið fram.
- Taka saman upplýsingar sem fram hafa komið um þætti (breytur) sem mögulega gætu haft áhrif á staðarval.
- Setja fram nauðsynlegar forsendur.
- Byggja upp líkan og framkvæma útreikninga.
- Framkvæma staðarvalsgreiningu á grunni stærðfræðilegs staðarvalslíkans.
- Gera grein fyrir næmni útkomunnar fyrir breytingum í forsendum.
- Draga ályktanir.
- Almenn lýsing á þeim atriðum sem skoða skal í verkþættinum Arðsemi er sem hér segir:
- Setja fram forsendur um rekstrarkostnað og rekstrartekjur vinnslunnar.
- Miða við fram komnar upplýsingar og niðurstöður úr staðarvalsgreiningu.
- Byggja á upplýsingum um stofnkostnað, rekstrarkostnað og rekstrartekjur.
- Setja upp reiknilíkan fyrir arðsemiútreikninga.
- Meta fjárhaglega hagkvæmni vinnslu á Íslandi í samanburði við útflutning.
- Skoða sérstaklega næmni útkomunnar fyrir breytingum í forsendum.

**Meta fjárhaglega hagkvæmni vinnslu á Íslandi í samanburði við útflutning.**

## Rýni á lagagrundvelli

Almenn lýsing á þeim atriðum sem skoða skal er sem hér segir:

**1. Regluverk úrgangsmála**

Samantekt á gildandi reglum um rekstur úrgangsbrennslu og reynt að staðsetja helstu áhættuþætti.

Fjallað verður um hvernig tryggt verði að áætlað magn brennanlegs úrgangs geti verið til ráðstöfunar. Í því sambandi verður kannaður lagalegur bakgrunnur, annarsvegar ráðstöfunarheimildar sveitarfélaga yfir þeim heimilisúrgangi sem til fellur og hinsvegar hvort eða hvernig unnt er að tryggja að brennanlegur úrgangur sem fellur til frá fyrirtækjum berist í fyrirhugaða brennslu.

Fjallað verður um samspil lögboðinna skyldna sveitarfélaga vegna meðhöndlunar úrgangs og samkeppnisrekstrar í þessu sambandi.

**Fjallað verður um samspil lögboðinna skyldna sveitarfélaga vegna meðhöndlunar úrgangs og samkeppnisrekstrar í þessu sambandi.**

2. Eignarhald og félagaform.

Gengið er útfrá því að um samstarfsverkefni opinberra aðila og einkaaðila verði að ræða. Kannaðir verða helstu kostir og gallar fyrirkomulags slíks eignarhalds og helstu áhættur skrásettar.

Leitað verður fyrirmynda erlendis frá til samanburðrar og eftir atvikum dregnar upp mismunandi sviðsmyndir fyrir mismunandi eignarhald og félagsform.

## Greining á fjármögnunarmöguleikum

Almenn lýsing á þeim atriðum sem skal ávarpa er sem hér segir:

- Greining á ákjósanlegum fjárfestum (þ.e. tegund fjárfesta) þ.m.t. að draga fram kosti og galla við þátttöku ólíkra aðila.

- Greining á mögulegum fjárfestum út frá ofangreindum flokkum fjárfesta. Þessi liður felur í sér að gerður verður bæði langur listi og stuttur listi með innlendum og erlendum fjárfestum sem eru líklegir til að hafa áhuga á að taka þátt í verkefninu.
- Gera forkönnun á áhuga mögulegra fjárfesta og annarra hagaðila á þátttöku. Í þessu skrefi verður líka varpað ljósi á hvaða kröfur fjárfestar gera fyrir þátttöku í verkefninu og á hvaða stigi þeir hefðu áhuga á að koma inn.
- Viðræður við mögulega fjárfesta um þeirra aðkomu t.d. á hvaða tímapunkti þeir hefðu áhuga á að koma inn og hvaða kröfur þeir gera fyrir sinni þátttöku. Þessi liður felur í sér samtöl við 3-5 aðila á Íslandi og 3-5 erlenda aðila.
- Hvernig ber að setja skýrsluna fram til að hún nýtist sem gagn við fjármögnun næstu skrefa?
- Greina aðkomu ríkisins vegna mögulegra ívilnana, lagasetningar eða annarra þátta sem máli skipta. Þetta skref felur í sér viðræður við Ríkið um mögulegar ívilnanir og lagasetningu. Einnig verður rætt við Samtök íslenskra sveitarfélaga um þeirra aðkomu. Til að undirbúa viðræðurnar verður aðkoma ríkisins að PPP verkefnum síðustu ára tekin saman, ásamt aðkomu erlendra ríkja í sambærilegum verkefnum.
- Viðræður við lykil hagsmunaaðila. Rætt verður við núverandi aðila að þessari forkönnun og aðra mögulega lykilhagsmunaaðila. Viðfangsefnið verður m.a. hversu mikið og með hvaða hætti hver aðili er tilbúinn til að skuldbinda sig inn í verkefnið og með hvaða hætti.
- Setja fram möguleika um fjármögnun, skoða m.a. PPP líkön og draga fram kosti og galla og leggja til hagstæða leið. Þessi liður ásamt næsta lið fela í sér skýrslugerð þar sem niðurstöðum ofangreindrar vinnu verða gerð skil.
- Taka saman yfirlit um vænlegar leiðir til að byggja upp þá skipulagsheild fyrir þann sem verður eigandi vinnslunnar og mun standa fyrir byggingu hennar.

**Rætt verður við núverandi aðila að þessari forkönnun og aðra mögulega lykilhagsmunaaðila.**

## Áhættugreining

Almenn lýsing á þeim atriðum sem skoða skal er sem hér segir:

- Draga fram upplýsingar um helstu áhættuþætti í áþekkum verkefnum á heimsvísu.
- Standa fyrir vandaðri áhættugreiningu með þátttöku sérfræðingahópsins og valinna sérfræðinga utan hans.
- Áhættugreining fer einnig fram með þátttöku hóps áhugafólks úr röðum hagsmunaðaila og sérfræðinga um hátækni úrgangsbrennslu sem kom fyrst saman á vinnufundi í júní 2021 og hittist á ný í nóvember 2021 til að vinna saman að áhættugreiningu.
- Benda á hvað þarf að gera til að draga úr áhættu í verkefninu.
- Greiningin nái yfir bæði sjálft verkefnið og rekstur hátækni úrgangsbrennslu.
- Vonir standa til að það verklag við áhættugreiningu sem hér verður þróað geti nýst í framhaldi verkefnisins á komandi árum og jafnvel orðið fyrirmynd í áþekkum innviðaverkefnum á Íslandi á komandi tímum.

**Vonir standa til að það verklag við áhættugreiningu sem hér verður þróað geti nýst í framhaldi verkefnisins á komandi árum og jafnvel orðið fyrirmynd í áþekkum innviðaverkefnum á Íslandi á komandi tímum.**

## Verkefnastjórnun, stýrihópsfundir, skýrslugerð og Samræmingarfundir verkefnisteymis

Undir þess verkþætti féll m.a. öll áætlanagerð í forverkefninu, að fylgja áætlun eftir og að uppfæra hana eftir þörfum. Einnig að halda stýrihópi upplýstum með reglulegum fundahöldum og miðla til hans upplýsingum um framvindu verkefnisins.

Auk þess var stýrihópur beinn þátttandi í verkefninu í veigamiklum hlutum þess og sú vinna fellur undir verkþáttinn. Hér má sérstaklega nefna vinnu sem tengdist staðarvali en það kom í hlut stýrihópsins að greina ýmsar breytur, sem skipta máli við staðarval, aðrar en beina flutningahagkvæmni.

Undir verkþáttinn féllu einnig öll samskipti við sérfræðinga og aðra þá er koma að verkefninu og í ýmsum tilfellum öflun upplýsinga, til dæmis vegna útreikninga á arðsemi.

Heildræn samræming forverkefnis fólst í beinum samskiptum við sérfræðingana og að standa fyrir fundum í þeirra hópi til að tryggja yfirsýn og upplýsingamiðlun. Í þessu skyni var m.a. notast við Microsoft Teams og fékk verkefnið vinnusvæði á vefþjóni þar sem haldið var utan um samskipti og gögn sem sérfræðingahópurinn þurfti á að halda í sinni vinnu, og þær niðurstöður sem sérfræðingarnir skiluðu af sér.

Loks féll undir verkþáttinn að taka saman lokaskýrslu.

## Opnir kynningarfundir um verkefnið

**Tilgangur þessa fundar var að kynna þessum aðilum verkefnisáætlun forverkefnisins og fá endurgjöf þeirra á hana.**

Hluti upphaflegrar verkefnisáætlunar voru samræmingarfundir sérfræðingateymisins, stýrihópsfundir, þar sem verkefnastjóri gerði grein fyrir framvindu og rætt var um efnisþætti verkefnisins auk þess sem gert var ráð fyrir kynningu verkefnisins í verkefnislok.

Eitt af því fyrsta sem gert var í forverkefninu var að kalla saman hóp hagsmunaaðila frá sveitarfélögum, stjórnsýslu, opinberum stofnunum, sorpsamlögum og rekstraraðilum sem starfa á sviði úrgangsstjórnunar. Tilgangur þessa fundar var að kynna þessum aðilum verkefnisáætlun forverkefnisins og fá endurgjöf þeirra á hana. Einkum og sér í lagi var þó markmiðið að fá umræðu í þessum hópi um umfang þeirra efnisstrauma sem teknir yrðu inn í stöðina, til að fá fram ólík viðhorf aðila um það hversu stór stöðin þyrfti að vera. Fundurinn fór fram 28. júní 2021 á Grand Hotel og var vel sóttur og vel heppnaður.

Aftur var boðað til umræðufundar sama hóps hagsmunaaðila þann 15. nóvember í Háskólanum í Reykjavík. Þar var áherslan lögð á víðtæka áhættugreiningu og efnislegar niðurstöður þessa

fundar eru til umfjöllunar í sérstökum kafla um áhættugreiningu. Góð mæting var á fundinn og tókst hann vel.

Fljótlega kom í ljós að margir höfðu áhuga á forverkefninu og vildu gjarnan fylgjast með því. Ákveðið var að gera markvissa kynningu á framvindu og milliniðurstöðum forverkefnisins á opinberum vettvangi yrði gerð að formlegum verkþætti. Samband íslenskra sveitarfélaga tók að sér að standa fyrir fundaröðinni „Skör ofar" sem felur í sér að greina frá áætlun og framvindu forverkefnisins og niðurstöðum sérfræðinganna eftir því sem þær kæmu fram. Samtals voru haldnir fimm fundir í fundaröðinni. Þátttaka í þessum fundum var mikil, á bilinu 40-100 manns nýttu sér fundina sem voru streymisfundir. Upplegg þeirra var einfalt. Fundastjóri opnaði fundina, frummælendur héldu erindi og í kjölfarið var opnað fyrir umræður, spurningar og svör. Að lokum gerði verkefnisstjóri grein fyrir stöðu, framvindu og næstu skref-



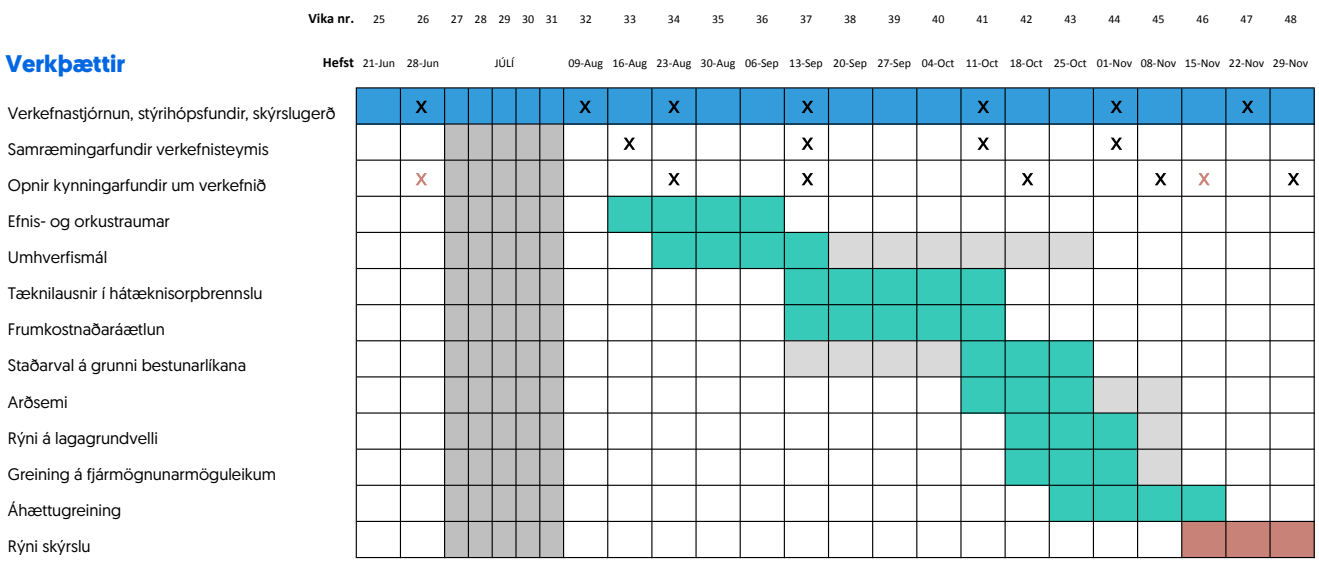
um í forverkefninu. Í þessum umræðum komu fram margvíslegar ábendingar og upplýsingar sem nýttust í sjálfu verkefninu og því má segja að þessi kynningarhluti og opin umræða um verkefnið hafi nýst sem beint innlegg í sjálft verkefnið og þannig aukið gildi þess. Þar að auki verður ekki hjá því litið að það er mikilvægur þáttur forverkefnisins að skapa traust um aðferðafræði og niðurstöður þess.

Heilstætt yfirlit um opna kynningarfundi og vinnufundi í verkefninu er sem hér segir:

| | |
|---|---|
| **28. júní** | *Vinnustofa hagsmunaaðila um umfang efnisstrauma á Grand hotel* |
| **25. ágúst** | *Skör ofar, 1. fundur – kynning á verkefninu* |
| **17. september** | *Skör ofar, 2. fundur – kynning á efnis- og orkustraumum* |
| **27. október** | *Skör ofar, 3. fundur – kynning á tæknilausnum í hátækniúrgangsbrennslu og frumkostnaðaráætlun* |
| **29. október** | *Kynning á aðalfundi Sorpstöðvar Suðurlands* |
| **5. nóvember** | *Kynning á fundi hjá Samtökum sveitarfélaga og atvinnuþróunar á Norðurlandi Eystra og Samtökum sveitarfélaga á Norðurlandi vestra* |
| **9. nóvember** | *Skör ofar, 4. fundur – Kynning á umhverfisþáttum og staðarvalslíkani* |
| **15. nóvember** | *Vinnustofa hagsmunaaðila um áhættuþætti í Háskólanum í Reykjavík* |
| **1. desember** | *Skör ofar, 5. fundur – Kynning á öðrum niðurstöðum verkefnisins* |

## Bjálkarit

Heildstætt bjálkarit með yfirliti um alla verkþætti og tímaáætlun forverkefnisins má sjá hér að neðan.




## Sérfræðingar sem unnu að forverkefninu



**Stefán Gíslason** *(efnis- og orkustraumar)*

- Stefán Gíslason lauk BS-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1980. Árin 1985-1997 starfaði hann sem sveitarstjóri á Hólmavík, þar sem úrgangsmál voru eðli málsins samkvæmt stór hluti af daglegum viðfangsefnum. Árið 1998 lauk hann MSc-prófi í stefnumótun og stjórnun umhverfismála og hefur síðan þá verið í fullu starfi sem umhverfisráðgjafi, fyrst í eigin nafni en frá árinu 2000 undir merkjum eigin fyrirtækis, Umhverfisráðgjafar Íslands ehf. (Environice). Fyrstu árin var aðaláherslan á aðstoð við sveitarstjórnir við innleiðingu Staðardagskrár 21, en síðustu ár hefur megináherslan legið í úrgangsmálum og í loftslagsmálum. Stefán og samstarfsfólk hans hjá Environice hefur

komið að fjölmörgun verkefnum á sviði úrgangsmála, bæði á íslenskum og norrænum vettvangi. Af stærstu úrgangsverkefnunum hérlendis má nefna hlutdeild í greiningu á bestu tæknilegu valkostunum í miðlægri jarðgerð, gerð landsáætlunar um meðhöndlun úrgangs 2013-2024, vöktun umhverfisþátta á u.þ.b. 5 mismunandi urðunarstöðum á Vestur- og Norðvesturlandi og ráðgjöf um framtíðarlausnir í úrgangsmálum Sunnlendinga. Auk þess hefur starfsfólk Environice komið að gerð allra svæðisáætlana um meðhöndlun úrgangs sem birst hafa hingað til, að einni frátalinni. Ráðgjöf Environice í loftslagsmálum hefur að miklu leyti snúist um útreikninga á kolefnisspori, þ.á m. kolefnisspori úrgangsmeðhöndlunar, auk ráðgjafar um loftslagsmál fyrir Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, Umhverfisstofnun og Loftslagsráð. Stefán hefur verið virkur í umræðu um úrgangsmál síðustu 30 ár og komið að fjölmörgum verkefnum á því sviði, umfram þau sem hér hafa verið nefnd.



**Helga J. Bjarnadóttir** *(umhverfismál)*

Helga Jóhanna Bjarnadóttir er með meistaragráðu í efnaverkfræði frá DTU í Kaupmannahöfn og hefur 29 ára starfsreynslu sem verkfræðingur og verkefnisstjóri. Fyrst hjá Iðntæknistofnun en síðar hjá Línuhönnun og EFLU verkfræðistofu. Störf Helgu hafa verið fjölbreytt en einkum má nefna störf á eftirfarandi sviðum; mati á vistspori og kolefnisspori með vistferilsgreiningum (LCA), umhverfis- og öryggisstjórnun í fyrirtækjum og sveitarfélögum, mati á umhverfisáhrifum framkvæmda, starfsleyfismál og ýmis ráðgjöf við mengandi starfsemi, umhverfisvöktun, meðhöndlun og endurvinnslu úrgangs og mengaðs jarðvegs, vistvænni hönnun og vottun bygginga. Helga sinnir verkefnisstjórnun og rannsóknarvinnu á ofangreindum sviðum og hefur sinnt kennslu og verið leiðbeinandi í lokaverkefnum nemenda á háskólastigi (HR, HÍ).

Helga hefur hefur stýrt umhverfissviði Línuhönnunar og

EFLU frá árinu 2005 og er nú sviðsstjóri Samfélagssviðs EFLU Helga hefur tekið þátt í ýmsum stjórnum og nefndum og situr í dag í stjórn Staðlaráðs Íslands, Votlendissjóðs og er varamaður í Úrskurðarnefnd umhverfis- og auðlindamála.

**Nels Toft Rasmussen** *(tæknilausnir)*



- Nels Toft Rasmussen is a certified Project Management Professional under the Project Management Institute (PMI). Nels has experience in managing projects with many project participants and stakeholders, and he is able to make use of this in conjunction with COWI's project management model and tools, which follow PMI's project model.

  Nels has experience as a project manager from several large multi-disciplinary projects which in addition to thermal systems also include electromechanical installations, Distributed Control Systems and construction. He has been project manager for the establishment of waste incineration plants and mechanical project manager for biomass plants nationally and internationally.

  For waste-to-energy projects Nels has experience from several projects in preparing feasibility studies, basic design and tender documents as well as leading contract negotiations. He has on several projects been acting as project manager for a team of consultants following up during the construction and test & commissioning phases until taking over. Nels has experience from several projects for upgrading existing waste-to-energy plants for improving performance and operation.

  COWI is a large international multidisciplinary consultancy with a worldwide staff of more than 6,000, with headquarters in Denmark and offices and operations in several countries worldwide. COWI is among the largest global waste management consultants, with complete expertise in Energy from Waste. COWI has implemented a substantial number of successful

energy projects over the years. COWI Thermal Power is a team of experts ready to assist our clients during the whole project, from planning to implementation, and throughout the entire plant life. COWI has comprehensive experience in thermal conversion of waste. This includes combustion in traditional boilers and the most advanced systems for gasification. We have assisted Clients in numerous projects for combined heat and power plants, but also for boiler units producing steam for industrial purposes. All these plants use Municipal Solid Waste for fuel and some also burn Refuse Derived Fuels (RDF) or biomass. COWI specialists have wide international background including working experience from a number of countries and regions in Europe, Asia, Africa and the Americas.



**Páll Jensson** *(staðarval og arðsemi)*

- Páll Jensson er prófessor við Verkfræðideild Háskólans í Reykjavík. Páll var prófessor í iðnaðarverkfræði við Háskóla Íslands á árunum 1987-2011 og eftir það hóf hann störf sem prófessor við verkfræðideild HR og leiddi námsbrautir í rekstrarverkfræði og fjármálaverkfræði.

Páll lauk PhD gráðu í iðnaðarverkfræði frá Danska tækniháskólanum 1975. Hann starfaði fyrir IBM á tímabilinu 1975-1977 og stýrði Reiknistofnun Háskóla Íslands á tímabilinu 1977-1987. Páll hefur mikla reynslu á sviði aðgerðarannsókna, arðsemimats og fjárhagslegrar líkangerðar á mörgum sviðum atvinnulífsins, m.a. sjávarútvegs, fiskeldis og fiskvinnslu. Hann hefur verið virkur í kennslu og rannsóknum á sviðinu síðan 1977.

**Ari Karlsson og Haraldur Flosi Tryggvason** *(lögfræðileg rýni)*

- Ari Karlsson er ráðgefandi lögmaður hjá LMG lögmönnum. Ari er útskrifaður með embættispróf í lögfræði frá Háskóla Íslands. Ari er jafnframt aðjúnkt við lagadeild Háskólans á Bif-



röst og stundakennari við lagadeild Háskóla Íslands. Ari hefur meðal annars á ferli sínum starfað sem ráðgjafi fyrir stjórnvöld, sveitarfélög og stofnanir þeirra og átt sæti í ýmsum nefndum og starfshópum á vegum stjórnvalda.



■ Haraldur Flosi Tryggvason er lögmaður og einn af eigendum LMG lögmanna. Haraldur er útskrifaður með embættispróf frá Háskóla Íslands, LL.M. gráðu í lögfræði frá Oxford háskóla og MBA gráðu frá Oxford Brooks háskóla. Haraldur hefur meðal annars á ferli sínum starfað sem ráðgjafi fyrir stjórnvöld, sveitarfélög og stofnanir þeirra og jafnframt setið í stjórnum opinberra fyrirtækja og starfshópum á þeirra vegum.



**Ragnar O. Rafnsson (fjármögnunarmöguleikar)**

■ Ragnar Oddur Rafnsson hefur starfað hjá Earnst & Young á Íslandi frá árinu 2013 og hefur verið sviðsstjóri fyrirtækjaráðgjafar frá árinu 2019. Hann er með Bsc. í rekstrar-og fjármálaverkfræði frá Háskólanum í Reykjavík. Ragnar býr yfir mikilli þekkingu og reynslu á sviði fyrirtækjaráðgjafar og hefur starfað á því sviði sl. 13 ár. Hann hefur stjórnað og unnið að framkvæmd margvíslegra áreiðanleikakannana og stýrt kaupa- og söluferli, einkavæðingu og sameiningu félaga hér heima og erlendis. Áður starfaði Ragnar hjá PwC.



**Svana Helen Björnsdóttir (áhættugreining)**

■ Svana Helen er verkfræðingur með Dipl.-Ing. gráðu í raforkuverfræði frá Technische Universität Darmstadt í Þýskalandi og er um það bil að ljúka PhD-námi í kerfisverkfræði frá Háskólanum í Reykjavík þar sem hún hefur stundað samanburðarrannsóknir á aðferðafræði við áhættugreiningu. Hún hefur auk þess lokið áföngum í rekstrarverkfræði við Háskóla Íslands og viðskiptafræði og alþjóðlegri markaðsfræði í gegnum ITM

WorldWide, m.a. við Chalmers í Svíðþjóð og við INSEAD Fontainbleau í Frakklandi. Svana Helen er alþjóðlegur IRCA-vottaður úttektarmaður (Lead Auditor) fyrir ISO-stjórnkerfi sem byggja á ISO/IEC 27001.

Svana stofnaði verkfræði- og hugbúnaðarfyrirtækið Stika ehf. árið 1992 og starfaði þar sem framkvæmdastjóri og ráðgjafi til ársins 2019 þegar Stiki rann inn í Klappir grænar lausnir hf. sem er fyrirtæki á sviði umhverfislausna og skráð á Nasdaq First North. Rekstur Stika var vottaður af BSI skv. ISO 9001 og IOS/IEC 27001 frá 2006. Svana starfaði sem framkvæmdastjóri hjá Klöppum þar til í apríl 2020 þegar hún færði sig yfir til Háskólans í Reykjavík til að sinna þar rannsóknum og ljúka doktorsrannsókn sinni.

Samhliða framkvæmdastjórastarfi hefur Svana setið í stjórnum fjölmargra fyrirtækja, samtaka og stofnana og hefur víðtæka reynslu af rekstri fyrirtækja, bæði hérlendis og erlendis. Hún hefur m.a. verið formaður Samtaka iðnaðarins, stjórnarmaður í Samtökum atvinnulífsins, í framkvæmdastjórn SA, formaður Samtaka sprotafyrirtækja, í háskólaráði HR og í stjórn Persónuverndar. Einnig í stjórn eða stjórnarformaður Haga hf., Landsnets hf., Vinnudeilusjóðs SA, Akks ehf., Men and Mice ehf., Skýrslutæknifélagsins (Ský) og í stjórn evrópskra upplýsingartæknifélaga CEPIS. Hún situr í Vísinda- og tækniráði sem mótar stefnu stjórnvalda í vísinda- og tæknimálum. Svana hefur einnig verið kirkjuþings- og kirkjuráðsmaður um árabil. Svana er nú formaður Verkfræðingafélags Íslands, varaformaður stjórnar Söfnunarsjóðs lífeyrisréttinda, í framkvæmdastjórn Evrópusamtaka verkfræðifélaga FEANI og í stjórn Samtaka sparifjáreigenda.

Svana stýrði í mörg ár þróun á hugbúnaði til áhættumats, RM Studio, skv. alþjóðlegum stöðlum. Í tengslum við doktorsrannsókn sína hóf hún samstarf við ZHAW-háskólann í Sviss og fékk þriggja ára Eurostars verkefnisstyrk til þróunar á hugbúnaði til áhættugreiningar skv. STPA-aðferð sem þróuð hefur verið

við MIT-háskólann í BNA. Verkefninu lauk árið 2019 og er hluti af doktorsverkefni Svönu. Þá hefur Svana verið ráðgjafi stjórnvalda, opinberra stofnana og fyrirtækja í tengslum við uppbyggingu stjórnkerfa, innleiðingu ISO-stjórnunarstaðla, innri og ytri úttektir af ýmsu tagi, vegna ISO-vottana, stefnumótunarvinnu auk þess að stýra áhættugreiningu og áhættumati hjá fjölda aðila í tæp 30 ár.



**Andri Teitsson** *(rýni skýrslu)*

- Lauk prófi í vélaverkfræði frá HÍ 1990 og meistaraprófi í iðnaðarverkfræði frá Stanford-háskóla í Kaliforníu 1990. Hann starfaði við fyrirtækjaráðgjöf, eignastýringu, greiningu á hlutabréfamarkaði og fleira hjá Kaupþingi Norðurlands og Íslandsbanka 1994-1997.

Hann var framkvæmdastjóri Þróunarfélags Íslands 1997-2002, fjárfestingarfélag í eigu banka og lífeyrissjóða ofl. sem lagði fé í bæði skráð félög og þróunarverkefni, var sjálft með hlutabréf sín skráð í kauphöll. Framkvæmdastjóri KEA svf. 2003-2005 og framkvæmdastjóri Fallorku ehf. frá 2010. Félagið er í eigu Norðurorku, það rekur fjórar vatnsaflsvirkjanir og selur raforku á samkeppnismarkaði um allt land.

Andri hefur verið bæjarfulltrúi á Akureyri frá 2018, og formaður umhverfis- og mannvirkjaráðs sveitarfélagsins allan þann tíma. Hann hefur setið í stjórnum fjölmargra fyrirtækja svo sem Sölumiðstöðvar hraðfrystihúsanna, Marel, Náttúruhamfaratryggingar Íslands, Opinna kerfa, Norðlenska matborðsins og Vaðlaheiðarganga.

## Aðrir sem lagt hafa hönd að verki

Ýmsir hafa komið að þessu forverkefni með beinum hætti. Fyrst má nefna að margir tóku þátt í „Skör ofar" fundaröðinni.

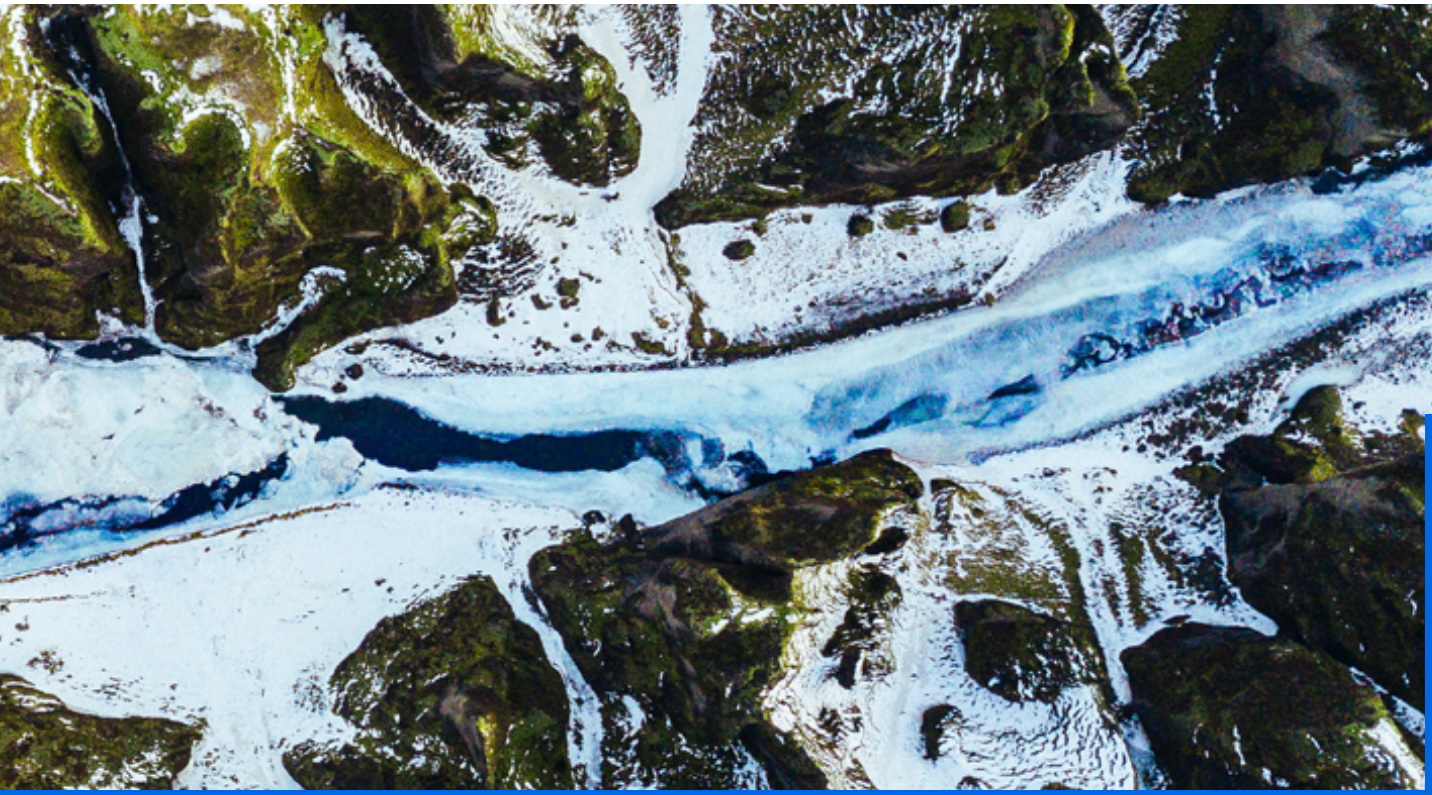
Þátttakendur í vinnustofu um efnisstrauma 28. júní:
Birgitta Stefánsdóttir, Guðmundur Tryggvi Ólafsson, Jón Erlingsson, Freyr Eyjólfsson, Sigríður Kristbjörnsdóttir, Jón Þórir Frantzson, Ástþór Ingvi Ingvason, Rakel S Kristj ánsdóttir, Júlíus Sólnes, Arngrímur Sverrisson, Jörgen Þór Þráinsson, Eygerður Margrétardóttir, Helgi Pálsson, Stefán Guðsteinsson, Guðjón Bragason, Eiður Guðmundsson, Gunnar Bragason, Alexander Eðvardsson, Önundur Jónsson, Jón G. Valgeirsson, Jón Viggó Gunnarsson, Steinþór Þórðarson, Karl Eðvaldsson, Guðmundur Ólafsson.



Þátttakendur í vinnustofu um áhættu 15. nóvember:
Jón G. Valgeirsson, Hrafn Árnason, Sigurjón Bragason, Jón Þórir Frantzson, Bragi Már Valgeirsson, Stefán Guðsteinsson, Valgeir Páll Björnsson, Jóhannes Ólafsson, Arngrímur Sverrisson, Ástþór Ingvi Ingvason, Guðmundur Tr. Ólafsson, Eygerður Margrétardóttir, Gunnar Dofri Ólafsson, Teitur Gunnarsson, Anna G. Ólafsdóttir, Ragnar Oddur Rafnsson, Svana Helen Björnsdóttir, Kristinn Andersen.

Yfirlestur á hlutum skýrslunnar:
Teitur Gunnarsson, Páll Guðjónsson, Páll Valdimarsson, Jón Erlingsson og allir sérfræðingar forverkefnisins sem taldir voru upp hér að ofan gáfu gagnlega efnislega endurgjöf. Að auki önnuðust Gunnar Dofri Ólafsson, Kolbeinn Marteinsson, Gunnar E. Kvaran og Bryndís Nielsen prófarkalestur.

Öllu þessu fólki eru færðar þakkir fyrir framlagið.



# II HLUTI

# TÆKNILEGUR HLUTI

Efnis- og orkustraumar

Tæknilausnir í hátækniúrgangsbrennslu

Umhverfismál

## Efnis- og orkustraumar

Samantekt úr minnisblaði Stefáns Gíslasonar er sem hér segir (Gíslason, 2021). Minnisblaðið er í heild í viðauka B.

Meginniðurstaða þessa minnisblaðs er að árið 2030 muni allt að 131.087 tonnum af úrgangi skila sér til hátæknibrennslustöðvarinnar sem hér er til umræðu. Þessi áætlun byggir á því magni úrgangs sem féll til á Íslandi árið 2019 samkvæmt tölum Umhverfisstofnunar, að samanlagt úrgangsmagn aukist í réttu hlutfalli við íbúaþróun fram til ársins 2030 og að fyrir þann tíma verði flokkun og sérsöfnun aukin í samræmi við ákvæði þeirra breytinga á lögum nr. 55/2003 um meðhöndlun úrgangs sem taka að fullu gildi 1. janúar 2023, þó innan þeirra marka sem líklegt er að tæknilegar takmarkanir setji. Hvað varðar efnisstrauma í blönduðum úrgangi er byggt á tölum SORPU bs um innihald þess blandaða úrgangs sem urðaður var á urðunarstað fyrirtækisins í Álfsnesi 2019. Ekki fór fram nákvæm greining á skiptingu úrgangs milli landshluta, en almennt gert ráð fyrir að magn úrgangs í þeim flokkum sem kæmu til brennslu í stöðinni sé svipað á hvern íbúa, óháð búsetu.

**Spilliefnum fylgja þungmálmar og fleiri mengunarvaldar sem kunna að spilla botnösku stöðvarinnar og takmarka þannig nýtingarmöguleika hennar.**

Í minnisblaðinu er ekki gerð tilraun til að spá fyrir um þau áhrif sem viðleitni til úrgangsforvarna kann að hafa fram til ársins 2030. Ekki er heldur gerð tilraun til að spá fyrir um hugsanleg áhrif breyttrar neysluhegðunar, áhrif vistvænni hönnunar sem lengt gæti líftíma varnings og aukið möguleika á endurvinnslu, né heldur áhrif annarra lítt fyrirsjáanlegra þátta sem haft gætu áhrif á úrgangsmagnið. Allir þeir þættir sem hér hafa verið nefndir eru frekar til þess fallnir að draga úr magni úrgangs til brennslu en að auka það, og því ber að líta á niðurstöðutöluna sem hámarkstölu.

Í minnisblaðinu er gengið út frá því að spilliefni og dýrahræ komi ekki til brennslu í stöðinni. Spilliefnum fylgja þungmálmar og fleiri mengunarvaldar sem kunna að spilla botnösku stöðvarinnar og takmarka þannig nýtingarmöguleika hennar. Því er gert ráð fyrir að slík efni séu fremur brennd í mun minni stöð, sem sérhæfir

Viðauki B
PDF
sækja skrá
0,7 MB

sig í eyðingu hættulegs úrgangs. Vegna mikils rakainnihalds eru dýrahræ illbrennanleg, nema eldsneyti sé notað við brennsluna. Annar úrgangur sem berst til stöðvarinnar getur út af fyrir sig þjónað þessu eldsneytishlutverki, en það hefur óhjákvæmilega neikvæð áhrif á orkuframleiðslu stöðvarinnar og getur fræðilega séð ógnað stöðu hennar sem endurnýtingarfarvegs. Til að teljast endurnýting þarf orkunýtnin að standast ákveðin lágmarksviðmið.

Gera má ráð fyrir að botnaska frá brennslustöð af því tagi sem hér um ræðir verði allt að 25% af heildarmassa þess úrgangs sem berst til stöðvarinnar, þ.e. allt að 32.500 tonn á ári. Ef vel tekst til getur þessi aska flokkast sem óvirkur úrgangur og því nýst í steinsteypu, vegagerð og aðra landmótun. Lágmörkun á því magni spilliefna sem berst til stöðvarinnar er til þess fallin að auka líkurnar á þessu.

Flugaska gæti orðið á að giska allt að 2,5% eða 3.250 tonn á ári. Hugsanlega er hægt að nýta flugöskuna í steinsteypu eða malbik. Hér má einnig nefna að þróun á búnaði til hreinsunar flugösku er langt komin erlendis. Í versta falli þarf að afsetja hana á sérhæfðum urðunarstað fyrir spilliefni.

Í minnisblaðinu er getum að því leitt að stöðin sem hér um ræðir geti framleitt um 60 GWh af rafmagni á ári og jafngildi 300 GWh af heitu vatni. Ekki er gerð tilraun til að rýna í sölumöguleika orku frá stöðinni, en þeir ráðast óhjákvæmilega af markaðsaðstæðum og að einhverju leyti af staðsetningu.

**Í minnisblaðinu er getum að því leitt að stöðin sem hér um ræðir geti framleitt um 60 GWh af rafmagni á ári og jafngildi 300 GWh af heitu vatni.**

Ljóst er að brennsla til orkunýtingar er til þess fallin að draga verulega úr losun gróðurhúsalofttegunda frá meðhöndlun úrgangs. Vegna stöðu orkumála á Íslandi mun orka sem seld er frá stöðinni þó ekki leysa jarðeldsneyti af hólmi, heldur koma í stað orku af endurnýjanlegum uppruna sem ella hefði verið notuð til sömu þarfa. Samanlagður ávinningur í loftslagslegu tilliti verður því minni en í löndum þar sem orka frá úrgangsbrennslum kemur í stað óendurnýjanlegrar orku. Fræðilega séð mætti fanga allt koldíoxíð sem losnar frá stöðinni og binda það í bergi. Með því móti yrði brennslustöðin kolefnisneikvæð.

Í þessu minnisblaði er ekki fjallað um áhættur í rekstri stöðvarinnar. Ein slík áhætta felst þó augljóslega í að stöðin verði afkastameiri en sem svarar raunverulegri eftirspurn. Þess er að vænta að stofnkostnaður og þar með fjármagnskostnaður hækki í einhverju hlutfalli við uppsetta brennslugetu. Offjárfesting leiðir til minni rekstrarhæfni sem mun endurspeglast í hærri móttökugjöldum en ella og þar með skertri samkeppnisstöðu gagnvart öðrum aðilum hérlendis eða erlendis sem bjóða þjónustu við förgun eða orkuvinnslu úr úrgangi. Gera má ráð fyrir að stöðin leiti eftir langtímasamningum um úrgang til brennslu, en engin leið er þó að tryggja varanlega tryggð úrgangshafa við stöðina. Afköst umfram eftirspurn skapa einnig ákveðinn freistnivanda, þar sem handhægt kann að virðast að sækjast eftir úrgangi til brennslu, sem annars hefði nýst til endurvinnslu af einhverju tagi. Slíkt væri andstætt meginreglunni um forgangsröð í meðhöndlun úrgangs, auk þess sem skv. lögum nr. 55/2003 verður óheimilt að brenna úrgangi sem safnað hefur verið sérstaklega til endurvinnslu.

**Ekki er fráleitt að ætla að 70% af hámarksgetu myndu nægja í flestum tilvikum, þ.e. u.þ.b. 90.000 tonn.**

Samkvæmt minnisblaðinu má telja eðlilegt að miða hámarksgetu brennslustöðvar við 130.000 tonn á ári, en að hugsanlega myndi smærri brennsla þó duga til að anna eftirspurn. Ekki er fráleitt að ætla að 70% af hámarksgetu myndu nægja í flestum tilvikum, þ.e. u.þ.b. 90.000 tonn.

Í minnisblaðinu er miðað við að brennslugildi úrgangs sé 10 MJ/kg og er sú tala byggð á BREF skjali Evrópusambandsins (Neuwahl o.fl., 2019) sem geymir reynslutölur frá fjölda evrópskra brennslustöðva. Töluverð óvissa er um brennslugildi þess úrgangs sem falla mun til á Íslandi og þennan þátt þarf að rannsaka sérstaklega í næsta áfanga verkefnisins. Jafnframt liggur fyrir að brennslugildið hefur mikil áhrif á rekstur stöðvarinnar, því ef brennslugildið hækkar, þá dragast afköstin í tonnum saman í sama hlutfalli.

Fyrir liggja drög að Sameiginlegri svæðisáætlun um meðhöndlun úrgangs 2021-2032 (Mannvit verkfræðistofa, 2021) sem tekur



til starfssvæðis fjögurra sorpsamlaga og 32 sveitarfélaga á suðvesturhluta landsins. Við ritun þessarar skýrslu var stuðst við útgáfu áætlunarinnar sem er aðgengileg á vefslóðinni www.samlausn.is. Þar er gert ráð fyrir því að í lok tímabils svæðisáætlunarinnar þurfi allt að 70.000 tonn árlega að rata í förgun í formi brennslu. Magnið gæti verið 10.000 tonnum minna ef tekst að finna endurvinnslufarveg fyrir plast, en töluverð óvissa ríkir um þetta. Hlutfallslegur fjöldi íbúa á því svæði sem hin sameiginlega svæðisáætlun tekur til er meira en 80% af heildar íbúafjölda landsins. Því má ganga út frá því að með sömu röksemdafærslu sé heildarmagn úrgangs til brennslu á landinu öllu um 88.000 tonn árið 2032.

Haustið 2020 skrifaði ráðgjafarfyrirtækið Resource International (RI) skýrsluna Greining á þörf úrgangsbrennslustöðva á Íslandi fyrir Umhverfis- og atvinnuvegaráðuneytið (Guðrún Guðmundsdóttir o.fl., 2020). Í þessari vinnu var spáð fyrir um þróun í umfangi óendurvinnanlegs úrgangs á Íslandi á grunni þriggja sviðsmynda.

Í sviðsmynd nr. 1 er gert ráð fyrir óbreyttu ástandi og að Ísland bæti með engum hætti hlutfall endurvinnslu eða endurnýtingar. Hér er því spáð að umfang óendurvinnanlegs úrgangs til förgunar nemi um 183.000 tonnum árið 2030. Í sviðsmynd nr. 2 er gert ráð fyrir því að markmiðum ESB um meðhöndlun úrgangs sé náð og Ísland auki hlutfall endurvinnslu og annarrar endurnýtingar í ákveðnum úrgangsflokkum. Miðað við þessar forsendur er því spáð að umfang óendurvinnanlegs úrgangs til förgunar nemi rúmlega 91.000 tonnum árið 2030. Í sviðsmynd nr. 3 er gert ráð fyrir því að Ísland nái hámarks hlutfalli endurvinnslu í þremur stærstu úrgangsflokkunum, plasti, pappír og matarleifum. Ennfremur að hámarks hlutfall endurvinnslu náist í öllum úrgangsflokkum. Miðað við þessar forsendur er því spáð að umfang óendurvinnanlegs úrgangs nemi tæplega 34.000 tonnum árið 2030.

**Hér er því spáð að umfang óendurvinnanlegs úrgangs til förgunar nemi um 183.000 tonnum árið 2030.**

Á vinnustofu forverkefnisins þann 28. júní 2021 komu saman fulltrúar sorpsamlega, einkafyrirtækja, Sambands íslenskra sveitarfélaga og Umhverfisstofnunar - alls 25 einstaklingar sem allir hafa góða innsýn í umfang efnisstrauma til förgunar og hvernig það umfang þróast. Fundarefnið var að ræða væntа þróun þessa umfangs. Fundarmönnum var skipt í þrjá vinnuhópa og þeim gert að ræða sviðsmyndirnar í skýrslu RI og komast að niðurstöðu um þá sviðsmynd sem líklegust þykir og það magn af brennanlegum úrgangi sem þarf að farga árið 2030. Hóparnir þrír kynntu rökstuddar niðurstöður sínar en hvað umfangsmagn varðar töldu fundarmenn að sviðsmynd 2 úr skýrslu RI væri næst raunveruleikanum og mat vinnustofunnar á umfangi úrgangs til brennslu árið 2030 liggi á bilinu 80 - 150.000 tonn á ári.

Niðurstaða forverkefnisins er sú að hámarksvinnslugeta brennslustöðvarinnar þurfi að miðast við allt að 130.000 tonn en að jafnaði muni stöðin vinna um 100.000 tonn á ári. Þessi niðurstaða er í samræmi við aðrar nýlegar úttektir á nauðsynlegri vinnslugetu brennslunnar. Sérstaka úttekt á væntri þróun í endurvinnslu og annarri endurnýtingu á komandi árum - og áhrifum þessa á umfang efnis til brennslu - þarf þó að framkvæma, sem hluta af næstu skrefum í undirbúningsferli þess verkefnis og vert er að hafa í huga að sú hætta kann að vera fyrir hendi að stöðin reynist of lítil, þó algengara sé að ræða um hættuna á því að hún sé of stór. Loks þarf að árétta mikilvægi þess að afmarka sem best hvað verður tekið til vinnslu í stöðinni og hvað ekki. Einnig þarf að eiga sér stað betri greining á efnisstraumum sem ekki yrðu teknir til vinnslu í stöðinni. Tvö dæmi um þetta eru spilliefni, og gler og málmar. Spilliefni mega ekki koma til brennslu því þau skila sér í ösku og draga úr mögueikum á nýtingu hennar. En einnig valda gler og málmar skaða í tæknibúnaði vinnslunnar og þarf að flokka þessi efni frá þeim efnisstraumum berast til vinnslunnar.

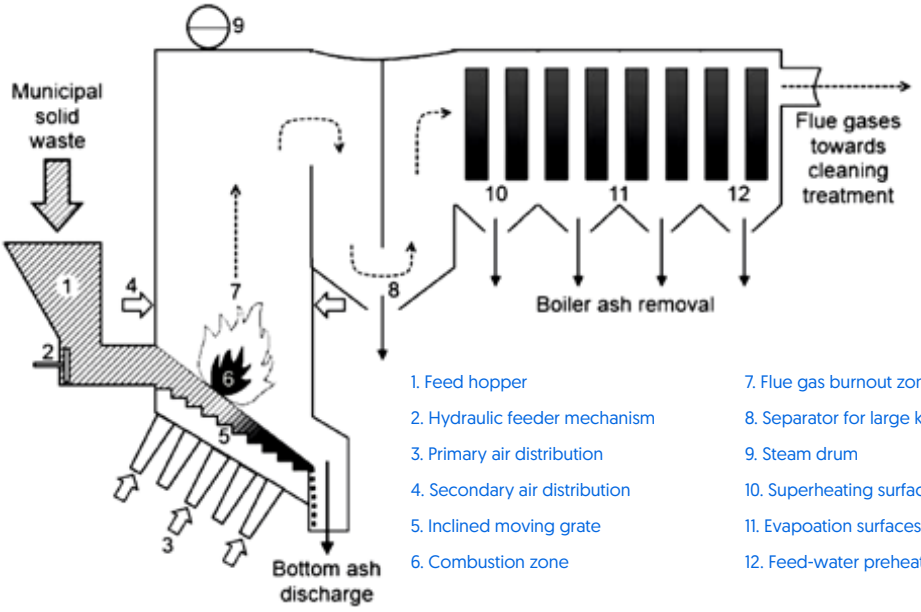
Í samhengi við umfjöllun um hámarks vinnslugetu brennslustöðvarinnar er vert að geta þess að vaxandi umræða er um það sem kalla má námugröft urðunarstaða (e. enhanced landfill mining). Hér er átt við að vinna úrgang sem þegar hefur verið urðaður á urðunarstöðum, grafa hann upp, sigta og nota m.a. sem brennsluefni í úrgangsbrennslu. Nefna má sérstaka útgáfu tímaritsins Detrius - Multidisciplinary Journal for Waste Resources & Residues í desember 2019 (Machiels o.fl., 2019) en þar voru birtar fræðilegar greinar um þetta málefni. Það sem vinnst með slíkum námugrefti á urðunarstöðum er meðal annars tækifæri til orkuvinnslu og hreinsun og endurheimt landrýmis. Í samhengi hátækni úrgangsbrennslu á Íslandi mætti sjá fyrir sér tækifæri til að sveiflujafna rekstur vinnslunnar, en eitt af því sem skiptir mestu máli í rekstri úrgangsbrennslustöðva er einmitt jafnvægi í magni og samsetningu úrgangs til brennslu.

**Niðurstaða forverkefnisins er sú að hámarksvinnslugeta brennslustöðvarinnar þurfi að miðast við allt að 130.000 tonn en að jafnaði muni stöðin vinna um 100.000 tonn á ári.**

# Tæknilausnir í hátækni-úrgangsbrennslu

Samantekt úr skýrslu verkfræðistofunnar Cowi er rakin hér á eftir (Rasmussen & Ahrensberg, 2021). Skýrslan í heild er í viðauka C ásamt kynningu höfunda.

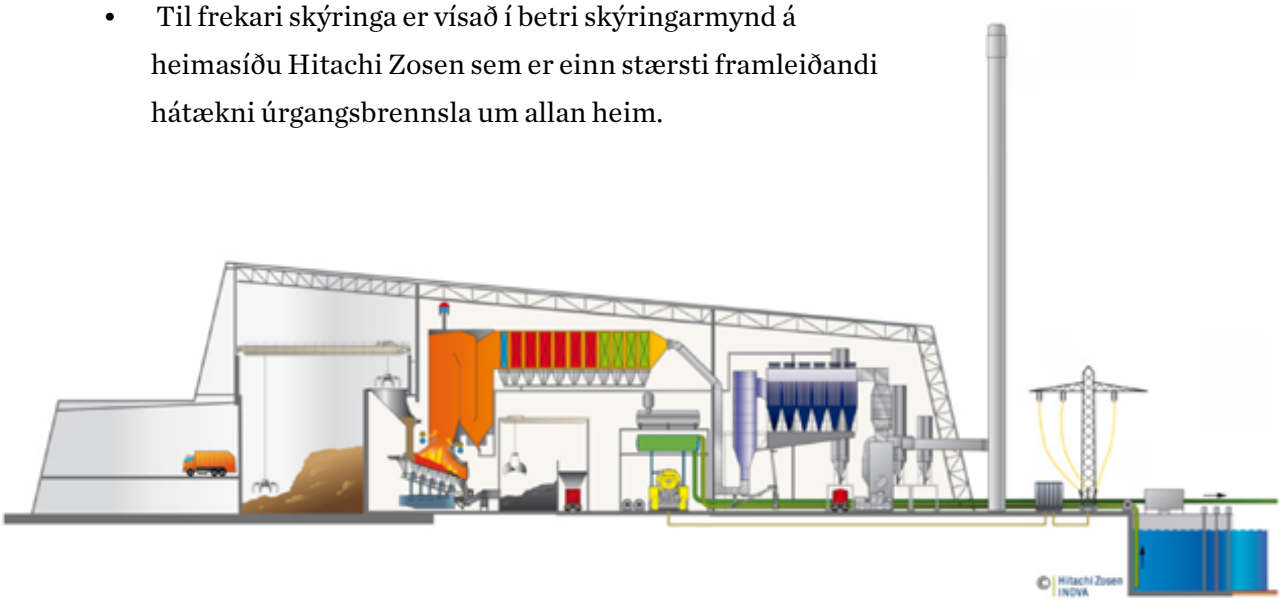
- Gengið er út frá uppgefnum forsendum um umfang úrgangs til brennslu, 90 - 130.000 tonn á ári með brennslugildi (NCV) 10 MJ/kg.
- Almennt er gert ráð fyrir öflugri hönnun á öllum búnaði vinnslunnar (robust design) til að lágmarka þann tíma sem verkmiðjan er stopp vegna viðhalds. Gera verður ráð fyrir því að verksmiðjan sé stopp vegna viðhalds 3 vikur á ári, hefðbundið viðmið er að rekstrartími sé um 8000 klst á ári. Mikið álag er á öllum búnaði og fyrirbyggjandi viðhald og hreinsun eru mjög mikilvæg.
- Huga þarf að því hvernig staðið verður að uppsöfnun úrgangs á þessum viðhaldstímabilum. Misjafnt er hvernig brennslustöðvar víða um heim taka á þessu. Á sumum stöðum er uppsafnað efni sett í plast, á sumum stöðum er það grafið í jörðu og jarðvegur settur yfir á meðan.
- Sett er fram skematísk mynd af vinnslubúnaðinum:




1. Feed hopper
2. Hydraulic feeder mechanism
3. Primary air distribution
4. Secondary air distribution
5. Inclined moving grate
6. Combustion zone
7. Flue gas burnout zone
8. Separator for large kernels
9. Steam drum
10. Superheating surfaces
11. Evapoation surfaces
12. Feed-water preheating surfacesa

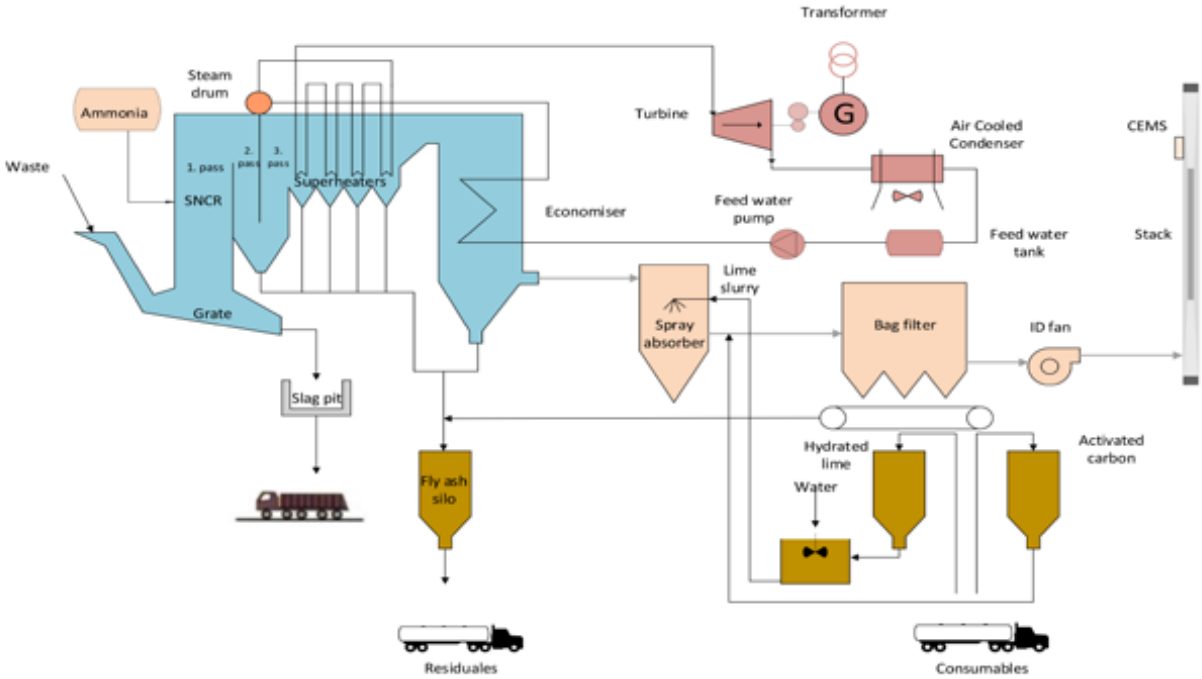
Viðauki C
PDF
sækja skrá
0,9 MB

- Til frekari skýringa er vísað í betri skýringarmynd á heimasíðu Hitachi Zosen sem er einn stærsti framleiðandi hátækni úrgangsbrennsla um allan heim.



- Efni til vinnslu er sturtað í lokað síló sem rúmar nokkurra daga vinnslumagn. Þetta síló er hluti af verksmiðjunni, loft er sogað úr sílóinu og þar er því undirþrýstingur og afsogið er notað í brennsluferlinu. Efnið er tekið með krana úr sílóinu og fært í innstreymisrás brennsluofnsins.
- Miðað er við eina vinnslulínu sem afkastar rúmlega 16 tn/klst. Gengið er út frá láréttum ristarofni (horizontal boiler), vatnskældu færslukerfi til að færa hráefnið í brennsluhólfið (wet pusher), og bruna í margþrepa ferli sem á að tryggja að efnið sé í a.m.k. 2 sekúndur yfir 800°C hita strax í fyrsta þrepi.
- Einnig væri mögulegt að stilla upp tveimur vinnslulínum, hvor um sig hefði þá hámarksafköst upp á rúmlega 8 tn/klst. Kostur við tvær línur felst einkum í sveigjanleika og að önnur getur verið í gangi þó hin sé í viðhaldsstoppi. Hins vegar er stofn- og rekstrarkostnaður meiri við tvær línur en eina.
- Gengið er út frá orkuframleiðslu. Þrenns konar fyrirkomulag gufuhverfla er mögulegt, en hér yrði örugglega valin kostur sem væri í samræmi við þá leið sem valin verður varðandi nýtingu orku.

- Vinnslan mun skila 10 MW í formi rafmagns og 28 MW í formi varma. Hluta af þessari raforku (10%) þarf að nota fyrir sjálfa verksmiðjuna. Einnig er mögulegt að vinnslan skili eingöngu gufu eða heitu vatni, ákvörðun um það ræðst af markaðsaðstæðum fyrir rafmagn, gufu og heitt vatn. Mikilvægt er að hafa í huga að fjárfesting vegna afsetningar á orku getur verið mismunandi eftir staðsetningum.
- Gengið er út frá þurrhreinsun á gasi. Einnig er gert ráð fyrir SNCR kerfi (selective non catalytic reduction) til að lækka innihald NOx í útblæstri. Þá er kalsíum hýdroxíði - Ca(OH)2 - dælt inn í flæði afgassins. NOx fer þá ekki út í umhverfið um reykháf heldur endar í afsogsryki reyk-hreinsivirkisins og er safnað í stórsekki.
- Flæðirit sýnir meginþætti vinnslunnar í heild, m.a. hvar aska og flugaska koma úr ferlinu, hvernig rafmagn eða heitt vatn verður til og hvernig hreinsikerfi afgass er útfært:




- Í ristarofni er efnið brennt við háan hita og eftir brunann fellur askan um ristar niður í steypt síló og þaðan er það tekið með hjólaskóflu.

- Botnaska inniheldur 15-20% vatn og óbrennanleg efni eins og keramísk efni, gler, sand, jarðveg, málma, sölt og fleira. Kornastærð getur verið frá 1 mm og upp í stærri einingar af þessum efnum sem berast með hráefninu. Þessi efni má nota í t.d. vegagerð, en gera verður ráð fyrir einhverri meðhöndlun þeirra fyrir slík not, til dæmis að láta þau standa í 4-6 vikur. Þau efni sem á að nota í byggingarframkvæmdir þurfa að standa lengur, eða amk. 12 vikur. Nokkrir tekjumöguleikar felast í botnösku og reynslan frá Danmörku er sú að tekjur vegna sölu á hennar standi straum af öllum kostnaði við að undirbúa hana til notkunar.
- Öðru máli gegnir um flugösku sem er menguð af þungmálmum og það þarf jafnan að farga henni með tilkostnaði. Þetta kann þó að breytast á komandi árum.
- Áætlun COWI gerir ráð fyrir að allar gildandi reglur innan Evrópu um mengunarvarnir séu uppfylltar og að losun í andrúmsloft uppfylli löggjöf innan Evrópusambandsins sem um hana gildir. Vísað er í Directive 2010/75/EU (integrated pollution prevention and control) og BREF 2019 (best available technique reference documents). Miðað við þessi skjöl eru mörk losunar fyrir hin ýmsu efni sem hér segir:

**Botnaska inniheldur 15-20% vatn og óbrennanleg efni eins og keramísk efni, gler, sand, jarðveg, málma, sölt og fleira.**

| | Directive 2010/75/EU BREF 2019 |
|---|---|
| **Substance** | **24-hour average** |
| Total dust | 5 |
| Hydrogen chloride (HCl) | 6 |
| Hydrogen fluoride (HF) | 1 |
| Sulphur dioxide (SO2) | 30 |
| Nitric oxides (NOx) with SNCR | 120 |
| Gaseous and vaporous organic substances,expressed as TOC | 10 |
| Carbon monoxide (CO) | 50 |
| | **Measured average** |
| Mercury and its compounds, expressed as Hg | 0,02 |
| Cadmium + thallium | 0,02 |
| Sum other metals (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) | 0,3 |
| Dioxins and furans (ng TEQ/Nm³) 0,06 | |
| Ammonia (NH3) | 10 |



- Ekki er gert ráð fyrir föngun CO2 í þessari áætlun COWI. Rök COWI fyrir þessu eru þau að sú tækni sé enn á tilraunastigi og engin dæmi séu um það á heimsvísu að föngun CO2 sé hluti af úrgangsbrennslu. Á hinn bóginn verður einfalt að bæta slíkum búnaði við á seinni stigum ef áhugi er á því.
- Sett er fram svonefnt „capacity diagram“, sem sýnir m.a. hvernig afköst vinnslunnar eru háð orkuinnihaldi hráefnisins. Í samningagerð verður þessi mynd lykilatriði í viðræðum við framleiðendur búnaðar. Hér er lýst þeim takmörkunum sem byggðar eru inn í hönnunina og þeim sveigjanleika sem verður í rekstri vinnslunnar, hér er m.a. tekið á samhengi milli rekstrartíma, orkuinnihalds úrgangsins og unnins magns á tímaeiningu o.s.frv.
- Nauðsynlegt landsvæði fyrir vinnsluna er um 130 m x 170 m eða um 2,2 hektarar. Flatarmál bygginga er 60 m x 90 m eða um 5.400 m2. Hæð bygginga verður 30-50 m en reykháfur verður þó 70-80 m hár.

- Einnig skal getið kynningar Paul R. James sérfræðings COWI sem hann hélt í nafni forverkefnisins á haustráðstefnu FENÚR þann 6. október 2021 (James, 2021). Þar kom m.a. fram að þó fleiri lausnir séu mögulegar við förgun úrgangs (t.d. “pyrolysis” og “anaerobic digestion”) er hátæknibrennsla ráðandi tækni þegar ætlunin er að framleiða orku og hentar best þegar um er að ræða úrgang með breytilegri samsetningu. Stórstígar tækniframfarir hafa átt sér stað á undanförnum árum í öllum þrepum hátæknibrennslu.

Sérfræðingar verkfræðistofunnar COWI hafa hér sett fram almenna tillögu um val á tækni og tækjabúnaði fyrir hátækni brennslustöð sem uppfyllir gildandi kröfur og viðmið í umhverfismálum. Sú tillaga byggir á viðamikilli reynslu COWI sem hefur komið að mörgum og misstórum verkefnum af þessu tagi á undanförnum árum. Ekki er fjallað ítarlega um íslenska umhverfið og engin afstaða tekin til þess hvort fýsilegra sé að stöðin skili af sér raforku, heitu vatni og gufu, eða blöndu af þessu öllu. Öll slík umfjöllun bíður næsta áfanga í þessu viðamikla verkefni, og grundvallast einnig á þeirri staðsetningu sem verður fyrir valinu og nánari samtölum við orkuvinnslufyrirtæki sem áhuga hefðu á samstarfi. Þá verður og kafað mun dýpra í val á tækjabúnaði til að vinna þá orku sem til verður við brennsluna og byggt verður á gríðarlegri reynslu og þekkingu sem orðið hefur til hér á landi á því sviði á undanförum áratugum.

**Sérfræðingar verkfræðistofunnar COWI hafa hér sett fram almenna tillögu um val á tækni og tækjabúnaði fyrir hátækni brennslustöð sem uppfyllir gildandi kröfur og viðmið í umhverfismálum.**

Því er einnig við að bæta að búast má við því að þegar hátækni úrgangsbrennsla verður byggð á Íslandi verði þar gert ráð fyrir föngun CO2. Slík vinnsla hefur verið í undirbúningi í úrgangsbrennslustöðinni Klemetsrud í Osló. Mikla umfjöllun má finna um þetta verkefni á vefnum. Síðar í þessari skýrslu er fjallað um hugmyndina um CO2 föngun.

# Umhverfismál

Samantekt úr minnisblaði Helgu Jóhönnu Bjarnadóttur og Stefáns Kristinssonar um Umhverfisþætti hátækniúrgangsbrennslustöðvar er sem hér segir (Bjarnadóttir & Kristinsson, 2021). Minnisblaðið er í heild í viðauka D.

Þegar hanna á nýja brennslustöð, skal hafa í huga umhverfisáhrif hennar yfir allan vistferilinn, sem tekur með val á efnum og búnaði, byggingarframkvæmdir, viðhald, rekstur og niðurrif. Í skýrslunni er fjallað um helstu lagalegar kröfur sem gilda fyrir úrgangsbrennslur hvað varðar mikilvægustu umhverfisþættina, í rekstri stöðvarinnar.

Sú reglugerð sem mikilvægust er í þessu samhengi er rg. 2018/550 um losun frá atvinnurekstri og mengunareftirlit en hún er innleiðing á tilskipun Evrópuþings 2010/75/ESB um losun í iðnaði. Reglugerðin kveður á um starfsleyfisskilyrði, og fram kemur að fylgja skjal aðferðum og viðmiðunarmörkum losunar mengunarefna í útblæstri um reykháfinn og í vatn sem tilgreind eru í tilvísunarskjali um bestu aðgengilegu tækni (BREF - Best Available Techniques Reference Document).

Aðrir mikilvægir umhverfisþættir sem fjallað er um eru hljóðmengun, lyktarmengun, áhrif á heilsu, lífríki og gróður sem og sjónræn áhrif. Einnig er fjallað um nýtingarmöguleika fyrir afurðir frá stöðinni, sem eru aðallega botnaska, flugaska, málmar, orka og koltvísýringur.

**Mikil framför hefur átt sér stað í búnaði til brennslu og til hreinsunar á afgasi á undanförnum áratugum og því hefur mikið breyst síðan brennslustöðvum á Íslandi var lokað vegna mikillar mengunar í útblæstri þeirra.**

Mikil framför hefur átt sér stað í búnaði til brennslu og til hreinsunar á afgasi á undanförnum áratugum og því hefur mikið breyst síðan brennslustöðvum á Íslandi var lokað vegna mikillar mengunar í útblæstri þeirra.

Nútíma hátækni úrgangsbrennslur sem eru vel reknar og í samræmi við aðferðir tilgreindar í BREF og sem eru jafnframt með virka umhverfisstjórnun eiga að geta uppfyllt þær kröfur sem gerðar eru til þeirra hvað umhverfismál varðar.

Mikil áhersla er lögð á BAT (best available technology)

Viðauki D
PDF
sækja skrá
3,1 MB

í gildandi lagagrunni um starfsumhverfi brennslustöðva og umhverfisstjórnun á að vera skv. ISO14001 staðlinum.

Ekki hefur verið hægt að sýna fram á að mengun frá stöð sem uppfyllir slíkar rekstrarforsendur hafi marktæk áhrif á heilsu íbúa í næsta nágrenni við stöðina né á umhverfið.

Mikilvægt er að ítreka að straumar úrgangs sem geta farið í æðri ferla hringrásarhagkerfis úrgangs sbr úrgangsþríhyrninginn, þ.e. endurnotkun og endurvinnslu geri það.

Þar sem orka sem framleidd er á Íslandi er öll úr endurnýjanlegum auðlindum, er orkuframleiðsla frá úrgangsbrennslustöð ekki umhverfislega hagstæðari en sú orka sem fyrir er í dreifikerfi landsins. Skilyrði eru fyrir orkunýtni í BREF.

Fleira auðlindir mætti nýta úr stöðinni í takt við hringrásarhagkerfið eins og að endurheimta málma úr botnösku og nýta botnöskuna sjálfa ef hún er áfram unnin með aðferðum skilgreindum í BREF. Úrgangsbrennslustöðvar sem horfa til framtíðar gera ráð fyrir rekstri stöðva við kolefnishlutleysi eða jafnvel kolefnisneikvæðni með aðstoð kolefnisföngunar. Úrgangsbrennslur eru ekki hluti af viðskiptakerfi losunarheimilda gróðurhúslofttegunda í dag, en þetta gæti breyst. Þá þyrftu brennslustöðvar að kaupa losunarheimildir sem gæti haft í för með sér mikla breytingu á rekstrarforsendum þeirra.

**Úrgangsbrennslur eru ekki hluti af viðskiptakerfi losunarheimilda gróðurhúslofttegunda í dag, en þetta gæti breyst.**

Í skýrslu Eflu er saga úrgangsbrennslustöðva á Íslandi er rakin og eina úrgangsbrennslustöðin í rekstri á Íslandi haustið 2021 er Kalka í Helguvík. Aðrar hafa verið aflagðar. Örlög þeirra brennslustöðva sem hér voru starfandi á fyrstu árum 21. aldar réðust af nýjum lögum um brennslustöðvar frá Evrópu frá árinu 2000. Þar voru miklu strangari kröfur gerðar til hreinsibúnaðar. Stöðvar á Íslandi fengu undanþágur til að starfa á árunum 2002-2012 en þær gátu ekki uppfyllt þessar kröfur, díoxínmengun var viðvarandi og raunar fleiri vandamál. Allar stöðvarnar voru því lagðar niður en Kalka í Helguvík hóf starfsemi 2004.

Gerð er grein fyrir áhrifavöldum á losun efna við bruna í úrgangsbrennslustöð og þar er um að ræða samsetningu úrgangsins, gerð og rekstur ofnsins og gerð og rekstur hreinsibúnaðar. Með réttu vali tækjabúnaðar og jöfnum og góðum rekstri búnaðar má hafa áhrif á losun flestra efna, en samsetning úrgangs skiptir þar mjög miklu máli.

Í kynningu Helgu Jóhönnu á skýrslunni kom fram að almennt séð er tillaga COWI um val á búnaði ofns og afgashreinsunar þannig að allar núgildandi kröfur um umhverfisvernd eru uppfylltar. Rétt er að árétta þetta sérstaklega og draga fram í þessu samhengi að sú hátæknibrennslustöð sem hér er til umræðu er af allt öðru tagi en hinar litlu brennslustöðvar í fjórum landsfjórðungum sem störfuðu um hríð en voru allar aflagðar, eins og rakið er hér að ofan.

**Hreinsibúnaður þeirrar hátækni brennslustöðvar sem hér er til umræðu mun uppfylla allar gildandi kröfur um losun m.a. díoxín og NOx.**

Hreinsibúnaður þeirrar hátækni brennslustöðvar sem hér er til umræðu mun uppfylla allar gildandi kröfur um losun m.a. díoxín og NOx. Hins vegar er bent á að þessar kröfur gætu þróast á komandi árum og orðið strangari. Í skýrslu Eflu er áréttað að mikil þróun hefur verið í losunarviðmiðum, gerðar hafa verið vaxandi kröfur eftir því sem tíminn hefur liðið og búast má við því að viðmiðunargildi vegna mengunar lækki á komandi árum. Þetta hangir saman við tækniþróun, eftir því sem tæknin verður betri, þá aukast kröfurnar og gildin lækka.

Rætt er um ýmsa aðra umhverfisþætti, t.d. samfélag, fólk og heilsu, hávaða og lykt. Reynsla er komin á rekstur brennslustöðva nálægt byggð. Staðarval er mikilvægt, en nýleg dæmi eru um nútíma úrgangsbrennslur í mikilli nánd við íbúabyggð. Virk umhverfisstjórnun skiptir höfuðmáli við stýringu allra þessara málaflokka og rannsóknir hafa ekki sýnt fram á nein skaðleg áhrif af rekstri nútíma úrgangsbrennslu á heilsu fólks eða lífríki.

Tekin eru nokkur dæmi og sýndar myndir af brennslustöðvum sem hafa hliðstæða afkastagetu og fyrirhuguð stöð á Íslandi (100.000 tn), stöðvum í Noregi, Svíþjóð, Finnlandi og á Bretlandi. Hér virðist vera um að ræða byggingar sem eru hóflegar að stærð,

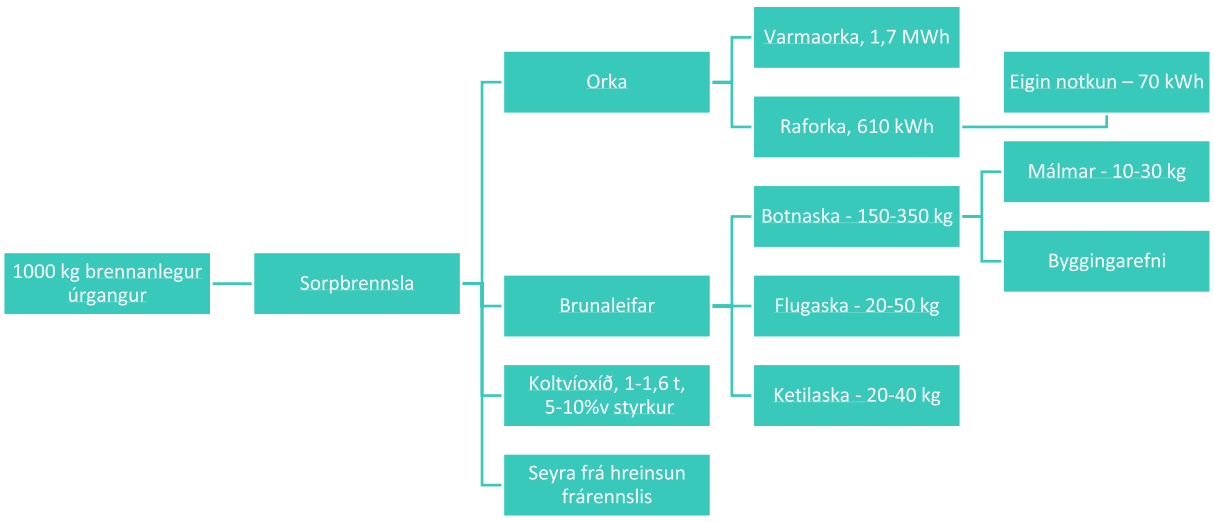





dæmigert iðnaðarhúsnæði. Nýjar stöðvar eru að langmestu leyti starfandi innan lokaðra bygginga og mismunandi leiðir eru farnar við útlitshönnun þeirra. Stundum falla þær sem mest inn í umhverfið en í öðrum tilfellum eru þær kennileiti í umhverfinu. Efla bendir á að reykháfur stöðvarinnar verður væntanlega allt að 80 m hár, og verður hann því mjög sýnilegur í umhverfinu.

Til samanburðar eru sýndar stærri brennslur, Amager Bakke í Kaupmannahöfn sem oft er tekið dæmi af í umræðu á Íslandi. Þessi stöð var gangsett 2017 og hún afkastar tæplega 600.000 tonnum á ári. Klemetsrud stöðin í Osló var gangsett 1986. Hún afkastar 360.000 tonnum á ári og sú stöð hefur mikið verið í umræðunni því hún er sú fyrsta á heimsvísu þar sem sett er upp endurvinnsla á CO2 í fullum skala. Báðar þessar stöðvar eru afar nálægt íbúabyggð.

Fjallað er um möguleika í hringrásarhagkerfinu á nýtingu á efnis- og orkustraumum úrgangsbrennslu og er þessu lýst í einfaldri mynd:



Botnaska hefur mikið notagildi, ef hráefnið er ekki mengað og ef rétt er staðið að meðhöndlun hennar. Sem dæmi er nefnt að í Danmörku er öll botnaska úr stöðvum sem brenna aðeins úrgangi án spillefna nýtt. Málma úr botnösku er hægt að vinna og nýta, en með aukinni flokkun á málmum ætti þó minna af þeim að berast inn í stöðina og þar með minna í botnösku. Flugaska hefur til þessa verið vandamál í rekstri brennslustöðva en þetta kann að vera að breytast. Kolaorkuverum fækkar og því er meiri eftirspurn eftir flugösku sem þykir hæf til notkunar í steypu þar sem hún kemur í stað sements og dregur úr kolefnisspori steypunnar. Hún er einnig notuð í vegaframkvæmdir og steypukubba svo dæmi séu tekin. Hægt er að sjá fyrir sér slíka nýtingu flugösku en þá þarf að meðhöndla hana sérstaklega til þess. Hreinsun flugösku frá brennslustöðvum er ekki stunduð í dag en þetta mun að líkindum breytast á næstu árum.

**Kolaorkuverum fækkar og því er meiri eftirspurn eftir flugösku sem þykir hæf til notkunar í steypu þar sem hún kemur í stað sements og dregur úr kolefnisspori steypunnar.**

Hvað orku og gróðurhúsalofttegundir frá brennslustöðinni varðar mun brennsla á hverju tonni af hráefni eins og því lýst er í kaflanum um efnis- og orkustrauma leiða til framleiðslu á 1700 kWh af varma og 610 kWh af raforku, samtals 2240 kWh af orkuframleiðslu.  Til verða 1,6 tonn af CO2 ígildum. Bent er á að í vinnslunni munu þá verða til 717 g af CO2 fyrir hverja kWh af orku. Til samanburðar er sameiginlegur losunarstuðull fyrir raforku og varma á Íslandi 9,8 g CO2 fyrir hverja kWh. Því er orka framleidd í stöðinni ekki umhverfislega samkeppnishæf við íslenska raforku, enda er megintilgangur stöðvarinnar ekki orkuframleiðsla heldur eyðing úrgangsstrauma sem geta ekki farið í farveg endurnotkunar, endurvinnslu eða annarrar endurnýtingar.

Vikið er að föngun CO2 og lækkun kolefnisspors og bent á að erlendis er kolefnisföngun á tilraunaskala hafin í úrgangsbrennslum. Brennsla á úrgangi tilheyrir ekki viðskiptakerfi losunarheimilda Evrópusambandsins eins og er, en þetta gæti breyst. Þá þurfa úrgangsbrennslur að kaupa losunarheimildir,

en framtíðarverð á þeim markaði hefur hækkað árið 2021 úr €30 í €60 á tonnið. Þó viðskiptalegar forsendur fyrir slíku séu ekki til staðar í dag gæti það gerbreyst á komandi árum. Í skýrslu Eflu kemur fram að búnaður til hreinsunar á CO2 samanstendur af kæliturni, aðsogs- og skiljuturnum, ásamt geymslusvæði. Gróflega mætti áætla að þessi búnaður og uppsetning hans, án allrar jarðvinnu myndi kosta um 60 milljónir evra. Fram kemur að rekstrarkostnaður slíks búnaðar er einkum vegna rafmagns og gufu. Aðrir stórir kostnaðarliðir við rekstur eru kælivatn, amínleysir, lútur, viðhald og starfsfólk. Ef gert er ráð fyrir kostnaði um €30 á MWh af rafmagni og €5 á MWh af gufu, þá er heildarrekstrarkostnaður af stærðargráðunni 4 milljónir evra á ári.

Fjallað er sérstaklega um umhverfisáhrif flutninga og bent á að til að lágmarka umhverfisáhrif af þessum flutningum sé mikilvægt að hanna heildarflutningakerfi úrgangs fyrir landið, lágmarka geymslutíma á úrgangi á hverjum stað fyrir sig, en einnig lágmarka flutning á efninu vegna kolefnisspors og vegslits. Bent er á að stærðargráðan á þessum flutningum sé þannig að 875.000 km eru keyrðir í um 20.000 ferðum árlega sem veldur losun á 2.670 tonnum af CO2 ígildum árlega - m.v. að notast sé við sama eldsneyti og notað er í dag. Til samanburðar er þess getið að ef sömu ferðir væru farnar til úrgangsbrennslu sem staðsett væri á Vestfjörðum, þá væru það um 3,6 milljón km og um 13.600 tonn CO2 ígilda árlega.

Einnig er vikið að umhverfisáhrifum vegna flutninga á öllum brennanlegum úrgangi til meginlands Evrópu, til dæmis Svíþjóðar á fjögurra vikna fresti. Hér væri þá um að ræða 13 ferðir á ári með 10.000 tonn af úrgangi í hvert sinn. Flutningar innanlands breytast ekki í þessu dæmi. Ferðin frá Reykjavík til Svíþjóðar, ef miðað er við 40% nýtingu skipsins, losar um 625 tonn CO2 ígilda og er þá framleiðsla á eldsneytinu meðtalin. Heildarlosun á ári væri þá um 8.125 tonn miðað við 13 ferðir.

**Ferðin frá Reykjavík til Svíþjóðar, ef miðað er við 40% nýtingu skipsins, losar um 625 tonn CO2 ígilda og er þá framleiðsla á eldsneytinu meðtalin.**

# HLUTI III

# VIÐSKIPTALEGUR HLUTI

Frumkostnaðaráætlun

Staðarval

Arðsemi

Greining á fjármögnunarmöguleikum

# Frumkostnaðar-áætlun

Samantekt frumkostnaðaráætlunar úr skýrslu verkfræðistofunnar COWI er rakin hér á eftir (Rasmussen & Ahrensberg, 2021). Skýrslan í heild er í viðauka C ásamt kynningu höfunda.

- Stofnkostnaðaráætlun (CAPEX) og rekstrarkostnaðaráætlun (OPEX) byggja á þeirri lýsingu á tæknibúnaði sem fram kom í kaflanum um tæknilausnir í hátækniúrgangsbrennslu.
- Ekki er gert ráð fyrir neinum búnaði fyrir forvinnslu úrgangs.
- Um er að ræða "top-down" áætlun, höfundar hafa safnað saman upplýsingum um kostnað við byggingu og rekstur sambærilegra stöðva víða í Evrópu og þó sérstaklega í Bretlandi. Allar tölur um stofnkostnað hafa verið uppreiknaðar til verðlags 2021.
- Tekið hefur verið tillit til þess að vegna staðsetningar Íslands sé stofnkostnaður hærri en við álíka verkefni í Evrópu og nemur þessi aukalegi kostnaður 20% að mati COWI. Rökin fyrir þessu eru dýrari skipaflutningar á efnum og búnaði, meiri kostnaður við mannahald og ferðalög, dýrari mannafli en í Evrópu, meiri kostnaður við flutninga í flugi, ásamt öðrum ónefndum þáttum.
- Í stofnkostnaðaráætlun COWI eru 7 kostnaðarþættir, ketill, rafbúnaður, hreinsibúnaður, gufuhverfill, annar búnaður, mannvirki og stjórnun.
- Heildarstofnkostnaður er metinn rúmar 159 milljónir evra eða 23,9 milljarðar króna miðað við gengið 150. Sett er fram áætlun um lágmarks og hámarkskostnað og fram kemur að 80% líkur séu á því að endanlegur kostnaður verði þar á milli.
- Eins og fram kemur í kaflanum um arðsemi (Jensson & Jónasson, 2021a) byggir Páll Jensson útreikninga sína á ofangreindum forsendum COWI, en tveimur þáttum hefur þó verið bætt við áætlun COWI, kostnaði við land/lóð og fjármagnskostnaði á byggingartíma.



- Vikið er að þeim möguleika að setja upp tvær minni línur (í stað einnar stórrar) og myndi hvor um sig hafa afkastagetuna 8,2 tn/klst. Stofnkostnaður yrði allt að þriðjungi hærri en kostnaður við eina línu.
- Sett er fram gróft mat á rekstrarkostnaði (OPEX). Honum er skipt í fastan og breytilegan rekstrarkostnað og að auki viðhaldskostnað.
- Fastur kostnaður er einkum starfsmannakostnaður og fjöldi starfsfólks er 35 og nær það yfir stjórnendur, rekstrarfólk, viðhaldsfólk og fólk sem sinnir hreinsun. Undir fastan kostnað falla einnig verkfæri, skrifstofubúnaður og öryggisbúnaður.
- Breytilegur kostnaður nær yfir rekstarvöru, efni og búnað, sem notaður er til að reka og halda við búnaðinum. Einnig vatn, orku og efni til gashreinsunar. Tekið er fram að þessir kostnaðarliðir hafa ekki verið hækkaðir um 20% líkt og stofnkostnaðarliðir.
- Í heild nemur fastur og breytilegur kostnaður 22 - 25 evrum á tonn.

- Viðhaldskostnað er erfitt að spá fyrir um áður en rekstur hefst skv. COWI, hann ræðst af því hvers konar búnaður er á endanum valinn, birgjum, fyrirkomulagi samninga, birgðahaldi og fleiru. Sett er fram gróft mat upp á 20-30 evrur á tonn.
- Fjallað er um föst efni úr vinnslunni sem þarf að ráðstafa, botnaska og flugaska. Gert er ráð fyrir því að kostnaður í vinnslunni við þessa ráðstöfun nemi 15-25 evrum á tonn.
- Í heild er því gert ráð fyrir því að rekstrarkostnaður vinnslunnar nemi 57-80 evrum á tonn.

Rétt er að árétta afmörkun á kostnaðaráætlun COWI og tiltaka liði sem ekki voru innifaldir í áætlun þeirra.



Samantekið heildaryfirlit yfir stofnkostnað, sem er jafnframt grundvöllur arðsemiútreikninga er sett fram í töflu:

**Framsetning kostnaðaráætlunar**

| Þáttur | | € (þúsund) | IKR (milljón) *Gengi: 150* |
|---|---|---|---|
| Úr áætlun COWI | | | |
| Ketill | Boiler | 46,790 | 7,019 |
| Rafbúnaður | Electrical incl. grid'distrib. | 15,309 | 2,296 |
| Hreinsibunaður fyrir afgas | Flue gas treatment | 16,484 | 2,473 |
| Gufuhverfill og tengdur búnaður | Turbine/generator system | 24,778 | 3,717 |
| Annar búnaður | Auxillaries | 6,759 | 1,014 |
| Mannvirki | Civil works | 44,290 | 6,644 |
| Stjórnun verkefnis | Project administration | 5,070 | 761 |
| **Samtals** | | **159,480** | **23,922** |
| | | | |
| Viðbætur sbr. skýrsla Páls Jenssonar | | | |
| Land/lóð | | 4,000 | 600 |
| Fjármagnskostnaður á byggingartíma | | 14,000 | 2,100 |
| | | | |
| Samanteknar forsendur vegna útreikninga á arðsemi | | | |
| Heildarkostnaður | | 177,480 | 26,622 |
| Lágmarkskostnaður | | 134,885 | 20,233 |
| Hámarkskostnaður | | 236,049 | 35,407 |

Hér hefur heildarkostnaður verið endurreiknaður, að teknu tilliti til lóðar og fjármagnskostnaðar og nemur hann 177 milljónum evra eða um 26,6 milljörðum króna. Lágmarks- og hámarkskostnaður hafa einnig verið endurmetnir, á grunni viðmiða COWI og er lágmarkskostnaður 134,9 milljónir evra eða 20,2 milljarðar króna en hámarkskostnaður er 236,0 milljónir evra eða 35,4 milljarðar króna.

Rétt er að árétta að stofnkostnaður við föngun CO2 er ekki innifalinn í áætlun COWI. Hins vegar er fjallað almennt um þetta í skýrslu Eflu, eins og rakið er í kaflanum um umhverfisþætti hér á undan. Einnig skal nefnt að þó COWI geri ekki ráð fyrir búnaði fyrir forvinnslu úrgangs er ekki ósennilegt að nauðsynlegt reynist að blanda úrgangi mikið saman til að jafna brennslugildi þess sem fer í vinnsluna.

# Staðarval

## Mat á staðsetningu á grundvelli flutningahagkvæmni

Sú forsenda hefur verið lögð til grundvallar í þessu verkefni að byggð yrði ein brennslustöð fyrir allt landið. Ýmis rök má færa fyrir þessari forsendu, og fyrst má nefna hagkvæmni flutninga því 84% af úrganginum falla til á SV horni landsins. Fleira kemur þó til og í skýrslu RI fyrir Umhverfis- og auðlindaráðuneytið haustið 2020 (Guðrún Guðmundsdóttir o.fl., 2020) er bent á að rekstrarkostnaður fyrir eina stöð yrði lágur í samanburði við þann kost að byggja fleiri minni stöðvar. Þessu til viðbótar má benda á að heildar stofnkostnaður við tvær 65.000 tn vinnslur væri mun hærri en stofnkostnaður við eina 130.000 tn vinnslu. Þetta má m.a. lesa út úr skýrslu COWI (Rasmussen & Ahrensberg, 2021) sem segja að stofnkostnaður við tvær brennslulínur væri allt að þriðjungi hærri en við eina línu. Í því tilfelli væri þó um að ræða eina vinnslu (með tvær vinnslulínur) og þar mætti samnýta m.a. reykhreinsivirki og mannvirki. Tvær brennslur í sitthvorum landshluta myndu því leiða til mun hærri stofnkostnaðar, þegar á heildina er litið.

**Tvær brennslur í sitthvorum landshluta myndu því leiða til mun hærri stofnkostnaðar, þegar á heildina er litið.**

Ennfremur var ákveðið við úrvinnslu þessa verkþáttar að lagt skyldi út af fimm staðsetningum sem tilgreindar voru í sömu skýrslu RI. Þar er einnig gerð grein fyrir helstu kostum og göllum allra þessara staðsetninga og var ekki talin þörf á að ganga lengra í því efni í þessu forverkefni.

Samantekt úr minnisblaði Páls Jenssonar um staðarval (Jensson & Jónasson, 2021b) er rakin hér á eftir. Sjálft minnisblaðið er í viðauka E.

Staðarval er þekkt og algengt viðfangsefni í aðgerðarannsóknum. Venjulega er byggt á bestunarlíkani sem tryggir staðsetningar með sem mesta hagkvæmni í flutningum. Í þessu tilviki einfaldast málið því gefin er sú forsenda að aðeins verði byggð ein stór úrgangsbrennsla fyrir allt landið. Einnig voru gefnar upp fimm mögulegar staðsetningar, þ.e. Álfsnes, Helguvík, Straumsvík, Þorlákshöfn og Grundartangi.

Viðauki E
PDF
sækja skrá
0,2 MB

Greiningin gekk út á að bera þessa kosti saman m.t.t. flutninga á brennanlegum úrgangi frá hinum ýmsu upprunasvæðum. Notaður er mælikvarðinn „eknir tonn-kílómetrar á ári“ (ETKmAr) þannig að bæði magn og vegalengdir skipta hér máli. Miðað er við stöð sem brennir 130.000 tonnum af brennanlegum úrgangi á ári.

Fyrir hverja mögulega staðsetningu fyrir úrgangsbrennslustöð er stærðin „Ekin tonn“ margfölduð með akstursvegalengd í km og niðurstaðan verður ETKmAr. Þá er margfaldað með kostnaði á tonn-km sem metinn er 22 kr/tonn-km til að fá heildarkostnað í milljónum króna á ári.

Niðurstöður hvað flutningahagkvæmni varðar eru þessar:

| | | Álfsnes | Helguvík | Straumsvík | Þorlákshöfn | Grundartangi | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Þús Tonnkílómetrar eknir á ári | | 12.763 | 16.084 | 13.814 | 16.078 | 14.885 | |
| Kostn kr/tonn-km | **22** | 281 | 354 | 304 | 354 | 327 | mkr/ári |
| Viðbótarkostn mv bestu lausn | | | 73 | 23 | 73 | 47 | mkr/ári |

Möguleikar á orkusölu á hinum fimm tilgreindu staðsetningum eru sambærilegir og hafa því ekki áhrif á staðarval.

Út frá flutningahagkvæmni einni er Álfsnes því hagstæðasta staðsetningin og árlegur viðbótarkostnaður við að staðsetja vinnsluna á öðrum stað er frá 23 m.kr. (Straumsvík) og upp í 73 m.kr. (Þorlákshöfn og Helguvík).

Í minnisblaðinu er gerð grein fyrir flutningahagkvæmni hinna fimm mögulegu staðsetninga fyrir úrgangsbrennslustöð. Ákvarðanir um staðarval byggja oftast á fleiri sjónarmiðum eða viðmiðum en flutningahagkvæmninni eingöngu og leggja þyrfti huglægt mat á aðra þætti sem skipta máli við staðarval.

Í umræðum um útreikningana á kynningarfundi var bent á það að til að lágmarka tilkostnað við flutninga skipti miklu að nota báðar ferðirnar, þ.e. til og frá vinnslunni. Í svari við þessu var bent á að þó þetta skipti máli upp á heildarkostnaðinn, myndi það væntanlega ekki breyta niðurstöðunni varðandi samanburð kostanna.

## Mat á staðsetningu á grundvelli annarra þátta

Ýmsir aðrir áhrifaþættir en flutningahagkvæmni hafa verið ræddir og benda má á umfjöllun um þetta í skýrslu RI haustið 2020 (Guðrún Guðmundsdóttir o.fl., 2020) þar sem sex áhrifaþættir voru skilgreindir. Á vinnustofu stýrihóps og sérfræðinga verkefnisins þann 3. nóvember 2021 voru þessi mál rædd og skilgreindir voru nokkrir áhrifaþættir. Þeir voru ennfremur kynntir á opnum fundi í fundaröðinni „Skör ofar" þann 5. nóvember. Eftir úrvinnslu og einföldun er hér um að ræða alls 10 þætti.

- Næg fjarlægð frá íbúabyggð
- Auðvelt að afsetja orku
- Lágur kostnaður vegna efnisflutninga
- Nægt landrými til framtíðar
- Jákvæð afstaða nærsamfélagsins
- Nálægt höfn
- Lítil hætta v. þungaflutninga í gegnum þéttbýli
- Nægt aðgengi að réttu vinnuafli
- Möguleikar á afsetningu CO2
- Lítil náttúruvárhætta

Til að meta vægi þessara mismunandi þátta var gripið til AHP greiningar á vinnustofu stýrihóps. Niðurstaða AHP greiningar var sem hér segir:

| | |
|---|---|
| Næg fjarlægð frá íbúabyggð | 11% |
| Auðvelt að afsetja orku | 16% |
| Lágur kostnaður vegna efnisflutninga | 17% |
| Nægt landrými til framtíðar | 13% |
| Jákvæð afstaða nærsamfélagsins | 17% |
| Nægt aðgengi að réttu vinnuafli | 9% |
| Möguleikar á afsetningu CO2 | 8% |
| Lítil náttúruvárhætta | 9% |

Ákveðið var að fella út tvo þætti sem skoruðu mjög lágt - enda skipta þeir litlu máli og munu ekki hafa áhrif á útkomuna.

Næsta skref var að gefa staðsetningunum einkunnir á grunni áhrifaþáttanna. Einkunnarskalinn var frá 4 (há einkunn) og niður í 1 (lág einkunn). Þessi þáttur greiningarinnar fór fram í samtali á fundi stýrihópsins og komu fundarmenn sér saman um einkunn í sérhverju tilfelli. Að lokum var þá að reikna út vegna meðal-einkunn fyrir hverja staðsetningu. Niðurstaðan er sett fram í töfluformi:

| Staðsetningar | Vægi | Grundartangi | Álfsnes | Þorlákshöfn | Straumsvík | Helguvík |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Næg fjarlægð frá íbúabyggð | 11% | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| Auðvelt að afsetja orku | 16% | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| Lágur kostnaður vegna efnisflutninga | 17% | 2 | 4 | 1 | 3 | 1 |
| Nægt landrými til framtíðar | 13% | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| Jákvæð afstaða nærsamfélagsins | 17% | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| Nægt aðgengi að réttu vinnuafli | 9% | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Möguleikar á afsetningu CO2 | 8% | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Lítil náttúruvárhætta | 9% | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| **Einkunn** | | **2,7** | **3,5** | **3,1** | **3,3** | **3,4** |

Þessi greining leiðir í ljós að Álfsnes skorar hæst en þrjár staðsetningar koma svipað út, Álfsnes, Helguvík og Straumsvík. Lægst skorar fær Grundartangi.

Að síðustu skal vitnað til greiningar RI á helstu kostum og göllum þessara staðsetninga (Guðrún Guðmundsdóttir o.fl., 2020). Þar var m.a. bent á að í Helguvík er mikil þekking á meðhöndlun úrgangs og áratuga reynsla af úrgangsbrennslu. Ætla má að nokkur samlegðaráhrif gætu skapast af staðsetningu nýrrar brennslu við hlið brennslu Kölku í Helguvík, til dæmis mætti reka eitt viðhaldsgengi og einnig opnuðust möguleikar á að nýta orku frá brennsluofni Kölku.

Hvað Álfsnes varðar var bent á að hægt væri að nýta metan frá gas- og jarðgerðarstöðinni GAJA til að viðhalda hita í brennsluofni, ásamt þeim möguleika að taka efni út úr gömlum urðunarreinum og brenna. Bent var þann galla við Álfsnes að næsta höfn (Sundahöfn) er í um 20 km fjarlægð. Sú forsenda er reyndar

vafasöm því stefnt er að landfyllingu og höfn í Álfsnesi fyrir efnisvinnslu Björgunar á svæðinu (Alta, 2018).

## Hugmyndir um staðsetningu á Vestfjörðum

Að lokum er hér vikið að hugmyndum um að staðsetja vinnsluna á Vestfjörðum. Röksemdin fyrir því hefur einkum verið sú að þar er um að ræða kalt svæði og að varmi frá brennslustöðinni gæti þannig nýst til húshitunar.

Í ársskýrslu Orkubús Vestfjarða 2020 (Orkubú Vestfjarða, 2021) má lesa að orkuöflun félagsins til húshitunar var um 16 GWh frá jarðhita og 87 GWh var raforka til húshitunar eða samtals um 103 GWh sem aflað var vegna hitaveitusölu. Varmi frá brennslunni er 28 MW skv. skýrslu COWI og miðað við 8.000 klst rekstur á ári jafngildir þetta 224 GWh á ári af heitu vatni sem nýta ætti til húshitunar. Framboðið er því miklu meira en notkunin á öllum Vestfjörðum og að auki ber að hafa í huga að heitt vatn frá brennslunni myndi ekki nýtast til húshitunar á öllum Vestfjörðum.

**Kostnaður við landflutninga nemur 22 kr á hvern ekinn tonn kílómetra.**

Einnig þarf að horfa til kostnaðar við flutninga á brennanlegum úrgangi frá SV horni landsins til Vestfjarða. Kostnaður við landflutninga nemur 22 kr á hvern ekinn tonn kílómetra, ef notast er við sömu forsendur og í staðarvalsgreiningu Páls Jenssonar. Um 84% af úrganginum eða um 109.000 tonn á ári falla til á SV horni landsins. Ef miðað er við fjarlægðina milli Reykjavíkur og Ísafjarðar (450 km) má reikna út að árlegur kostnaður vegna flutninga á þessu efni er gríðarlegur. Að vísu skal því haldið til haga að væntanlega yrði um að ræða sjóflutninga og kostnaður vegna þeirra yrði lægri en við landflutninga.

Að síðustu skal vísað til ábendinga í skýrslu Eflu um umhverfisþætti. Þar var bent á að miðað við staðsetningu vinnslunnar á SV horninu munu flutningar á efni valda losun á 2.670 tonnum af CO2 ígildum árlega en ef sömu ferðir verða farnar til úrgangsbrennslu sem staðsett væri á Vestfjörðum, þá veldur það losun sem nemur 13.600 tonnum CO2 ígilda árlega.

# Arðsemi

Samantekt úr minnisblaði Páls Jenssonar (Jensson & Jónasson, 2021a) um arðsemi er rakin hér á eftir. Sjálft minnisblaðið er í viðauka F.

Gengið er út frá því að byggð verði ein stöð fyrir allt landið og að hún geti brennt allt að 130.000 tonnum af úrgangi á ári. Gert er ráð fyrir því að einkafyrirtæki verði stofnað til að byggja og reka stöðina og að það greiði tekjuskatt eins og önnur fyrirtæki. Byggt er upp reiknilíkan í exel til að meta arðsemi þessa verkefnis.

Þrennt skiptir mestu í arðsemilíkani; stofnkostnaður, rekstrarkostnaður og rekstrartekjur. Upplýsingar um stofn- og rekstrarkostnað eru að stofni til frá COWI. Þær tölur eru í evrum en reiknast í íslenskar krónur miðað við gengi í nóvember 2021. Allir útreikningar eru á föstu verðlagi og án virðisaukaskatts.

Stofnkostnaður er fengin úr skýrslu COWI en þó hefur verið bætt við áætluðum kostnaði við lóð/land og eins og rakið var í kafla um frumkostnaðaráætlun er heildarstofnkostnaður áætlaður rúmlega 163 milljón evrur eða um 24,5 milljarðar króna á gengi dagsins í dag. Við þetta bætist fjármagnskostnaður á byggingartíma sem talinn er nema 14 milljónum evra. Óvissa er veruleg í þessari áætlun en með næmnigreiningu er skoðað hvaða áhrif hækkanir á stofnkostnaði hafa á arðsemi verkefnisins.

Rekstrarkostnaður er einnig fenginn úr skýrslu COWI, gefið er upp bjartsýnt og svartsýnt mat og líklegasta mat sem nemur 6,9 milljónum evra á ári eða rúmlega einum milljarði króna. Óvissa er einnig veruleg í þessari áætlun en með næmnigreiningu er skoðað hvaða áhrif breytingar á rekstrarkostnaði hafa á arðsemi verkefnisins.

Á tekjuhlið vinnslunnar skipta hliðgjöld langmestu, en tekjur vegna sölu á orku skipta þó einnig máli. Gengið er út frá þeirri forsendu að árlega séu 100.000 tonn af úrgangi tekin til vinnslu í stöðinni. Miðað er við að hliðgjöld séu 40 kr/kg og þá verða heildartekjur á ári vegna hliðgjalda um 26,7 milljónir evra, tekjur vegna sölu á heitu vatni verða 1,6 milljónir evra og tekjur

**Gengið er út frá því að byggð verði ein stöð fyrir allt landið og að hún geti brennt allt að 130.000 tonnum af úrgangi á ári.**

Viðauki F
PDF
sækja skrá
2,4 MB

vegna sölu á raforku verða 2,2 milljónir evra á ári. Heildartekjur vinnslunar verða því 30,5 milljónir evra miðað við þetta eða um 4,6 milljarðar króna.

Gert er ráð fyrir 30 ára áætlunartíma, 8% ávöxtunarkröfu á heildarfjármagn og 12% ávöxtunarkröfu á eigið fé. Reiknað er með lántöku upp á 80% fjármagnsins til 20 ára á 8% lánsvöxtum.

Niðurstöður útreikninga á arðsemi verkefnisins eru þær að heildarnúvirði fjármagns er jákvætt upp á 62 milljónir evra og núvirði eigin fjár er einnig jákvætt upp á 23 milljónir evra. Innri vextir heildarfjár eru 12% og innri vextir eigin fjár eru 18%, hvoru tveggja vel yfir ávöxtunarkröfum sem eru 8% og 12%. Helstu fjárhagslegar kennitölur sýna viðunandi afkomu, skuldaþekja er yfir 1,5 frá og með fimmta rekstrarári. Lausafjárhlutfall er ávallt yfir 1,5 nema fyrsta rekstrarárið.

**Miðað er við að hliðgjöld séu 40 kr/kg og þá verða heildartekjur á ári vegna hliðgjalda um 26,7 milljónir evra, tekjur vegna sölu á heitu vatni verða 1,6 milljónir evra og tekjur vegna sölu á raforku verða 2,2 milljónir evra á ári.**

Næmnigreining sýnir að jafnvel 30% aukning í stofnkostnaði vegna vélbúnaðar eða 50% aukning í rekstrarkostnaði breyta því ekki að verkefnið er arðbært. Arðsemin er næmust fyrir hliðgjöldum og magni úrgangs til vinnslu og ef annar þessara þátta lækkar um 15% er verkefnið komið niður að mörkum ávöxtunarkröfunnar. Skoðað var hvaða áhrif það hefði á arðsemi ef stofnkostnaður vegna vélbúnaður og rekstrarkostnaður hækka samtímis og niðurstaðan er sú að þó báðar breytur hækki um allt að 20% er verkefnið enn arðbært.

Litið er til þess sértilfellis að fjárfest yrði í búnaði til að binda CO2 úr brennslunni. Gengið er út frá grófum forsendum sem settar voru fram í skýrslu Eflu um umhverfisþætti (Bjarnadóttir & Kristinsson, 2021) en stofnkostnaður myndi aukast um 60 milljónir evra og rekstrarkostnaður um 4 milljónir evra á ári. Ef engar tekjur eru af sölu afurða úr slíkri vinnslu leiðir þetta til þess að verkefnið verður óarðbært. Ef hliðgjöld eru hækkuð um 10 kr upp í 50 kr/kg dugar það til að brennsla með vinnslu CO2 verður arðbær.

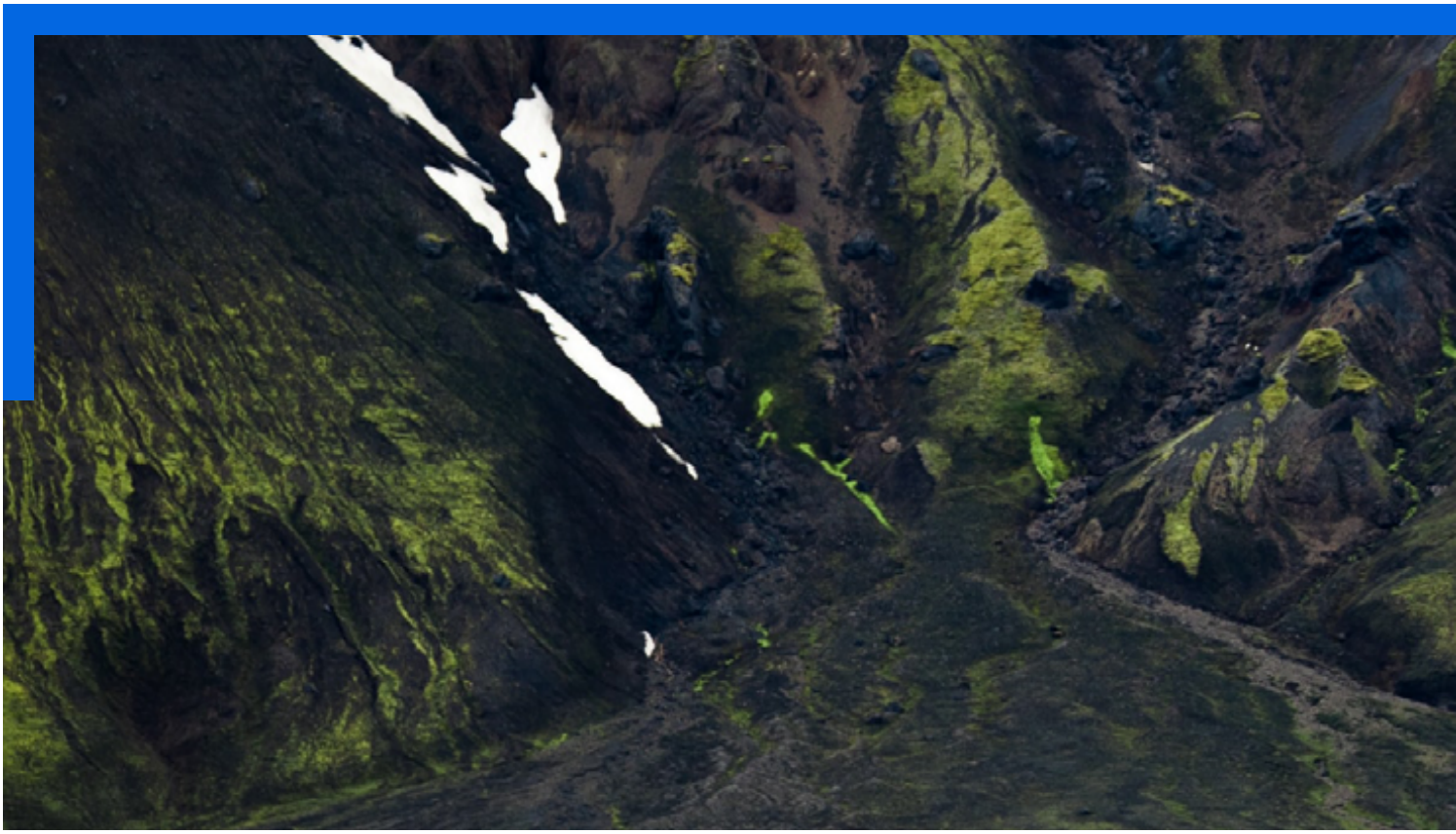
Líkanið var loks notað til að meta hvað hliðgjöld geta verið lág til að verkefnið skili arðsemi sem er þó viðunandi fyrir tvær

ólíkar útfærslur á eignarhaldi. Fyrra tilfellið er svonefnt PPP verkefni. Þar er gert ráð fyrir því að lánsvextir væru 3,5% og arðsemiskrafa eigin fjár væri 12%. Í þessu tilfelli þyrfti hliðgjald að vera 29 kr/kg. Ítarlega er fjallað um PPP í skýrslu Ragnars O. Rafnssonar (Rafnsson, 2021) um greiningu á fjármögnunarmöguleikum. Seinna tilfellið er opinbert verkefni þar sem opinberir aðilar undirbúa og framkvæma verkefnið og fjármagna það. Í þessu tilfelli er gert ráð fyrir því að lánsvextir væru 0,95% og arðsemiskrafa eigin fjár væri 7,3%. Í þessu tilfelli þyrfti hliðgjald að vera 19 kr/kg.

**Líkanið var loks notað til að meta hvað hliðgjöld geta verið lág til að verkefnið skili arðsemi sem er þó viðunandi fyrir tvær ólíkar útfærslur á eignarhaldi.**

Áhættugreining hefur dregið fram að óvissa ríkir um brennslugildi úrgangsins. Í skýrslu COWI er lagt til grundvallar að brennslugildið sé 10 MJ/kg. Áhrif þess ef brennslugildið reynist hærra eru töluverð, því í raun er réttara að meta afköst vinnslunnar út frá orkuinnihaldi úrgangsins fremur en massa hans. Ef brennslugildið er 12,5 MJ/kg en ekki 10 MJ/kg svarar það til þess að stöðin ráði við 104.000 tonn á ári. En ef brennslugildið er 15 MJ/kg ræður stöðin ekki við nema um 87.000 tonn á ári, sem er minna en viðmið arðsemiútreikninga. Arðsemilíkanið sýnir að miðað við þetta magn og óbreytt hliðgjald lækkar arðsemi verkefnisins, en hún er þó enn yfir ávöxtunarkröfu, ef annað breytist ekki. Engar rannsóknir hafa farið fram á brennslugildi þess úrgangs sem tekin verður til vinnslu í stöðinni og mikilvægt er að afla betri upplýsinga um brennslugildið í næsta áfanga verkefnisins.

Arðsemilíkanið sýnir að það sértilvik að sleppa gufuhverfli og selja ekki rafmagn breytir engu um arðsemi verkefnisins. Á hinn bóginn hefur verið gengið út frá því að í stöðinni fari fram orkuvinnsla. Fram hefur komið að horft er til brennslustöðvar í samhengi við hringrásarhagkerfið. Ef engin orka er framleidd í stöðinni er allt eins hægt að urða. Sú leið er hins vegar að lokast og þrýstingur á að hætta að urða kemur meðal annars frá Evrópusambandinu. Þaðan kemur einnig áherslan á hringrásarhagkerfið, sem nú er mjög sýnileg í lögum um meðhöndlun úrgangs. Af



þessum ástæðum er gengið út frá þeirri grunnforsendu að orka sem fellur til við brennsluna sé beisluð og nýtt. Rétt er að geta þess að í forverkefninu var fundað með forsvarsmönnum helstu veitufyrirtækja. Fram kom að mikill áhugi er á því að hálfu þessara fyrirtækja að kaupa þá orku sem falla mun til við vinnsluna.

Segja má að ein mikilvægasta forsenda útreikninga á arðsemi sé forsendan um eignarfyrirkomulag. Þrjár ólíkar útfærslur á eignarfyrirkomulagi leiða til mismunandi hliðgjalda sem þarf að innheimta, til að arðsemi verkefnisins sé við eða yfir ávöxtunarkröfu. Opinberir aðilar njóta hagstæðari vaxtakjara og ávöxtunarkrafa þeirra er lægri en einkaðila. Einkaaðilar greiða hærri vexti og gera hærri ávöxtunarkröfu. Á móti þessu þarf að vega margvíslega kosti við PPP fyrirkomlag, eins og rakið er ítarlega í skýrslu Ragnars O. Rafnssonar um Greiningu á fjármögnunarmöguleikum (Rafnsson, 2021).

Þegar upp er staðið þarf kostnaður sveitarfélaga og rekstrar-



aðila af því að senda úrgang til brennslu í stöðinni að vera sambærilegur eða lægri en kostnaður þeirra af því að láta senda hann til brennslu erlendis. Að auki þarf að horfa til þess að neikvæð umhverfisáhrif vegna flutninga úrgangs verða minni og við það bætist öryggi og fyrirsjáanleiki sem felst í því að vinnslan er staðsett á Íslandi, farvegur fyrir úrganginn er þar með tryggur og ekki verður um að ræða hækkanir á hliðgjöldum vegna ófyrirsjáanlegra stefnubreytinga eða takmarkana á aðgengi að vinnslunni.

Að lokum skal þess getið að eins og rakið er í kafla um áhættugreiningu er þróunin sú að kostnaður við útflutning á úrgangi til brennslu í Evrópu fer hækkandi, meðal annars vegna skatta sem ríki Evrópusambandsins eru að setja á innflutning til að stemma stigu við honum. Þessi þróun á kostnaði við útflutning á úrgangi er til þess fallin að renna enn styrkari stoðum undir fjárhagslegan grundvöll þess að reisa hátæknibrennslustöð á Íslandi.

# Greining á fjármögnunar-möguleikum

Samantekt skýrslu um greiningu á fjármögnunarmöguleikum er rakin hér á eftir. Skýrslan í heild (Rafnsson, 2021) er í viðauka G ásamt kynningu höfundar.

Skýrslan sem þessi samantekt byggir á er til þess fallin að varpa ljósi á þá fjármögnunarmöguleika sem standa í boði fyrir hátæknisorpbrennslustöð á Íslandi, sem og lykilforsendur þess að slík stöð sé reist sé hún fýsilegur kostur. Tilgangur skýrslunnar er einnig sá að hún gæti nýst sem lykilgagn til að fylgja verkefninu í næsta fasa.

Á þessu stigi er ljóst að mikill áhugi er meðal helstu fjárfesta og fjármögnunaraðila en frekari upplýsinga yrði þó krafist af hálfu fjárfesta og utanaðkomandi aðila til þess að hægt væri að ræða ákjósanlega skipulagseiningu og uppsetningu á helstu þáttum verkefnisins. Nauðsynlegt er því að fara í stefnumótun þar sem lagður er grunnur að þeirri vinnu sem framundan er og þeirri uppsetningu sem krafist er svo unnt sé að þoka verkefninu nær því að verða að veruleika.

Skoðaðar voru ýmsar skipulagsleiðir sem notaðar hafa verið í innviðaverkefnum víða um heim, en einnig var rætt við sérfræðinga EY sem hafa tekið þátt í slíkum verkefnum. Dregnir voru fram kostir og gallar þeirra skipulagsleiða sem kynntar voru en áhersla lögð á samvinnuleið (PPP), þar sem sú leið hefur gagnast í verkefnum sem þessu víða um heim. Farið var yfir mögulegar uppsetningar verkefnisins og uppsetningu á sértæku eignarhaldsfélagi (SPV), og hvernig breytingar geta orðið á mismunandi stigum verkefnisins. Þessar hugmyndir voru einnig aðlagaðar sérstaklega að sorpbrennsluverkefni líkt og því sem þessi skýrsla fjallar um.

Viðtöl voru tekin við bæði opinbera aðila og einkaaðila til þess að gera grein fyrir forsendum þeirra við þátttöku í verkefninu og gera grein fyrir áhættuþoli þeirra, kröfum, og öðrum tengdum þáttum.

Þeir opinberu aðilar sem rætt var við voru þeir sem standa að verkefninu ásamt öðrum tengdum hagsmunaaðilum. Til að nálgast ákjósanlegustu mögulegu fjárfestana var stuðst við al-

Viðauki G
PDF
sækja skrá
2,1 MB

þjóðlega gagnabanka sem EY hefur aðgang að til að útbúa lengri lista yfir mögulega fagfjárfesta. Sá listi byggði á þeirri forsendu að þeir hefðu fjárfest í samskonar verkefnum, í samskonar iðnaði. Þessi listi var síðan styttur með frekari skilyrðum t.a.m. eftir staðsetningu fjárfestinga þeirra og með þrengri skilgreiningu á þeim iðnaði sem þeir hafa fjárfest í. Haft var samband við þessa aðila og tekin viðtöl við þá. Einnig var rætt við helstu fjármálastofnanir og lífeyrissjóði hérlendis.

Helstu snertifletir sem komu upp í þessum samtölum voru þeir sömu bæði hjá opinberu aðilunum og einkaaðilunum á þessu stigi verkefnisins. Umræður snerust einna helst um úrgangssamninga, hliðgjöld (gate fees) og fjármögnun.

Umsamið úrgangsstreymi sem fer til vinnslunnar þarf að byggja á og vera stutt af ítarlegum rannsóknum sérfræðinga. Frá sjónarhorni opinberu aðilanna á úrgangsstreymið helst að vera sveigjanlegt og ekki stangast á við eða fara á bága við það hringrásarhagkerfi sem áform eru um á Íslandi. Fjárfestar horfðu til þess að ákveðinn fyrirsjáanleiki væri um árlegt magn í úrgangssamningum og þeir yrðu helst að vera til lengri tíma til að takmarka áhættu fjárfestingarinnar og þar með fjármögnunarkostnaðinn.

Þar sem sala á orkuafurðum frá stöðinni verður ekki nægilega arðbær til að mæta áætluðum kostnaði er nauðsynlegt að brúa bilið með áðurnefndum hliðgjöldum. Í augum opinberu aðilanna þurfa þessi gjöld að vera skilgreind greinilega, vera sanngjörn en eiga þó ekki koma niður á neytendum í formi verulega aukins kostnaðar. Fjárfestar tóku fram í viðtölum að þessi hluti verkefnisins yrði veigamikill þegar kæmi að fjárfestingarákvörðun þeirra en gátu ekki farið í neinar nákvæmar upphæðir þar sem skortur var á frekari upplýsingum um verkefnið á þessum tímapunkti.

Fjármögnun verkefnisins og aðkoma núverandi opinberu aðila á mismunandi stigum þess þarf að vera skýr. Opinberir aðilar eru jákvæðir gagnvart aðkomu einkaaðila að verkefninu en þurfa að ákveða hvenær og hve mikla aðkomu slíkur aðili

**Til að nálgast ákjósanlegustu mögulegu fjárfestana var stuðst við alþjóðlega gagnabanka sem EY hefur aðgang að til að útbúa lengri lista yfir mögulega fagfjárfesta.**



hefði að verkefninu. Ljóst er að fara þarf í frekari undirbúningsvinnu til að einstaka aðilar verkefnisins geti tekið upplýsta ákvörðun um ákjósanlega aðkomu mismunandi aðila á ólíkum stigum þess. Hömlur gætu hugsanlega verið settar á aðkomu einkaaðila ef fjármagn er fengið frá Lánasjóði sveitarfélaga en sá fjármögnunarkostnaður virðist vera hagkvæmastur. Áhuginn sem verkefninu hefur verið sýndur endurspeglar vilja fjárfesta til að koma inn á öllum mögulegum stigum verkefnisins.

Aðrir þættir og forsendur sem komið var inn á í viðtölum tengdust ýmsum leyfum, eignarhaldi, stefnu opinberra hagaðila og lagalegum þáttum. Greina þarf hvaða leyfi eru nauðsynleg til að verkefnið verði að veruleika og útvega þau sem fyrst. Opinberir aðilar sem koma að verkefninu munu þurfa að skilgreina eigin framtíðarsýn og markmið vegna verkefnisins því það mun leggja grunninn að því sem á eftir kemur í ferlinu.

Opinberu aðilarnir þurfa einnig að ákveða hvert sé ákjósanlegt eignarhald verkefnisins á mismunandi stigum þess. Sú leið sem farin verður við uppsetningu verkefnisins mun hafa áhrif á þennan þátt líkt og t.d. PPP aðferðin. Lagalegir þættir spila einnig stórt hlutverk og því er mikilvægt að þekkja laga- og stefnukröfur sem geta haft áhrif á hagkvæmni verkefnisins. Viðtöl við fjármálastofnanir voru á svipuðum nótum og samræður við aðra fjárfesta. Forsendur og kröfur sem fram komu voru í samræmi við það sem um var rætt í öðrum viðtölum. Fjármálastofnanirnar nefndu að líklega myndu forsendur þeirra

og kröfur gera ráð fyrir ríkisábyrgð á lánum vegna verkefnisins. Meðal annars var rætt að ríkisábyrg á lán fyrir þróunarstigið væri æskilegt og að full ríkisábyrgð væri óskandi. En ábyrgð að hluta til myndi einnig reynast gagnleg í þessu tilfelli.

Þeir sem rætt var við áttu það sameiginlegt að þurfa frekari upplýsingar um verkefnið til að gera nákvæmlega grein fyrir sínum forsendum, en þær forsendur sem nefndar voru hér að ofan voru byggðar á þeim upplýsingum sem fyrir lágu á þeim tíma er viðtölin áttu sér stað.

Skýrslan snertir á fjölmörgum þeirra leiða sem hægt er að nýta til að skipuleggja verkefnið. Við mælum með því að SPV („Special Purpose Vehicle“) verði myndað með þátttöku núverandi eigenda verkefnisins ásamt öðrum mögulegum opinberum aðilum. Mikilvægt er að fyrsta verkefni þessa SPV sé að setja á laggirnar sérstakan vinnuhóp sem gegni veigamiklu hlutverki í þeim undirbúnings- og skipulagsfasa sem við teljum vera þarft fyrsta skref í verkefninu. Áðurnefndur fasi mun til að mynda fela í sér að stilla upp ákjósanlegri skipulagseiningu verkefnisins og greina mismunandi afhendingarlíkön (delivery model) og viðskiptamöguleika. Snert er á fjölmörgum afhendingarmöguleikum í skýrslunni þar sem farið er yfir helstu kosti og galla hvers líkans fyrir sig sem munu að öllum líkindum nýtast í vinnu við verkefnið.

**Mikilvægt er að fyrsta verkefni þessa SPV sé að setja á laggirnar sérstakan vinnuhóp sem gegni veigamiklu hlutverki í þeim undirbúnings- og skipulagsfasa sem við teljum vera þarft fyrsta skref í verkefninu.**

Undirbúnings- og skipulagsfasi mun fela í sér ítarlega viðskiptaáætlun sem við mælum með að verði samintil að bera kennsl á þá fjölmörgu þætti sem nauðsynlegt er að gera grein fyrir í stórframkvæmdum sem þessum.

Helstu kostir undirbúningsvinnu sem þessarar eru að eigendur verkefnisins halda mestallri stjórn þess og koma einnig til með að vera með sterka samningsstöðu þegar kemur að viðræðum um aðkomu nýrra aðila að verkefninu þegar ákveðið verður að leita til þeirra. Einnig væri mögulegt fyrir eigendur verkefnisins að fá einkaaðila að því á þessu stigi en það myndi takmarka að einhverju leiti þá tímafjárfestingu sem leggja þarf í verkefnið af hálfu eigenda, og minnka þar með áhættu.

# IV

# HLUTI

# SAMHENGI

## Rýni á lagagrundvelli

## Áhættugreining

# Rýni á lagagrundvelli

Samantekt skýrslu um rýni á lagagrundvelli er rakin hér á eftir. Skýrslan í heild er í viðauka H (Tryggvason & Karlsson, 2021).

***Regluverk úrgangsmála og lög um meðhöndlun úrgangs***

- Á sviði Evrópuréttar og EES-réttar gilda sameiginlegar meginreglur um meðhöndlun úrgangs í aðildarríkjum Evrópusambandsins.
  - » Helsta réttarheimildin er tilskipun Evrópusambandsins um úrgang 2008/98/EB með síðari breytingum (Waste Framework Directive).
  - » Reglur Evrópuréttar um meðhöndlun úrgangs gilda á Íslandi á grundvelli skuldbindinga samkvæmt EES – samningnum.

- Sameiginlegt regluverk byggir einkum á þremur meginreglum:
  - » Reglu um forgangröðun úrgangs (waste hierarchy)
  - » Ákvæði um hringrásarhagkerfið (waste circular economy)
  - » Greiðslureglunni (polluter pays principle)

- Rammalöggjöf á Íslandi um meðhöndlun úrgangs er að finna í lögum nr. 55/2003 um meðhöndlun úrgangs með síðari breytingum (MÚL).
  - » Regluna um forgangsröðun úrgangs er að finna í 7. gr. MÚL.
  - » Greiðsluregluna er að finna í 23. gr. MÚL.
  - » Með breytingum á lögunum sem taka gildi 1. janúar 2023 er kveðið á um hringrásarhagkerfið og ákvæði laganna styrkt til að innleiða frekar meginregluna.

***Sveitarfélög bera ábyrgð á flutningi heimilisúrgangs og fyrirkomulagi við söfnun úrgangs***

- Sveitarfélög bera ábyrgð á fyrirkomulagi við söfnun og meðhöndlun úrgangs (8. gr. MÚL).

Viðauki H
PDF
sækja skrá
0,4 MB



- » Sveitarfélög skulu ákveða í sérstakri samþykkt fyrirkomulag söfnunar á heimilis- og rekstrarúrgangi í sveitarfélagi.
- » Sveitarfélög bera ábyrgð á flutningi heimilisúrgangs til meðhöndlunar.
- » Sveitarfélög skulu sjá til þess að starfræktar séu söfnunar- og móttökustöðvar fyrir úrgang eftir atvikum í samstarfi við önnur sveitarfélög.
- » Sveitarfélög ákveða hvort þau sinna verkefnum sjálf, í samstarfi við önnur sveitarfélög, eða með samningum við einkaaðila.

***Ákvæði um starfsleyfi brennslustöðvar og sérstök skilyrði***

- Í IX. kafla MÚL er að finna sérákvæði, skilyrði og tæknilegar kröfur fyrir rekstur brennslustöðvar úrgangs:
  - » Afla þarf starfsleyfis Umhverfisstofnunar skv. 14. gr. en auk þess skal gera sérstakar ráðstafanir samkvæmt 62. gr. varðandi hönnun, framkvæmdir, rekstur, nýtingu og endurheimt varma, að draga úr magni og skaðsemi ösku og förgun hennar sé til samræmi við ákvæði laganna.

*Önnur opinber leyfi*

- Bygging brennslustöðvar úrgangs er almennt háð mati á umhverfisáhrifum skv. lögum nr. 111/2012 um umhverfismat framkvæmda og áætlana.
- Framleiðsla raforku er almennt starfsleyfisskyld á grundvelli raforkulaga nr. 65/2003.
- Framleiðsla á heitu vatni er ekki starfsleyfisskyld en takmörkun kann á að vera á sölu heits vatns vegna sérleyfis hitaveitna sem veitt eru á grundvelli orkulaga nr. 58/1967.
- Álitaefni hvernig tryggja megi nægilegt magn úrgangs til reksturs
- Samkvæmt 8. gr. MÚL bera sveitarfélög ábyrgð á flutningi heimilisúrgangs og hafa þar með ákvörðunarvald um meðhöndlun hans.



- Sveitarfélög hafa almennar heimildir til þess að kveða á um fyrirkomulag á söfnun og móttöku heimilis- og rekstrarúrgangs í viðkomandi sveitarfélagi en áhöld eru um hvort slík almenn heimild dugi til að setja skilyrði um skil á rekstrarúrgangi til brennslu.
- Ekki er að finna í lögum heimild til þess að takmarka útflutning úrgangs og í Evrópu er ljóst að markaður er þegar til staðar fyrir inn- og útflutning úrgangs þ.m.t. til brennslu.
- Á sviði Evrópuréttar gildir tilskipun um flutning úrgangs sem meðal annars felur í sér heimild fyrir aðildarríki til að takmarka út- eða innflutning á grundvelli umhverfissjónarmiða og meginreglna Evrópuréttar um meðhöndlun úrgangs.
- Ef setja á skilyrði um það að rekstrarúrgangi sem er hæfur til brennslu beri að skila með sérstökum hætti eða takmarka útflutning á slíkum úrgangi myndi það kalla á breytingu á lögum og setningu sérstakrar lagaheimildar.
  - » Hér þarf að greina frekar álitamál um stjórnskipunarlegar heimildir, reglur EES réttar þ.m.t. regluna um fjórfrelsið, samkeppnisreglur og sameiginlegar reglur um meðhöndlun úrgangs, og hvort að slík lagaheimild væri samþýðanleg þeim takmörkunum sem hér kunna að gilda.

***Álitaefni á sviði samkeppnislaga og reglna um ríkisaðstoð***

- Að því leyti sem meðhöndlun úrgangs er ekki sérstaklega undanskilinn gildissviði samkeppnislaga með sérlögum, gilda almennar reglur samkeppnisréttar á sviðinu.
- Söfnun sveitarfélaga á heimilisúrgangi fellur ekki undir gildissvið samkeppnislaga. Að öðru leyti gilda ákvæði samkeppnislaga um starfsemi opinberra aðila þ.m.t. stofnana sveitarfélaga eða lögaðila sem þau hafa falið verkefni vegna meðhöndlunar úrgangs.
- Í auknum mæli hefur reynt á samspil meginreglna Evrópuréttar á sviði úrgangsstjórnunar og samkeppnisreglna.
- Norrænu samkeppniseftirlitin gáfu út ítarlega skýrslu um

samkeppnisumhverfið á Norðurlöndum árið 2016 þar sem m.a. er hvatt til þess að opinberir aðilar feli í einkaaðilum í meira mæli að sinna verkefnum t.d. með því að nýta sér meira opinber innkaup.

- Leiða má líkur að því að aðilar, sem sameiginlega eru með yfirráð á markaði vegna meðhöndlunar úrgangs, komi með einum eða öðrum hætti að undirbúningi eða rekstri brennslustöðvar úrgangs. Því þarf að gæta að meginreglum samkeppnislaga allt frá undirbúningsstigi þ.m.t. hvers konar banni við samkeppnishömlum.

**Landfræðileg staða Íslands er sérstök vegna mikilla fjarlægða í strjálbýlu landi.**

***Álitaefni vegna ríkisaðstoðar***

- Reglur um ríkisaðstoð, sbr. ákvæði 61. gr. EES – samningsins, setja skorður við hvers konar aðstoð sem veitt er af opinberum fjármunum og er ætluð til að raska samkeppni eða ívilna fyrirtækjum.
- Í leiðbeiningum Eftirlitsstofnunnar EFTA (ESA) um aðstoð vegna meðhöndlunar úrgangs og orkuvinnslu er að finna skilyrði og sjónarmið sem slík aðstoð þarf að uppfylla.
- Heimilt að veita styrki til fjárfestingar eða rekstraraðstoðar til vinnslu orku úr endurnýjanlegum lindum að því gefnu að það samræmist reglum um forgangsröðun úrgangs og samræmist að öðru leyti almennum skilyrðum leiðbeininga um veitingu slíkrar aðstoðar.
- Ef ætlun er að veita opinbera styrki til brennslustöðvar úrgangs eða ef kveðið er á um sértækar ívilnanir um reksturinn þarf að greina hvort að það samræmist undanþágum um ríkisaðstoð.

***Álitaefni vegna flutningskostnaðar***

- Staðarval brennslustöðvar úrgangs hefur áhrif á flutningskostnað úrgangs sem fluttur er um lengri leið.
- Könnun okkar hefur ekki leitt í ljós slíkt kerfi annars staðar í Evrópu sem unnt er að hafa til hliðsjónar.
- Landfræðileg staða Íslands er sérstök vegna mikilla fjarlægða í strjálbýlu landi.

- Útfærsla á flutningi frá söfunarstöðvum til brennslu skiptir máli:
  - Mun rekstraraðili brennslu annast sjálfur allan flutning til brennslustöðvar?
  - Munu sveitarfélög annast sjálf flutninginn eða fela einkaaðilum að gera það fyrir sína hönd?
  - Mun þriðji aðili annast sameiginlega flutning til brennslustöðvar fyrir alla?

- Almennt leiðir af greiðslureglunni (1. mgr. 23. gr. MÚL) að handhafi (eða framleiðandi úrgangs) ber að greiða allan kostnað sem leiðir af meðhöndlun hans þ.m.t. flutning úrgangsins.
- Þótt heimildir séu til þess að jafna kostnað t.d. flutningskostnað innan sveitarfélags með jafnaðargjaldi eru áhöld um það hvort eða hvernig væri unnt að jafna slíkum kostnaði á landsvísu.
- Almennt hefur verið talið heimilt á grundvelli meginreglunnar um forgangsröðun úrgangs að víkja frá greiðslureglunni ef það hefur betri umhverfisleg áhrif og stuðlar ekki að aukinni framleiðslu úrgangs.
- Slík kerfi kunna að reyna á meginreglur samkeppnislaga og ríkisaðstoðar (þegar um beinar niðurgreiðslur eða styrki frá opinberu fé er um að ræða).
- Um flókið álitamál er að ræða sem rétt væri að kveða á um með sérstakri lagaheimild til þess að eyða óvissu.
- Ætla má að þrenns konar útfærsla á slíku kerfi kæmi einkum til greina:
  1. Rekstaraðili brennslu inniheimti jafnaðargjald af öllum vegna flutnings.
  2. Kerfi sem fjármagnað væri með sértækri gjaldtöku á allan úrgang á landsvísu þar sem flutningskostnaði væri jafnað reglulega t.d. í gegnum Jöfnunarsjóð sveitarfélaga eða með álíka fyrirkomulagi.
  3. Beinar niðurgreiðslur af opinberu fé.

**Ákvörðun um rekstrarform og aðkoma opinberra aðila hefur áhrif á það að hvaða leyti ákvæði sérlaga kunna að gilda um rekstraraðila brennslustöðvar.**

***Mismunandi rekstrarform og áhrif opinbers eignarhalds***

- Ákvörðun um rekstrarform og aðkoma opinberra aðila hefur áhrif á það að hvaða leyti ákvæði sérlaga kunna að gilda um rekstraraðila brennslustöðvar.
- Ekki liggur fyrir á þessu stigi hvernig eignarhaldi eða fjármögnun rekstraraðila verður háttað.
- Ef um verður að ræða opinbert fyrirtæki sem starfar á grundvelli laga (eða með heimild í lögum) kunna sömu lagareglur og gilda um stjórnvöld að gilda að hluta eða öllu leyti um starfsemina, nema það verði sérstaklega undanskilinn slíkum reglum.
- Þegar um er að ræða einkarréttarlegan lögaðila sem er að meirihluta eða öllu leyti í eigu opinberra aðila kunna sérstakar reglur að gilda um starfsemi hans á grundvelli almennra laga:
  - Ákvæði upplýsingalaga nr. 140/2012.
  - Ákvæði laga um opinber innkaup nr. 120/2016 þ.m.t. um heimild til eigenda til þess að gera beina samninga við slíkan rekstraraðila án innkaupaferils, eða hvort að hann lúti sjálfur innkaupareglum laganna í starfsemi sinni.
  - Ákvæði laga nr. 2/1995 um opinber hlutafélög.

- Með hliðsjón af framangreindu koma einkum fjórar útfærslur til greina varðandi rekstrarform og eignarhald rekstraraðila brennslustöðvar:
  1. Rekstur í formi opinbers fyrirtækis (t.d. byggðasamlags eða fyrirtækis sem stofnað er til á grundvelli sérlaga).
  2. Rekstur í formi einkarréttarlegs lögaðila sem er að öllu leyti í eigu opinberra aðila (ríkis, sveitarfélaga, eða stofnana þeirra).
  3. Rekstur í formi eignarréttarlegs lögðaðila með blönduðu eignarhaldi (Public Private Partnership).
  4. Rekstur einkarréttarlegs lögaðila sem er alfarið í €einkaeigu.

Viðauki I
PDF
sækja skrá
0,7 MB

# Áhættugreining

Áhætta sem tengist því að byggja hátæknibrennslu og reka hana Samantekt áhættugreiningar úr skýrslu Svönu Helenar Björnsdóttur (Björnsdóttir, 2021) er rakin hér á eftir. Skýrslan í heild er í viðauka I.

Þau gögn um þróun úrgangsmála á Íslandi sem liggja til grundvallar þessari áhættugreiningu sýna möguleika á tvenns konar framtíðarlausn. Annars vegar flutning á brennanlegum úrgangi til brennslu í nálægu landi og hins vegar að reist verði hátæknisbrennslustöð fyrir úrgang á Íslandi.

Mikil áhætta fylgir því að treysta alfarið á brennslu úrgangs í öðrum löndum. Til lengri tíma litið er ekki öruggt að reiða sig á aðgengi að brennsluofnum erlendis. Nokkur ríki Evrópu hafa lagt háa skatta á innfluttan úrgang til brennslu og fleiri lönd áforma hið sama vegna þeirra umhverfis- og sjálfbærnimarkmiða sem sett hafa verið hjá ESB og EFTA. Áhætta felst í því að lokist fyrir brennslu erlendis myndi úrgangur safnast upp hér á landi og gæti það valdið margs konar ófyrirséðum vandamálum, s.s. mengunar- og heilbrigðisvandamálum.

**Nokkur ríki Evrópu hafa lagt háa skatta á innfluttan úrgang til brennslu og fleiri lönd áforma hið sama vegna þeirra umhverfis- og sjálfbærnimarkmiða sem sett hafa verið hjá ESB og EFTA.**

Bygging hátæknibrennslustöðvar fyrir úrgang hér á landi væri stórt skref í að Ísland tæki ábyrgð á eigin úrgangsmálum. Það yrði framtíðarlausn og gæfi tækifæri til að bæta aðgengi landsmanna að meðhöndlunarúrræðum úrgangs. Slík brennslustöð gæti stutt við hringrásarhagkerfi landsins.

Grunnur að áhættugreiningu fyrir byggingu hátæknibrennslustöðvar í þessu minnisblaði er lagður með rýni vísindagreina um sambærileg verkefni og hér um ræðir. Í vísindagreinunum kemur fram að aðferðir við áhættugreiningu eru mismunandi og taka mið af aðstæðum. Niðurstöður eru þó skýrar og í samræmi við niðurstöður sem fengust með aðferðum höfundar þessa minnisblaðs.

Þrenns konar aðferðum var beitt við áhættugreiningu og ætla má að þær gefi góða mynd af helstu áhættuþáttum. Meginniðurstöður eru þessar:

1. Áhætta er tengd fjármögnun verkefnisins.
2. Margs konar áhætta er tengd staðarvali, t.d. neikvætt viðhorf

almennings og samgöngur. Ef tekst að byggja upp jákvæða ímynd getur það stutt við hringrásarhagkerfið, bætt umhverfisvitund almennings og eflt vilja fólks til að taka virkan þátt í hvers konar sjálfbærniverkefnum.

3. Áhætta er vegna umhverfismengunar, sem í versta falli gæti leitt til rekstrarstöðvunar.
4. Áhætta er vegna öryggis og heilsu fólks.
5. Áhætta er fólgin í þarfagreiningu og þar með hönnun stöðvarinnar. Óvissa ríkir t.d. um magn og brennslugildi úrgangs.
6. Áhætta er varðandi magn þess efnis sem berst til stöðvarinnar, t.d. að sveitarfélög ákveði að senda úrgang úr landi í stað þess að senda hann til stöðvarinnar.
7. Áhætta er vegna tækniþróunar og breytinga á löggjöf og regluverki umhverfismála.
8. Áhætta er vegna „lélegra“ samninga og óskýrrar skiptingar/úthlutunar áhættu, t.d. í PPP- samstarfi.
9. Slæleg verkefnastjórnun skapar margs konar áhættu, t.d. slysahættu, tafir á verkefninu og aukinn kostnað.
10. Áhætta er fólgin í ófyrirséðum töfum sem seinkað geta gangsetningu stöðvarinnar.
11. Áhætta er fólgin í ófyrirséðri rekstrarstöðvun.
12. Áhætta er fólgin í rekstrartapi, s.s. vegna óvissa um sölu á orku og afurðum.
13. Áhætta er tengd því að ekki verði unnið heildstætt áhættumat sem nær til undirbúnings, hönnunar, framkvæmdar og í reksturs hátæknibrennslustöðvar til að undirbyggja ákvarðanir.

**Þetta getur leitt til þess að þekking og reynsla tapist, að erfitt verði að halda yfirsýn og að ekki verði vandað til ákvarðana.**

Hér þarf einnig að benda á áhættu sem stafar af flóknu umhverfi verkefnisins. Að því standa mörg sveitarfélög og að því koma því fjöldamargir kjörnir fulltrúar. Reglulegar breytingar í pólitísku landslagi geta leitt til þess að stöðugt komi nýtt og nýtt fólk að yfirstjórn verkefnisins og annað fólk yfirgefi verkefnið í staðinn. Þetta getur leitt til þess að þekking og reynsla tapist, að erfitt verði að halda yfirsýn og að

ekki verði vandað til ákvarðana. Mikilvægt er að á fyrstu stigum nái aðstandendur samkomulagi um forsendur og umgjörð verkefnisins sem tryggi því eins mikinn stöðugleika og kostur er í þessu umhverfi. Einnig ber að nefna að fyrir hendi er töluverð lagaleg áhætta, eins og vikið er að í kaflanum um lagalega rýni. Hér má meðal annars nefna möguleika sveitarfélaga til að skuldbinda sig til langs tíma með ráðstöfun úrgangs, án útboðs. Lagalega þætti verkefnisins verður að skoða mun betur og hvort gera þurfi breytingar á regluverki í samræmi við þær ákvarðanir sem sveitarfélög og ríkið taka um framhald þessa verkefnis. Gera þarf betri úttekt á umfangi þeirra efnisstrauma sem berast munu til stöðvarinnar og brennslugildi úrgangsins sem er grundvallarforsenda í hönnun stöðvarinnar.

Loks skal áréttað að breytingar geta orðið á kröfum Evrópusambandsins um umhverfismál. Þessar kröfur hafa orðið strangari í gegnum árin, eins og sannaðist þegar litlar sorpbrennslur í fjórum landsfjórðungum þurftu að hætta starfsemi á fyrstu árum aldrarinnar. Sú þróun getur haldið áfram og haft áhrif á forsendur fyrir rekstri stöðvarinnar.

**Fyrir liggur að ýmis sveitarfélög á SV hluta landsins nýta sér þjónustu sem boðið er upp á hér á landi og afsetja brennanlegan úrgang frá heimilum og rekstraraðilum með þessum hætti.**

## Áhætta sem tengist útflutningi á úrgangi til brennslu erlendis

Um nokkurra ára skeið hefur brennanlegur úrgangur verið fluttur úr landi til Evrópu þar sem hann hefur verið brenndur til orkuvinnslu í hátæknibrennslustöðvum. Fyrir liggur að ýmis sveitarfélög á SV hluta landsins nýta sér þjónustu sem boðið er upp á hér á landi og afsetja brennanlegan úrgang frá heimilum og rekstraraðilum með þessum hætti. Einnig er vitað hvað þessi þjónusta kostar sveitarfélögin. Umfang þessa útflutnings liggur ekki nákvæmlega fyrir. Færa má rök með og á móti slíkum útflutningi - samantekt Svönu Helenar Björnsdóttur hér að ofan fjallar meðal annars um þetta en til viðbótar má nefna svonefnda nándarreglu (proximity principle) en samkvæmt henni

hefur flutningur á úrgangi margskonar neikvæð áhrif og þess vegna ætti að vinna úr úrgangi sem næst upprunastað (Principles of Waste Management, e.d.). Á hinn bóginn er það hluti þessa forverkefnis að leggja einfalt mat á áhættuna við þessa leið, hvort útflutningur á brennanlegum úrgangi er líklegur til að verða mögulegur til framtíðar, eða hvort þessi leið muni lokast.

Úrgangur til brennslu hefur verið fluttur til nokkurra Evrópulanda, einkum til landa innan Evrópusambandsins eins og Danmerkur, Hollands, Svíþjóðar, en einnig til Bretlands og Þýskalands. Stefnumörkun Evrópusambandsins frá 2015 um innleiðingu hringrásarhagkerfisins (European Commission, 2015) og eftirfylgni hennar á síðustu árum er að gerbreyta forsendum þessa útflutnings. Ætlunin er að stórauka endurvinnslu og draga úr brennslu og aðildarlönd Evrópusambandsins eru að aðlaga sig að þessari stefnumörkun. Dönsk stjórnvöld hafa til að mynda tekið upp nýja stefnu og ætla að draga mjög úr innflutningi úrgangs til brennslu. Nánar tiltekið á að takmarka brennslugetu í Danmörku við þann brennanlega úrgang sem þar mun falla til eftir að Danir hafa bætt flokkun sína (Dall, 2020). Innflutningur á úrgangi til brennslu í Danmörku mun leggjast alveg af samkvæmt þessu. Svipaða sögu er að segja frá Hollandi en þar hafa verið lagðir háir skattar á innfluttan úrgang til brennslu og stefna stjórnvalda þar er að sá innflutningur leggist alveg af („Netherlands will apply hefty tax to RDF imports as of 2020“, 2019). Ekki er vitað hvað mun gerast í Svíþjóð, þróunin er þó sú að sænsk stjórnvöld hafa hækkað skatta á brennslu úrgangs og líklegt má telja að sú þróun haldi áfram. Bretland er ekki lengur bundið af stefnumörkun Evrópusambandsins og erfitt er að spá fyrir um þróunina þar í landi.

**Dönsk stjórnvöld hafa til að mynda tekið upp nýja stefnu og ætla að draga mjög úr innflutningi úrgangs til brennslu.**

Nýjasta dæmið um þessa þróun eru tillögur sem Evrópusambandið birti þann 17. nóvember sl. um reglur um flutning úrgangs milli landa, sem m.a. tengjast stefnu sambandsins um hringrásarhagkerfi (*Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 2021*). Tillagan snýst m.a. um rekjanleika úrgangs auk þess sem verið er að gera auðveldara að flytja úrgang til endurvinnslu á milli aðildarríkja en erfiðara ef á að urða

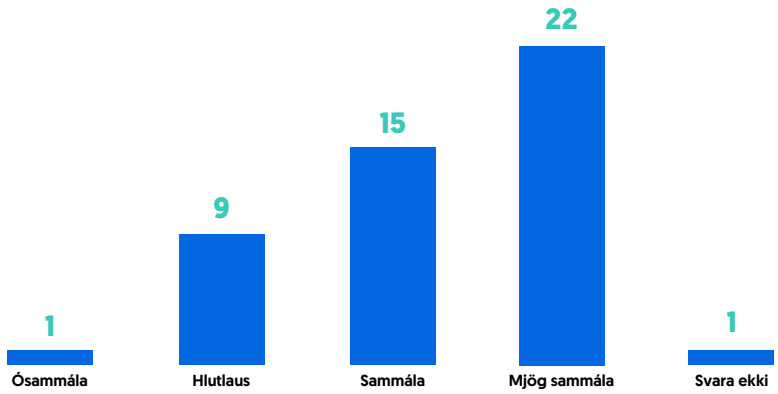
eða brenna úrganginn án orkunýtingar. Markmiðið er að koma í veg fyrir að sambandið flytji úrgang út til landa utan þess og að stemma stigu við ólöglegum úrgangsflutningum. Tillagan gerir einnig ráð fyrir útflutningsbanni á heimilisúrgangi og spilliefnum.

Þegar horft er til þeirrar þróunar sem lýst er hér að ofan er erfitt að komast að annarri niðurstöðu en þeirri að áhætta sveitarfélaga á Íslandi við að reiða sig á útflutning úrgangs til brennslu sé óásættanleg. Möguleikar til útflutnings eru að þrengjast og líklegt má telja að þeir hverfi alveg á næstu árum, eða að kostnaður við útflutning aukist verulega. Slík þróun gæti orðið mjög snögg og afleiðingin á Íslandi gæti þá orðið sú að úrgangur safnaðist upp með ófyrirséðum mengunar- og heilbrigðisvandamálum.

Í verkefninu kom fram að sveitarfélög á Íslandi eru þessu sammála. Samband íslenskra sveitarfélaga stóð fyrir skoðanakönnun haustið 2021 sem send var öllum sveitarfélögum. Ein spurning laut að því hvort sveitarfélögin teldu þörf á því að koma upp brennslustöð á Íslandi á næstu árum. Svörin má sjá í meðfylgjandi stöplariti.

**Takið aðstöðu til efirfarandi fullyrðingar:**

*„Sveitarfélagið telur þörf á að koma upp hátækni brennslustöð á Íslandi á næstu árum, til að tryggja farveg fyrir brennanlegan úrgang.“*




Niðurstaðan er afgerandi, 37 af þeim 48 sveitarfélögum sem svöruðu eru sammála eða mjög sammála því að þörf sé á að koma upp brennslustöð á Íslandi á næstu árum til að tryggja farveg fyrir brennanlegan úrgang.

**Samband íslenskra sveitarfélaga stóð fyrir skoðanakönnun haustið 2021 sem send var öllum sveitarfélögum.**

# V

# HLUTI

# NÆSTU SKREF

Forverkefninu var ætlað að draga fram nauðsynlegar upplýsingar til að unnt verði að setja fram mótaða tillögu um bestu leið til að innleiða framtíðarlausn við meðhöndlun á brennanlegum úrgangi til næstu áratuga. Með því að setja saman hóp sérfræðinga á sviðum sem tengjast tæknilegum, umhverfislegum, lagalegum og viðskiptalegum hliðum verkefnisins hefur tekist að bregða ljósi á helstu grunnupplýsingar og sýna fram á að verkefnið er af ýmsum ástæðum raunhæft og æskilegt. Fram hefur komið að fjárfestar og lánveitendur hafa mikinn áhuga á verkefninu.

**Fram hefur komið að fjárfestar og lánveitendur hafa mikinn áhuga á verkefninu.**

Stýrihópur verkefnisins telur að forverkefnið hafi einnig dregið fram áleitnar spurningar sem svara þarf mun betur. Má nefna spurningar um magn og brennslugildi úrgangs og þarf að greina betur úrgangsstrauma sem falla til á Íslandi áður en endanleg tæknilausn er valin og stærð brennslunnar er ákvörðuð.

Krafa um meiri sérsöfnun og betri flokkun á úrgangi mun móta framboð á brennanlegum úrgangi til framtíðar og er óvíst hvernig mál munu þróast, en hér á landi er um þessar mundir stigið af töluverðum þunga í átt að hringrásarhagkerfinu.

Loks er óljóst hve fljótt mun þrengjast að þeim möguleika að flytja út brennanlegan úrgang. Stefnubreyting Evrópusambandsins hefur að sönnu leitt til þess að sum lönd þess taka ekki lengur við úrgangi til brennslu. Á hinn bóginn er eftirspurn eftir brennanlegum úrgangi töluverð í Evrópu um þessar mundir og kann að aukast í sumum löndum vegna orkuskipta úr jarðefnaeldsneyti. Kolefnisgjöld á úrgang til brennslu hafa verið rædd en slíkt kerfi hefur ekki verið útfært að neinu ráði og óvíst hver sú þróun verður.

Þrátt fyrir þessa óvissu telur stýrihópur að vegna langs undirbúnings- og verktíma við að koma brennslu af stað á Íslandi, þá sé ekki annað forsvaranlegt en að hefjast handa og stofna undirbúningsfélag sem heldur utan um næstu skref. Vel er hægt að nýta sér niðurstöður úr forverkefni þessu til að fara í staðarval og skipulagsvinnu, ásamt því að ávarpa tæknilausnir og áhættu í verkefninu.

Á vettvangi þessa félags verði safnað saman enn nákvæmari upplýsingum til að opinberir- og einkaaðilar geti tekið upplýstar ákvarðanir um það hvort og með hvaða hætti þeir vilja taka þátt í verkefninu. Eitt af fyrstu skrefum félagsins er að gerð verði Class 3 kostnaðaráætlun (sbr. viðmið AACE) og ítarleg viðskiptaáætlun sem tæpir á öllu því sem fjallað var um í forverkefninu en gengur skrefi lengra í gagnaöflun og greiningum, m.a. á hagrænum, tæknilegum og lagalegum þáttum. Þróuð verði áætlun um það útboðsfyrirkomulag sem verður viðhaft í verkefninu. Síðast en ekki síst muni viðskiptaáætlunin fela í sér stefnu aðstandenda um eignarhald og stjórnskipulega uppbyggingu í áframhaldi verkefnisins - og um þátttöku einkaaðila. Loks verður leitað til mögulegra fjárfesta og lánveitenda og áhugi þeirra kannaður með formlegri hætti en þegar hefur verið gert.

Einnig þarf að tryggja ráðstöfun brennanlegs úrgangs með samningum við sveitafélög og þjónustuaðila. Um leið liggur fyrir hverjir munu standa að undirbúningi og framkvæmd verkefnisins, og rekstri vinnslunnar, auk viljayfirlýsinga þar að lútandi.

**Þróuð verði áætlun um það útboðsfyrirkomulag sem verður viðhaft í verkefninu.**

Samhliða allri undirbúningsvinnu þarf að fylgjast með og greina breytingar í úrgangstölfræði á Íslandi sem leiða munu af innleiðingu bættrar flokkunar og sérsöfnun, ásamt því að fylgjast með breytingum á lögum og reglugerðum í Evrópu. Frekari gagnaöflun og greining mun undirbyggja endanlegar ákvarðanir um verkefnið.

Stýrihópur sér fyrir sér áframhald verkefnisins næstu mánuði í þremur skrefum:

I: Kynningarátak um verkefnið hjá öllum sem að því stóðu, þ.e. í borgarráði og bæjarráðum allra sveitarfélaga sem tengdust verkefninu, og í Umhverfis- og auðlindaráðuneytinu og eftir atvikum fleiri ráðuneytum. Einnig þarf að kynna verkefnið á vettvangi sveitarfélaga í landinu í umboði Sambands íslenskra sveitarfélaga, í samhengi við yfirstandandi vinnu við svæðisáætlanir. Stór hluti úrgangs

kemur frá atvinnulífinu og því er eðlilegt að verkefnið verði strax í upphafi kynnt Samtökum atvinnulífsins. Kynningarátakið þarf að leiða til þess að aðstandendur forverkefnisins taki stefnumótandi ákvörðun um áframhaldið.

II: Formlegt samtal við ríkisvaldið um aðkomu þess að verkefninu með beinum og óbeinum hætti. Fáein dæmi um möguleika í því efni eru beint fjárframlag, ívilnanir, fjárfestingasamningar, ríkisábyrgð, lagabreytingar og flutningsívilnanir.



III: Stofnun félags sem fái það hlutverk að halda áfram vinnu við verkefnið í umboði hlutaðeigandi; aðstandenda forverkefnisins og annarra sem æskilegt má telja að séu með. Með stofnun sérstaks félags væri verkefninu komið í skjól og tryggt að áfram verði unnið að því við eins stöðugt umhverfi og unnt er, þrátt fyrir breytingar sem kunna að verða í hinu pólitíska landslagi og mannaskipti á hinum pólitíska vettvangi.

Æskilegt væri að ofangreindum skrefum verði lokið ekki síðar en í árslok 2022.



## Heimildir


Alta. (2018). *Landfylling og höfn fyrir efnisvinnslusvæði Björgunar á Álfsnesi* [Mat á umhverfisáhrifum - Tillaga að matsáætlun]. Björgun.

Bjarnadóttir, H. J., & Kristinsson, S. (2021). *Helstu umhverfisþættir hátæknibrennslustöðvar* [Skýrsla fyrir Forverkefni um framtíðarlausn til meðhöndlunar brennanlegs úrgangs í stað urðunar]. Efla.

Björnsdóttir, S. H. (2021). *Minnisblað um áhættugreiningu vegna byggingar hátæknibrennslustöðvar fyrir úrgang á Íslandi* [Skýrsla fyrir Forverkefni um framtíðarlausn til meðhöndlunar brennanlegs úrgangs í stað urðunar]. Svana Helen Björnsdóttir.

Dall, C. (2020). *Bred politisk aftale sikrer grøn affaldssektor i 2030*. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. https://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2020/jun/bred-politisk-aftale-sikrer-groen-affaldssektor-i-2030/

Dysert, L. R. (2016). *COST ESTIMATE CLASSIFICATION SYSTEM – AS APPLIED IN ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION FOR THE PROCESS INDUSTRIES* [AACE International Recommended Practice No. 18R- 97]. AACE.

European Commission. (2015). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. European Commission. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614

Gíslason, S. (2021). *Hátæknibrennslustöð á Íslandi 2030 Hverju þarf að brenna?* [Skýrsla fyrir Forverkefni um framtíðarlausn til meðhöndlunar brennanlegs úrgangs í stað urðunar]. Environice.

Guðrún Guðmundsdóttir, Karl Eðvaldsson, Daníel Eldjárn Vilhjálmsson, Jón Örvar Jónsson, Ingibjörg Bergþórsdóttir, & Sif Pétursdóttir. (2020). *Greining á þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi* [Skýrsla fyrir Umhverfis- og auðlindaráðuneytið]. Resource International.

James, P. (2021, júní 10). *Energy from Waste—An overview.* Haustráðstefna FENÚR 2021, Grand Hotel Reykjavik.

Jensson, P., & Jónasson, H. S. (2021a). *Minnisblað um arðsemimat á sorpbrennslu á Íslandi* [Skýrsla fyrir Forverkefni um framtíðarlausn til meðhöndlunar brennanlegs úrgangs í stað urðunar]. Páll Jensson.

Jensson, P., & Jónasson, H. S. (2021b). *Minnisblað um staðarval fyrir sorpbrennslu á Íslandi* [Skýrsla fyrir Forverkefni um framtíðarlausn til meðhöndlunar brennanlegs úrgangs í stað urðunar]. Páll Jensson.

Lög um Hollustuhætti og mengunarvarnir ofl. Nr. 103/2021.

Lög um meðhöndlun úrgangs nr. 55/2003.

Machiels, L., Bernardo, E., & Jones, P. T. (2019). ENHANCED LANDFILL MINING, THE MISSING LINK TO A CIRCULAR ECONOMY 2.0? *Detrius - Multidisciplinary Journal for Waste Resources & Residues, 08*. https://doi.org/10.31025/2611-4135/2019.13874

Mannvit verkfræðistofa. (2021). *SAMEIGINLEG SVÆÐISÁÆTLUN UM MEÐHÖNDLUN ÚRGANGS 2021—2032* (Svæðisáætlun um meðhöndlun úrgangs 2021-2032, tekur til starfssvæðis fjögurra sorpsamlaga og 32 sveitarfélaga á suðvesturhluta Íslands Tbl. 2140097-000-PRP-0003). SORPA, Sorpstöð suðurlands, Kalka, Sorpurðun vesturlands.

Netherlands will apply hefty tax to RDF imports as of 2020. (2019, september 18). EUWID *Recycling and Waste Management*. https://www.euwid-recycling.com/news/policy/single/Artikel/netherlands-will-apply-hefty-tax-to-rdf-imports-as-of-2020.html

Neuwahl, F., Cusano, G., Benavides, J., & Roudier, S. (2019). *Best Available Techniques* (BAT) *Reference Document for Waste Incineration* [JRC Science for Policy Report]. European Commission. https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-01/JRC118637_WI_Bref_2019_published_0.pdf

Orkubú Vestfjarða. (2021). *Orkubú Vestfjarða—Ársskýrsla 2020* [Ársskýrsla]. Orkubú Vesfjarða. https://www.ov.is/asset/4416/arsskyrsla_2020.pdf

*Principles of Waste Management*. (e.d.). Sótt 12. júlí 2021, af https://www.sustainabilityexchange.ac.uk/principles_of_waste_management

*Proposal for a new Regulation on waste shipments* (Proposal 2021/0367 (COD)). (2021). European Commission. https://ec.europa.eu/environment/publications/proposal-new-regulation-waste-shipments_en

Rafnsson, R. (2021). Financing option for a *Waste-to-Energy plant in Iceland* [Skýrsla fyrir Forverkefni um framtíðarlausn til meðhöndlunar brennanlegs úrgangs í stað urðunar].

Rasmussen, N. T., & Ahrensberg, K. (2021). Technical Solutions for a *Waste-to-Energy Plant in Iceland* (Skýrsla fyrir Forverkefni um framtíðarlausn til meðhöndlunar brennanlegs úrgangs í stað urðunar Tbl. A231989). COWI A/S.

Tryggvason, H. F., & Karlsson, A. (2021). *Lagaleg rýni vegna forverkefnis um byggingu brennslustöðvar úrgangs* [Skýrsla fyrir Forverkefni um framtíðarlausn til meðhöndlunar brennanlegs úrgangs í stað urðunar]. LMG Lögmenn.

Waste Framework Directive 2008/98/EC.

# A

# VIÐAUKI

**SAMNINGUR UM FORVERKEFNI TIL UNDIRBÚNINGS AÐ INNLEIÐINGU FRAMTÍÐARLAUSNAR TIL MEÐHÖNDLUNAR Á BRENNANLEGUM ÚRGANGI**

## 1. SAMNINGSAÐILAR

| | |
|---|---|
| SORPA bs, | kt. 510588-1189 |
| KALKA sorpeyðingarstöð sf. | kt. 531278-0469 |
| Sorpurðun Vesturlands hf | kt. 530697-2829 |
| Sorpstöð Suðurlands bs | kt. 420481-0719 |
| Umhverfis- og auðlindaráðuneytið | kt. 571189-1519 |

Ofangreindir aðilar gera með sér samkomulag um forverkefni til undirbúnings að innleiðingu framtíðarlausnar til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi eins og lýst er hér að neðan.

## 2. TILGANGUR

Fyrir liggur að hefja þarf undirbúning að innleiðingu nýrra leiða og lausna til breyttrar meðhöndlunar á þeim úrgangi sem til fellur á Íslandi og best verður leyst með hátæknibrennslu. Fyrirliggjandi upplýsingar og greiningar benda til þess að árlegt magn slíks úrgangs sé allt að 100 þ. tonn. Í ljósi þessa gera ofangreindir aðilar með sér samkomulag um nauðsynlega for- og undirbúningsvinnu sem hefur það meginmarkmið að dregnar verði fram nauðsynlegar grunnupplýsingar um verkefnið til að unnt verði að setja fram mótaða tillögu um bestu leið til innleiðingar á framtíðarlausn til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi til næstu áratuga. Markmiðið er að leita hagkvæmustu leiða til að mæta brennsluþörfinni á landsvísu en um leið að lágmarka líkur á að uppbygging innviða til brennslu verði umfram áætlaða þörf.

## 3. VERKEFNISLÝSING OG AFURÐIR VERKEFNISINS

Á þessu stigi liggur fyrir greining Resource International á þörf fyrir lausn til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi á Íslandi, og sömuleiðis liggja fyrir greiningar og aðgerðaáætlanir ofangreindra sorpsamlaga vegna umfangs og meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi.
Nauðsynlegt næsta skref er að draga fram ítarlegri greiningar á þeim meginþáttum sem ákvarðanir um fyrirkomulag og umgjörð framtíðarlausnar þurfa á byggja á.
Viðfangsefni þessa forverkefnis verður því nauðsynleg gagnaöflum og viðbótargreiningar sem þörf er á vegna uppbyggingar AACE Class 5 kostnaðaráætlunar. Forverkefnið mun m.a. fela í sér:

- Mat á forsendum um umfang og tegundir úrgangs til meðhöndlunar ásamt greiningu á forsendum um mögulega afsetning orku og "afurða."
- Samanburður á tveimur meginkostum til lengri tíma, i.e. útflutningi vs. hátæknibrennslu innanlands.
- Greiningu á krítískum umhverfisþáttum hátækni sorpbrennslu.

- Yfirlit yfir mögulegar tæknilausnir, kosti þeirra og galla og framsetning á einföldu flæðiriti vinnslunnar.
- Áhættugreiningu verkefnis
- Samantekt helstu möguleika varðandi staðsetningu, kosti þeirra og galla. Samanburð þessara möguleika út frá bestunarlíkani og tillögu að staðarvali.
- Framsetningu AACE Class 5 kostnaðaráætlunar
- Einfalt mat á arðsemi verkefnisins og næmni hennar gagnvart breytingum í helstu forsendum.
- Rýni laga og reglna, m.a. ákvæði samkeppnislaga.
- Framsetningu helstu möguleika varðandi fjármögnun verkefnisins, greiningu á kostum þeirra og göllum.
- Greiningu á mögulegri aðkomu ríkisins vegna mögulegra ívilnana, nauðsynlegrar lagasetningar eða annarra þátta sem máli skipta.
- Forkönnun á vilja sveitarfélaga, einkaaðila, fjárfestingarsjóða og annarra mögulegra hagaðila til þátttöku í verkefninu.

Einstökum verkþáttum verkefnis og tímaáætlun þeirra verður nánar lýst í ítarlegri verkefnisáætlun sem stýrihópur mun vinna undir handleiðslu verkefnisstjóra strax í upphafi verkefnisins. Verkefnisáætlunin verður hluti af samkomulagi þessu. Við úrvinnsluverkefnisins skal bæði horft til lausna sem falla að þörfum sorpsamlaga á suðvesturhorni landsins sem og leiða sem fela í sér hentugar lausnir fyrir aðra landshluta.

## 4. STÝRIHÓPUR, VERKEFNISSTJÓRN OG TÍMARAMMI

Yfirumsjón með verkefninu verður í höndum stýrihóps skipuðum þremur fulltrúum samningsaðila. Gert er ráð fyrir að Samband íslenskra sveitarfélaga eigi áheyrnarfulltrúa í stýrihópnum

Gert ráð fyrir aðkeyptri þjónustu sérfræðinga vegna mismunandi þátta verkefnisins. Þá er gert ráð fyrir ráðningu verkefnastjóra til að annast samræmingu, úrlausn tiltekinna viðfangsefna og ritstjórn lokaskýrslu.

Stýrihópur og verkefnisstjóri skulu í upphafi setja fram ítarlega verkefnisáætlun og greina aðstandendum verkefnisins reglulega frá framvindu verkefnisins og öðru sem máli skiptir gagnvart aðstandendum. Ennfremur skal á stýrihópurinn og/eða verkefnisstjóri á verktíma funda með fulltrúum umhverfis- og auðlindaráðuneytis til reglubundinnar upplýsingagjafar og samráðs, sem og með öðrum mögulegum hagaðilum eftir því sem þurfa þykir. Reiknað er með að verkefnið verði unnið á 4 mánuðum frá undirskrift samkomulags þessa. Nákvæmari tímaáætlun verður hluti af verkefnisáætlun stýrihópsins.

## 5. KOSTNAÐUR OG REIKNINGSHALD

Reiknað er með að kostnaður verkefnisins nemi á bilinu 20 – 25 m. kr. án VSK.

Sorpa bs mun leggja allt að 15 m. kr. til verkefnisins.

Umhverfis- og auðlindaráðuneytið mun taka þátt í 20% af kostnaði verkefnisins, þó að hámarki 5 m. kr.

Kalka sorpbrennslustöð sf, Sorpurðun Vesturlands hf og Sorpstöð suðurlands munu sameiginlega leggja fram allt að 5 m. Kr. sem skiptast á milli þessara aðila í hlutfalli við íbúatölu á starfssvæði þeirra.

SORPA bs. annast reikningshald vegna verkefnisins, annast greiðslu reikninga og innheimtu framlaga aðstandenda í samræmi við framvinduáætlun og heldur sérgreint bókhald og uppgjör vegna verkefnisins. Ef í ljós koma líkindi til þess að framangreind áætlun nægi ekki til að ljúka verkefninu gerir SORPA stýrihópi verkefnisins tímanlega viðvart þar um.

## 6. EIGNARHALD OG MEÐFERÐ AFURÐA VERKEFNISINS

Úrvinnsla verkefnisins mun bæði byggja á fyrirliggjandi almennum upplýsingum og þekkingu og sértækum greiningum og niðurstöðum.
Allar sértækar niðurstöður og þekking sem verkefnið leiðir af sér verður eign samningsaðila og verður nýtt til þess að skilgreina og undirbúa nauðsynleg næstu skref við innleiðingu brennslulausnar til framtíðar. Eftir því sem við á, þá verður horft til þess að þau verðmæti sem felast í þessari eign verði metin sem mögulegt framlag aðstandenda verkefnisins við frekari úrvinnslu og innleiðingu.

Í verklok verður tekin saman og gefin út skýrsla með meginniðurstöðum verkefnisins.

Með undirritun sinni skuldbinda aðilar umbjóðendur sína til þátttöku í framangreindu verkefni og til greiðslu kostnaðar í samræmi við ofangreint. Jafnframt staðfesta aðilar að þeir hafi fulla heimild til að skuldbinda umbjóðendur sína með þessum hætti.

Borgarnesi 8. júní 2021

f.h. SORPU bs.

f.h. Sorpurðunar Vesturlands

f.h. Kölku sorpeyðingarstöðvar sf.

f.h. Sorpstöðvar Suðurlands

Reykjavík júní 2021

f.h. Umhverfis- og auðlindaráðuneytis

# B

# VIÐAUKI

# Hátæknibrennslustöð á Íslandi 2030
# Hverju þarf að brenna?



MINNISBLAÐ
Áætlun um magn efnisstrauma til brennslu,
forsendur og helstu fyrirvarar
Haust 2021

Tekið saman í september 2021

Stefán Gíslason
Umhverfisráðgjöf Íslands ehf. (Environice)

Mynd á forsíðu:
Efnisstraumar á leið til förgunar
© Stefán Gíslason

## Innihald

*1. Inngangur* ____ *5*

*2. Samantekt* ____ *6*

*3. Forsendur, aðferðir og fyrirvarar* ____ *8*

**3.1 Talnagrunnur** ____ **8**

**3.2 Viðmiðunarár** ____ **8**

**3.3 Mannfjöldaþróun** ____ **8**

**3.4 Þróun úrgangsmagns** ____ **8**

**3.5 Þróun úrgangsflokkunar** ____ **9**

**3.6 Samsetning blandaðs úrgangs** ____ **9**

**3.7 Skipting úrgangs eftir landshlutum** ____ **10**

**3.8 Óvelkomnir úrgangsflokkar** ____ **10**

*4. Einstakir úrgangsflokkar* ____ *12*

**4.1 Efnaúrgangur o.fl.** ____ **12**

**4.2 Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum** ____ **12**

**4.3 Málmúrgangur** ____ **12**

**4.4 Glerúrgangur** ____ **13**

**4.5 Pappírsúrgangur** ____ **13**

**4.6 Hjólbarðar og annað gúmmí** ____ **13**

**4.7 Plastúrgangur** ____ **14**

**4.8 Viðarúrgangur, annar en frá byggingarstarfsemi** ____ **14**

**4.9 Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifsstarfsemi** ____ **14**

**4.10 Textílúrgangur** ____ **14**

**4.11 Úr sér gengin ökutæki** ____ **15**

**4.12 Raf- og rafeindatækjaúrgangur, rafhlöður og rafgeymar** ____ **15**

**4.13 Dýrahræ** ____ **15**

**4.14 Sláturúrgangur** ____ **16**

**4.15 Fiskúrgangur** ____ **16**

**4.16 Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum** ____ **16**

**4.17 Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur** ____ **16**

**4.18 Húsdýraskítur** ____ **16**

**4.19 Blandaður heimilisúrgangur og annar blandaður úrgangur 16**
4.19.1 Málmúrgangur 19
4.19.2 Glerúrgangur 19
4.19.3 Pappírsúrgangur 19
4.19.4 Plastúrgangur 20
4.19.5 Textílúrgangur 20
4.19.6 Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum 21
4.19.7 Annar úrgangur í blönduðum árgangi 21
4.19.8 Samantekt 23
**4.20 Úrgangur frá götuhreinsun 23**
**4.21 Veiðarfæri 24**
**4.22 Leifar frá meðhöndlun úrgangs 24**
**4.23 Ristarúrgangur og seyra 24**
**4.24 Óvirkur úrgangur (t.d. steypa, flísar, gifs, gler) 25**
**4.25 Malbik 25**
**4.26 Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur 25**
**4.27 Úrgangur sem inniheldur asbest 25**
**4.28 Jarðefni, t.d. steinar, möl og sandur 25**
**4.29 Úrgangur frá varmaferlum 26**
**4.30 Tilbúin steinefni og eldföst efni 26**
**4.31 Jarðvegur 26**
**4.32 Leifar frá brennslu og hitasundrun úrgangs 26**
***5. Heildarmagn og samsetning 27***
***6. Æskileg afkastageta brennslustöðvar 30***
***7. Afurðir brennslustöðvar 32***
**7.1 Botnaska 32**
**7.2 Flugaska 32**
**7.3 Orka 32**
**7.4 Koldíoxíð 34**
***8. Heimildir 37***
***Viðauki 1: Reiknilíkan fyrir úrgang á Íslandi 2030 38***
***Viðauki 2. Forsendur varðandi afdrif blandaðs úrgangs vegna bættrar flokkunar 39***

# 1. Inngangur

Sorpsamlögin SORPA bs., Kalka sorpeyðingarstöð sf., Sorpurðun Vesturlands hf. og Sorpstöð Suðurlands bs., svo og umhverfis- og auðlindaráðuneytið, hafa gert með sér samning um forverkefni til undirbúnings framtíðarlausnar til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi í stað urðunar. Samband íslenskra sveitarfélaga tengist einnig verkefninu. Stýrihópur forverkefnisins er skipaður þeim Jóni Viggó Gunnarssyni, Jóni Valgeirssyni, Steinþóri Þórðarsyni og Eygerði Margrétardóttur. Verkefnisstjóri er Helgi Þór Ingason.

Í forverkefninu er ætlunin að draga saman upplýsingar um nokkrar helstu forsendur fyrir þeirri umfangsmiklu framkvæmd að setja upp hátæknisorpbrennslu á Íslandi, væntanlega á SV-horni landsins. Niðurstöður forverkefnisins eiga að nýtast sem lykilgagn við ákvörðunartöku varðandi uppbyggingu brennslunnar.

Sumarið 2021 óskaði verkefnisstjóri forverkefnisins eftir því að Environice annaðist einn af 10 verkþáttum í þessari undirbúningsvinnu, þ.e.a.s. verkþáttinn *Efnis- og orkustraumar*. Verkþátturinn skyldi fela í sér eftirtalda verkhluta:

- Setja fram flokka efnisstrauma.
- Greina efnisstrauma sem gætu komið til vinnslu. Varpa ljósi á efnisstrauma sem í dag eru urðaðir en munu ekki eiga farveg í þeirri vinnslu sem hér er til skoðunar.
- Taka saman umfang og magn hvers efnisstraums - sem koma myndi til vinnslu - í nútíð og fyrirsjáanlegri framtíð.
- Hve stór þarf vinnslan að vera til að anna þessu?
- Taka saman flutningaþörf innanlands.
- Greina möguleika varðandi afsetningu orku og fastra efnisstrauma.
- Setja fram þessa möguleika og draga sérstaklega fram ef þeir eru háðir staðsetningu vinnslunnar.

Niðurstöðum verkþáttarins skyldi skilað í formi minnisblaðs í síðasta lagi 10. september 2021. Í framhaldi af því myndi danska ráðgjafarfyrirtækið COWI gera tillögur um val á tæknibúnaði vinnslunnar. Því skyldi minnisblaðið að innihalda eftirfarandi upplýsingar skv. skilgreiningu COWI (á ensku):

1. Material streams in relation to the Waste-to-Energy plant.
2. Required capacity of WtE plant (min, nominal and max) which will be the basis for COWI's services.

## 2. Samantekt

Meginniðurstaða þessa minnisblaðs er að árið 2030 muni allt að 131.087 tonnum af úrgangi skila sér til hátæknibrennslustöðvarinnar sem hér er til umræðu. Þessi áætlun byggir á því magni úrgangs sem féll til á Íslandi árið 2019 samkvæmt tölum Umhverfisstofnunar, að samanlagt úrgangsmagn aukist í réttu hlutfalli við íbúaþróun fram til ársins 2030 og að fyrir þann tíma verði flokkun og sérsöfnun aukin í samræmi við ákvæði þeirra breytinga á lögum nr. 55/2003 um meðhöndlun úrgangs sem taka að fullu gildi 1. janúar 2023, þó innan þeirra marka sem líklegt er að tæknilegar takmarkanir setji. Hvað varðar efnisstrauma í blönduðum úrgangi er byggt á tölum Sorpu um innihald þess blandaða úrgangs sem urðaður var á urðunarstað fyrirtækisins í Álfsnesi 2019. Ekki var gerð nákvæm greining á skiptingu úrgangs milli landshluta, en almennt gert ráð fyrir að magn úrgangs í þeim flokkum sem kæmu til brennslu í stöðinni sé svipað á hvern íbúa, óháð búsetu.

Í minnisblaðinu er ekki gerð tilraun til að spá fyrir um þau áhrif sem viðleitni til úrgangsforvarna kann að hafa fram til ársins 2030. Ekki er heldur gerð tilraun til að spá fyrir um hugsanleg áhrif breyttrar neysluhegðunar, áhrif vistvænni hönnunar sem lengt gæti líftíma varnings og aukið möguleika á endurvinnslu, né heldur áhrif annarra lítt fyrirsjáanlegra þátta sem haft gætu áhrif á úrgangsmagnið. Allir þeir þættir sem hér hafa verið nefndir eru frekar til þess fallnir að draga úr magni úrgangs til brennslu en að auka það, og því ber að líta á niðurstöðutöluna sem hámarkstölu.

Í minnisblaðinu er gengið út frá því að spilliefni og dýrahræ komi ekki til brennslu í stöðinni. Spilliefnum fylgja þungmálmar og fleiri mengunarvaldar sem kunna að spilla botnösku stöðvarinnar og takmarka þannig nýtingarmöguleika hennar. Því er gert ráð fyrir að slík efni séu fremur brennd í mun minni stöð, sem sérhæfir sig í eyðingu hættulegs úrgangs. Vegna mikils rakainnihalds eru dýrahræ illbrennanleg, nema eldsneyti sé notað við brennsluna. Annar úrgangur sem berst til stöðvarinnar getur út af fyrir sig þjónað þessu eldsneytishlutverki, en það hefur óhjákvæmilega neikvæð áhrif á orkuframleiðslu stöðvarinnar og getur fræðilega séð ógnað stöðu hennar sem endurnýtingarfarvegs. Til að teljast endurnýting þarf orkunýtnin að standast ákveðin lágmarksviðmið.

Gera má ráð fyrir að botnaska frá brennslustöð af því tagi sem hér um ræðir verði allt að 25% af heildarmassa þess úrgangs sem berst til stöðvarinnar, þ.e. allt að 32.500 tonn á ári. Ef vel tekst til getur þessi aska flokkast sem óvirkur úrgangur og því nýst í steinsteypu, vegagerð og aðra landmótun. Lágmörkun á því magni spilliefna sem berst til stöðvarinnar er til þess fallin að auka líkurnar á þessu.

Flugaska gæti orðið á að giska allt að 2,5% eða 3.250 tonn á ári. Hugsanlega er hægt að nýta flugöskuna í steinsteypu eða malbik, en í versta falli þarf að afsetja hana á sérhæfðum urðunarstað fyrir spilliefni.

Í minnisblaðinu er getum að því leitt að stöðin sem hér um ræðir geti framleitt um 60 GWh af rafmagni á ári og jafngildi 300 GWh af heitu vatni. Ekki er gerð tilraun til að rýna í

sölumöguleika orku frá stöðinni, en þeir ráðast óhjákvæmilega af markaðsaðstæðum og að einhverju leyti af staðsetningu.

Ljóst er að brennsla til orkunýtingar er til þess fallin að draga verulega úr losun gróðurhúsalofttegunda frá meðhöndlun úrgangs. Vegna stöðu orkumála á Íslandi mun orka sem seld er frá stöðinni þó ekki leysa jarðeldsneyti af hólmi, heldur koma í stað orku af endurnýjanlegum uppruna sem ella hefði verið notuð til sömu þarfa. Samanlagður ávinningur í loftslagslegu tilliti verður því minni en í löndum þar sem orka frá sorporkuverum kemur í stað óendurnýjanlegrar orku. Fræðilega séð mætti fanga allt koldíoxíð sem losnar frá stöðinni og binda það í bergi. Með því móti yrði brennslustöðin kolefnisneikvæð.

Í þessu minnisblaði er ekki fjallað um áhættur í rekstri stöðvarinnar. Ein slík áhætta felst þó augljóslega í að stöðin verði afkastameiri en sem svarar raunverulegri eftirspurn. Þess er að vænta að stofnkostnaður og þar með fjármagnskostnaður hækki í einhverju hlutfalli við uppsetta brennslugetu. Offjárfesting leiðir til minni rekstrarhæfni sem mun endurspeglast í hærri móttökugjöldum en ella og þar með skertri samkeppnisstöðu gagnvart öðrum aðilum hérlendis eða erlendis sem bjóða þjónustu við förgun eða orkuvinnslu úr úrgangi. Gera má ráð fyrir að stöðin leiti eftir langtímasamningum um úrgang til brennslu, en engin leið er þó að tryggja varanlega tryggð úrgangshafa við stöðina. Afköst umfram eftirspurn skapa einnig ákveðinn freistnivanda, þar sem handhægt kann að virðast að sækjast eftir úrgangi til brennslu, sem annars hefði nýst til endurvinnslu af einhverju tagi. Slíkt væri andstætt meginreglunni um forgangsröð í meðhöndlun úrgangs, auk þess sem skv. lögum nr. 55/2003 verður óheimilt að brenna úrgangi sem safnað hefur verið sérstaklega til endurvinnslu.

Samkvæmt minnisblaðinu má telja eðlilegt að miða hámarksgetu brennslustöðvar við 130.000 tonn á ári, en að hugsanlega myndi smærri brennsla þó duga til að anna eftirspurn. Ekki er fráleitt að ætla að 70% af hámarksgetu myndu nægja í flestum tilvikum, þ.e. u.þ.b. 90.000 tonn. Til greina kæmi að byrja enn smærra, t.d. með 60.000 tonna stöð sem hægt væri að tvöfalda með uppsetningu annars brennara.

# 3. Forsendur, aðferðir og fyrirvarar

## 3.1 Talnagrunnur

Tölfræðiupplýsingar um úrgangsmál liggja víða og lengst af hefur verið erfitt að finna nákvæmar upplýsingar um uppruna úrgangs og skiptingu hans í flokka. Á síðustu fimm árum hefur orðið veruleg breyting til batnaðar hvað þetta varðar með tilkomu markvissari gagnasöfnunar Umhverfisstofnunar, en á hverju ári safnar stofnunin gögnum yfir magn, tegundir og ráðstöfun þess úrgangs sem fellur til í landinu, frá fyrirtækjum, sveitarfélögum og öðrum aðilum sem eru með starfsleyfi til að meðhöndla úrgang. Þessum upplýsingum er nú skilað í rafræna gagnagátt Umhverfisstofnunar og þar er því að finna heildstæðasta yfirlitið sem völ er á. Árlega birtir stofnunin síðan heildaryfirlit yfir magn úrgangs eftir flokkum og sama yfirlit er einnig birt á vef Hagstofu Íslands með nokkuð minni sundurliðun.

Við gerð þessa minnisblaðs var tölfræðiskýrsla Umhverfisstofnunar fyrir heildarmagn úrgangs á Íslandi 2019 lögð til grundvallar,[1] en skýrsla fyrir árið 2020 er ekki komin út. Vegna áhrifa COVID kunna tölur frá 2020 auk heldur að gefa nokkuð villandi mynd af þróun mála.

## 3.2 Viðmiðunarár

Ákveðið var að miða áætlun þá sem hér er til umfjöllunar við líklegt úrgangsmagn 2030. Fyrir því eru einkum þrenns konar rök. Í fyrsta lagi má færa rök fyrir því að þær úrbætur sem nú er unnið að í úrgangsmálum, svo sem með breyttri löggjöf og stefnu ráðherra, verði að mestu komnar til framkvæmda árið 2030 og því ekki fyrirsjáanlegt að miklar breytingar verði á magni úrgangs eftir það. Í öðru lagi er úrgangsmálaflokkurinn kvikur og mjög erfitt að sjá fyrir þær breytingar sem verða eftir 2030, burtséð frá núgildandi löggjöf og stefnumótun. Þannig er hugsanlegt að veruleg umbylting verði á framleiðsluháttum og neysluvenjum á næstu árum vegna hraðra loftslagsbreytinga eða af öðrum ástæðum. Og í þriðja lagi er líklegt að brennslustöðin sem hér er til umræðu, hér eftir nefnd STÖÐIN, taki til starfa 2030 eða þar um bil, ef af verður.

## 3.3 Mannfjöldaþróun

Í þessu minnisblaði er stuðst við spá Hagstofu Íslands til 2030, („miðspá“).[2]

## 3.4 Þróun úrgangsmagns

Í þessu minnisblaði er gert ráð fyrir að heildarmagn úrgangs þróist á sama hátt og mannfjöldinn. Hér er með öðrum orðum gert ráð fyrir að heildarmagn úrgangs á hvern íbúa haldist óbreytt á tímabilinu 2019-2030. Þannig er til að mynda hvorki gert ráð fyrir árangri af

[1] Umhverfistofnun, 2020.
[2] Hagstofa Íslands, 2021(b).

viðleitni stjórnvalda til að draga úr myndun úrgangs, né af breyttri hönnun eða framleiðsluháttum sem geta þó haft umtalsverð áhrif á þróun úrgangsmála. Hugsanlegt er að heildarmagn úrgangs á hvern íbúa fari vaxandi á tímabilinu, en líklegra verður þó að telja að magnið dragist saman. Ástæða þess að hér er ekki gert ráð fyrir breytingum af þessu tagi er einkum sú að forsendur skortir til að áætla þessa þróun með viðunandi nákvæmni. Af þessu leiðir að sú áætlun sem hér er sett fram er að öllum líkindum hámarksáætlun.

## 3.5 Þróun úrgangsflokkunar

Hér er gert ráð fyrir að flokkun úrgangs aukist umtalsvert á næstu árum í samræmi við nýja löggjöf og stefnu ráðherra. Lögbundin markmið um endurvinnsluhlutföll í einstökum úrgangsflokkum eru þó ekki lögð til grundvallar, heldur er fyrst og fremst byggt á reynslu aðila sem starfa í greininni og teljast hafa góða yfirsýn yfir tæknilega möguleika og takmarkanir. Í einhverjum tilvikum kann að vera ólíklegt að markmið um endurvinnsluhlutföll náist. Annars vegar sýnir reynslan að þrátt fyrir að þátttaka í flokkun fari ört vaxandi, reynist erfitt að ná til allra heimila og fyrirtækja hvað það varðar. Hins vegar er hönnun og efnisvali enn þannig háttað að erfitt eða ómögulegt er að endurvinna ýmsar vörur sem innihalda þó mikið magn af endurvinnanlegu efni. Þetta endurspeglast m.a. í takmörkuðum árangri í endurvinnslu á plasti, þar sem talsverður hluti þess efnis sem þó er safnað endar í förgun. Þar er bæði um að ræða efni sem ekki reynist tækt í endurvinnslu og úrgang frá endurvinnslunni. Þar við bætist að eftirspurn eftir endurunnu plasti eru takmörk sett. Eftir því sem endurvinnsla á plasti eykst innanlands má gera ráð fyrir að þetta efni komi í vaxandi mæli til förgunar eða orkuvinnslu hérlendis.

Hér er farin sú leið að spá fyrir um þróun úrgangsflokkunar út frá núverandi stöðu og út frá líklegum árangri í flokkun og endurvinnslu. Í þessu sambandi er mikilvægt að minna á að rétt flokkun tryggir ekki 100% endurvinnslu hins flokkaða. Með öðrum orðum mun einhver hluti þess sem flokkað er enda í brennslu, sbr. umfjöllunina hér að framan.

Sú nálgun sem hér er beitt varðandi þróun úrgangsflokkunar felur í sér að sú áætlun sem hér er sett fram er að öllum líkindum hámarksáætlun, (sjá framar).

## 3.6 Samsetning blandaðs úrgangs

Til að geta áætlað þróun úrgangsflokkunar þarf að rýna í samsetningu blandaðs úrgangs við núverandi aðstæður. Ljóst er að verulegt magn af endurvinnanlegu efni leynist í blandaða úrganginum og með aukinni áherslu á flokkun mun stór hluti þessa efnis skila sér í endurvinnslu í stað þess að vera fargað eða brennt til orkunýtingar. SORPA bs. hefur um árabil gert rannsókn á hverju ári á samsetningu húsasorps annars vegar og í sorpböggum frá fyrirtækjum hins vegar. Niðurstöður þessara rannsókna voru lagðar til grundvallar við gerð þessa minnisblaðs, enda ekki vitað um aðrar sambærilegar rannsóknir á Íslandi.

## 3.7 Skipting úrgangs eftir landshlutum

Fyrir liggur að heildarmagn úrgangs á hvern íbúa er mjög breytilegt eftir landshlutum. Hér var þó farin sú leið að álykta að magn úrgangs til brennslu á hvern íbúa væri það sama óháð búsetu. Ætla má að neysluhættir séu almennt svipaðir í öllum landshlutum og að breytileiki í heildarmagni liggi fyrst og fremst í rekstrarúrgangi sem að mestu á sér aðra farvegi. Þar er m.a. um að ræða úrgang frá umfangsmikilli atvinnustarfsemi á borð við stóriðjuver og fiskvinnslur.

## 3.8 Óvelkomnir úrgangsflokkar

Efni til brennslu við núverandi aðstæður er fyrst og fremst að finna í flokknum „Blandaður úrgangur“, auk nokkurra annarra flokka þar sem brennslan er fljótt á litið vænlegasti kosturinn frá tæknilegu og umhverfislegu sjónarmiði. Með aukinni flokkun og endurvinnslu dregst magn blandaðs úrgangs saman, en það sem eftir stendur er sá úrgangur sem gæti skilað sér í brennsluna. Tveir úrgangsflokkar hafa þó þá sérstöðu að henta illa í brennslu af því tagi sem hér um ræðir, enda þótt brennsla sé fljótt á litið vænlegasti kosturinn við afsetningu þeirra frá tæknilegu og umhverfislegu sjónarmiði. Þar er annars vegar um að ræða spilliefni og hins vegar dýrahræ, en sterk rök liggja til þess að þessum úrgangsflokkum verði fargað í mun minni og sérhæfðari brennslustöð eða brennslustöðvum.

Hvað spilliefnin varðar, má ætla að með því að taka þau inn í STÖÐINA aukist líkur á að botnaska STÖÐVARINNAR innihaldi of mikið af þungmálmum eða öðrum mengandi efnum til að uppfylla skilgreiningu á óvirkum úrgangi og í versta falli gæti askan flokkast sem spilliefni. Með öðrum orðum geta spilliefnin gert það að verkum að askan verði ónothæf til landmótunar og í önnur sambærileg not. Vissulega leynast alltaf einhver spilliefni í blönduðum úrgangi, en hlutfallslegt magn þeirra er væntanlega svo lítið að það hafi ekki marktæk áhrif á notagildi öskunnar.

Vatnsinnihald dýrahræja er hátt, sem gerir það að verkum að þau nýtast ekki í brennslu til orkuvinnslu, þrátt fyrir að lífræna efnið í hræjunum sé orkuríkt. Séu dýrahræ tekin ómeðhöndluð inn í sorporkuver þarf í raun að nýta orku úr öðrum úrgangi til að eima vatnið úr hræjunum áður en lífræna efnið úr þeim nýtist. Þetta er ekki aðeins til óþæginda í vinnslunni, heldur getur þetta fræðilega séð haft neikvæð áhrif á stöðu STÖÐVARINNAR sem endurnýtingarfarvegs, en til að teljast endurnýting þarf orkunýtnin í STÖÐINNI að standast ákveðin lágmarksviðmið, sbr. viðauka við úrgangstilskipun Evrópusambandsins.[3]

Auk þeirra tveggja úrgangsflokka sem hér hafa verið nefndir henta nokkrir aðrir flokkar illa til brennslu til orkuvinnslu vegna hás rakainnihalds eða takmarkaðs brennanleika. Gerð er nánari grein fyrir þessu í umfjöllun hér að neðan um hvern flokk fyrir sig.

[3] Framkvæmdastjórn ESB, á.á.

Af þeim ástæðum sem hér hafa verið raktar var gert ráð fyrir því við gerð þessa minnisblaðs að spilliefni og dýrahræ komi alla jafna ekki til brennslu í STÖÐINNI, en verði sem fyrr segir þess í stað fargað í mun minni og sérhæfðari brennslustöð eða brennslustöðvum.

# 4. Einstakir úrgangsflokkar

Í undirköflunum hér á eftir verður fjallað um magn og líkleg afdrif einstakra úrgangsflokka í númeraröð skv. kerfi Umhverfisstofnunar, sbr. einnig útreikninga, útskýringar og forsendur í Viðaukum 1 og 2.

## 4.1 Efnaúrgangur o.fl.

Í þessum kafla er fjallað um eftirtalda flokka í gagnagrunni Umhverfisstofnunar, (spilliefni auðkennd með rauðu letri):

**01.1 Notaðir leysar**
**01.2 Sýrur, basar og úrgangur í saltlausn**
**01.3 Notaðar olíur**
**01.4, 02, 03.1 Efnaúrgangur**
**01.4, 02, 03.1 Efnaúrgangur**
**03.2 Eðja frá iðnaðarfrárennsli**
**03.3 Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs**

Árið 2019 féllu til samtals 114.157 tonn af úrgangi í framangreindum flokkum og stærstur hluti þeirra skilaði sér í endurnýtingu af einhverju tagi. Miðað við mannfjöldaspá má ætla að heildarmagnið í þessum flokkum verði komið í 127.620 tonn árið 2030, þar af um 124.000 tonn efnaúrgangur. Þrír fyrstnefndu flokkarnir teljast spilliefni og það sama gildir um lítinn hluta efnaúrgangsins. Þeir flokkar sem eftir standa henta illa til brennslu og því er ekki gert ráð fyrir þeim hér. Með öðrum orðum er ekki gert ráð fyrir að úrgangur úr framangreindum flokkum skili sér til brennslu í STÖÐINNI.

## 4.2 Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum

Árið 2019 féllu til samtals 398 tonn af úrgangi frá heilbrigðisstofnunum (Úrgangflokkur **05** í gagnagrunni Umhverfisstofnunar) og ætla má að árið 2030 verði þetta magn komið í 445 tonn. Mikill meirihluti þessa úrgangs (um 84%) flokkast sem spilliefni og því er ekki gert ráð fyrir þeim hluta til brennslu í STÖÐINNI. Til einföldunar er gert ráð fyrir að þau 16% sem eftir standa (um 72 tonn) fari sömu leið, væntanlega í sérhæfða brennslu.

## 4.3 Málmúrgangur

Í þessum kafla er fjallað um eftirtalda flokka í gagnagrunni Umhverfisstofnunar:

**06.1 Málmúrgangur, járnríkur (ekki umbúðir)**
**06.2 Málmúrgangur, járnlaus (ekki umbúðir)**
**06.31 Málmumbúðir**
**06.32 Málmúrgangur, blandaður járnríkur og járnlaus (ekki umbúðir)**

Árið 2019 féllu til samtals 83.873 tonn af málmúrgangi í þessum flokkum og miðað við mannfjöldaspá má ætla að magnið verði komið í 93.764 tonn árið 2030. Þar við bætast svo u.þ.b. 4.059 tonn af málmumbúðum í kjölfar bættrar flokkunar, miðað við að um 85% af þeim málmúrgangi sem nú leynist í blönduðum úrgangi skili sér í flokkunarkerfi, (sjá kafla 4.19). Þar

með verður magnið komið í 97.824 tonn árið 2030. Þessi úrgangur er óbrennanlegur og því ekki gert ráð fyrir honum hér, auk þess sem ný löggjöf heimilar ekki að úrgangur sem safnað hefur verið sérstaklega sé sendur til brennslu.

## 4.4 Glerúrgangur

Árið 2019 féllu til samtals 8.336 tonn af glerúrgangi og miðað við mannfjöldaspá má ætla að magnið verði komið í 9.319 tonn árið 2030. Þar við bætist svo á að giska 2.329 tonn af glerumbúðum í kjölfar bættrar flokkunar, miðað við að um 70% af þeim glerúrgangi sem nú leynist í blönduðum úrgangi skili sér í flokkunarkerfi, (sjá kafla 4.19). Þar með verður magnið komið í 11.648 tonn árið 2030. Þessi úrgangur er óbrennanlegur og því ekki gert ráð fyrir honum hér, auk þess sem ný löggjöf heimilar ekki að úrgangur sem safnað hefur verið sérstaklega sé sendur til brennslu.

## 4.5 Pappírsúrgangur

Árið 2019 féllu til samtals 36.325 tonn af pappírsúrgangi, sem skiptist nokkuð jafnt á milli umbúða og annars pappírsúrgangs. Miðað við mannfjöldaspá má ætla að magnið verði komið í 40.609 tonn árið 2030. Þar við bætast svo u.þ.b. 25.577 tonn vegna bættrar flokkunar, miðað við að um 70% af þeim pappírsúrgangi sem nú leynist í blönduðum úrgangi skili sér í flokkunarkerfi, (sjá kafla 4.19). Þar með verður magnið komið í 66.186 tonn árið 2030. Þessi úrgangur er að langmestu leyti endurvinnanlegur og því ekki gert ráð fyrir honum hér, enda heimilar ný löggjöf ekki að úrgangur sem safnað hefur verið sérstaklega sé sendur til brennslu. Líklegt má telja að einhver hluti þess pappírs sem sendur er til endurvinnslu skili sér að lokum til brennslu, þ.m.t. úrgangur frá endurvinnslunni. Vegna smæðar hagkerfisins má telja ólíklegt að endurvinnsla á pappír eigi mikla framtíð fyrir sér innanlands og því munu afgangar, ef einhverjir verða, ekki skila sér til brennslu hér. Þrátt fyrir það sem hér hefur verið sagt er gert ráð fyrir að árið 2030 skili um 276 tonn af pappírsúrgangi sér í STÖÐINA, en þetta magn er sambærilegt því sem nú fer til brennslu í Kölku. Ekki var gerð tilraun til að rýna í ástæður þessara afdrifa pappírsins, enda skiptir magnið litlu máli í því heildarsamhengi sem hér um ræðir.

## 4.6 Hjólbarðar og annað gúmmí

Árið 2019 féllu til samtals 5.838 tonn af þessum úrgangi og þar af fór mikill meirihluti í einhvers konar endurvinnslu eða endurnýtingu (aðra en orkuvinnslu). Miðað við mannfjöldaspá má ætla að magnið verði komið í 6.526 tonn árið 2030. Árið 2019 enduðu 217 tonn af hjólbörðum eða öðru gúmmíi í brennslu án orkunýtingar og hér er gert ráð fyrir að samsvarandi magn (243 tonn) komi inn í STÖÐINA árið 2030. Þar að auki er giskað á helmingur af því magni sem nú fer í „aðra endurnýtingu“ (970 tonn miðað við mannfjöldaspá 2030) skili sér í STÖÐINA. Samtals verða þetta þá 1.212 tonn.

## 4.7 Plastúrgangur

Árið 2019 féllu til samtals 9.150 tonn af plastúrgangi, þar af tæp 70% plastumbúðir. Miðað við mannfjöldaspá verður magnið komið í 10.229 tonn árið 2030. Miðað við óbreytta ráðstöfun þessa úrgangs fara þá 7.644 tonn í endurvinnslu, 2.006 tonn í brennslu til orkunýtingar, 15 tonn í urðun og 94 tonn í brennslu án orkunýtingar. Hér er gert ráð fyrir að sá plastúrgangur sem á annað borð fer í brennslu skili sér í STÖÐINA, svo og sá plastúrgangur sem ella færi til urðunar. Þar að auki er gert ráð fyrir að 30% þess magns sem nú er sagt fara til endurvinnslu komi til brennslu. Í þeirri áætlun er gert ráð fyrir að plastendurvinnslu innanlands vaxi fiskur um hrygg og að úrgangur sem hafnað er í þeirri vinnslu verði sendur í STÖÐINA, ásamt hrati frá vinnslunni sjálfri. Þegar allt þetta er tekið saman má gera ráð fyrir að samtals komi 4.879 tonn af plastúrgangi til brennslu í STÖÐINNI.

## 4.8 Viðarúrgangur, annar en frá byggingarstarfsemi

Árið 2019 féllu til 30.580 tonn af viðarúrgangi sem ekki átti rætur að rekja til byggingar- og niðurrifsstarfsemi. Þar af voru 2.170 tonn viðarumbúðir. Miðað við mannfjöldaspá verður heildarmagnið komið í 34.186 tonn árið 2030. Miðað við óbreytta ráðstöfun þessa úrgangs fara þá 1.489 tonn í jarðgerð, 68 tonn verða notuð sem fyllingarefni, 18.970 tonn fara í aðra endurnýtingu (væntanlega einkum sem kolefnisgjafi í kísilmálmframleiðslu), 9.126 tonn fara í urðun og 4.533 tonn í brennslu án orkunýtingar. Hér er gert ráð fyrir að STÖÐIN taki við öllu því sem ella hefði farið í fyllingarefni, urðun eða aðra brennslu, þ.e. samtals 13.727 tonnum.

## 4.9 Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifsstarfsemi

Árið 2019 féllu til 10.882 tonn af viðarúrgangi frá byggingar- og niðurrifsstarfsemi, þar af 7 tonn sem flokkuð voru sem spilliefni. Miðað við mannfjöldaspá verður heildarmagnið komið í 12.166 tonn árið 2030. Miðað við óbreytta ráðstöfun þessa úrgangs fara þá 1.785 tonn í jarðgerð, 296 tonn verða notuð sem fyllingarefni, 2.231 tonn fara í aðra endurnýtingu (væntanlega einkum sem kolefnisgjafi í kísilmálmframleiðslu) og 7.853 tonn fara í urðun, þ.m.t. 8 tonn af spilliefnum. Hér er gert ráð fyrir að STÖÐIN taki við því sem ella hefði farið í fyllingarefni eða urðun, að fátöldum spilliefnunum, þ.e. samtals 8.141 tonni.

## 4.10 Textílúrgangur

Árið 2019 féll aðeins til 1 tonn af textílúrgangi samkvæmt tölum Umhverfisstofnunar, enda endurspeglast fatasöfnun Rauða krossins og annarra líknarfélaga ekki í úrgangstölfræðinni. Talsvert magn af textílefnum er að finna í blönduðum úrgangi og væntanlega mun bætt flokkun stuðla að aukinni endurvinnslu á þessum úrgangi. Textílúrgangur sem safnað er sérstaklega ætti ekki að skila sér í STÖÐINA, nema hugsanlega hrat úr endurvinnslu. Hér er ekki gert ráð fyrir þeim möguleika, þar sem endurvinnslan fer væntanlega að mestu eða öllu leyti fram erlendis.

## 4.11 Úr sér gengin ökutæki

Árið 2019 féllu til 16.175 tonn af ökutækjum samkvæmt úrgangstölfræði Umhverfisstofnunar og árið 2030 verður þetta magn að öðru óbreyttu komið í 18.083 tonn samkvæmt mannfjöldaspá. Hér getur þó margt fleira spilað inn í, svo sem breyttar samgönguvenjur, breytt samsetning ökutækjaflotans umfram það sem leiðir af mannfjölgun, o.s.frv. Hér verður ekki gerð tilraun til að rýna í þá þætti.

Samkvæmt skráningum fara öll úr sér gengin ökutæki í endurvinnslu, en vísbendingar eru uppi um að framundan gætu verið breytingar varðandi endurvinnsluefni úr bílhrærjum sem leiða myndu til þess að allt að 5.000 tonnum af plastríku tróði gætu skilað sér í brennslu.[4] Hér er beitt þeirri ágiskun að um 20% af því magni úr sér genginna ökutækja sem til fellur gætu skilað sér í STÖÐINA af þessum ástæðum, eða samtals 3.617 tonn árið 2030. Þörf er á nánari greiningu á horfum í þessum málaflokki til að minnka óvissuna í þessari tölu.

## 4.12 Raf- og rafeindatækjaúrgangur, rafhlöður og rafgeymar

Árið 2019 féllu til samtals 7.094 tonn af úrgangi úr þessum flokkum og árið 2030 verður magnið komið í 7.931 tonn sé aðeins miðað við mannfjöldaspá. Um fjórðungur af þessum úrgangi flokkast sem spilliefni. Árið 2019 voru 343 tonn af raf- og rafeindatækjaúrgangi send í brennslu án orkuvinnslu, svo og 87 tonn af rafhlöðum og rafgeymum. Að öðru leyti fóru þessir úrgangsflokkar að langmestu leyti í endurvinnslu. Hér er gert ráð fyrir að fyrrnefnda talan skili sér í STÖÐINA, að viðbættri aukningu vegna fjölgunar íbúa. Þetta samsvarar 383 tonnum árið 2030.

## 4.13 Dýrahræ

Eins og fram kemur í forsendukafla hér að framan er ekki gert ráð fyrir að tekið verði við dýrahræjum til brennslu í STÖÐINNI. Árið 2019 voru 1.654 tonn af þessum úrgangi skráð í kerfi Umhverfisstofnunar, sem samsvarar 1.849 tonnum árið 2030. Samkvæmt grófri áætlun má gera ráð fyrir að á hverju ári falli til um 5.530 tonn af dýrahræjum í landinu,[5] en enn sem komið er endar stór hluti þessa úrgangsflokks utangarðs. Hér verður ekki fjallað nánar um dýrahræ.

Ástæða er til að benda á að í sumum gögnum er tölum yfir magn dýrahræja og sláturúrgangs slegið saman, en þessir úrgangsflokkar er að mestu leyti ólíkir hvað ráðstöfunarmöguleika varðar, þar sem hræjum þarf að eyða en stærstur hluti sláturúrgangsins getur nýst í fóður, áburð, í eldsneytisframleiðslu eða á annan hátt.

[4] Umræður á undirbúningsfundi vegna hátæknibrennslu 28. júní 2021.
[5] Byggt á búfjártölum Hagstofu Íslands, útreikningum Borgarbyggðar (óbirt) og mati EFLU verkfræðistofu (óbirt).

## 4.14 Sláturúrgangur

Árið 2019 voru 15.863 tonn af sláturúrgangi skráð í kerfi Umhverfisstofnunar og magnið verður komið í 17.734 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda. Langstærstur hluti þessa úrgangs hefur farið í urðun, þrátt fyrir að nýtingarleiðir séu tiltækar. Gera má ráð fyrir að endurvinnsla sláturúrgangs fari mjög vaxandi á næstu misserum og ekki er ástæða til að ætla að þessi úrgangur skili sér í STÖÐINA. Úrgangurinn hentar sem fyrr segir illa til brennslu, aðrar meðhöndlunarleiðir eru tiltækar og sé um sýktan úrgang eða áhættuvefi að ræða liggur beinna við að beina þeim hluta úrgangsins í sama farveg og dýrahræjum.

## 4.15 Fiskúrgangur

Árið 2019 voru 2.737 tonn af fiskúrgangi skráð í kerfi Umhverfisstofnunar og magnið verður komið í 3.060 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda. Fiskúrgangur sem á annað borð hefur skilað sér inn í úrgangskerfið hefur allur farið í urðun, en ætti væntanlega allur að geta nýst í endurvinnslu eða endurnýtingu, aðra en brennslu. Því er ekki gert ráð fyrir að neinn fiskúrgangur berist í STÖÐINA.

## 4.16 Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum

Árið 2019 féllu til 9.838 tonn af þessum úrgangi, sem samsvarar 10.998 tonnum miðað við áætlaðan mannfjölda 2030. Langstærsti hlutinn af þessu magni hefur farið í jarðgerð. Gera má ráð fyrir að magnið aukist verulega með sérsöfnun lífræns úrgangs. Engin ástæða er til að ætla að matarúrgangur sem safnað hefur verið sem slíkum eigi erindi í STÖÐINA, enda heimilar ný löggjöf ekki að úrgangur sem safnað hefur verið sérstaklega sé sendur til brennslu.

## 4.17 Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur

Árið 2019 voru 9.240 tonn af þessum úrgangi skráð í kerfi Umhverfisstofnunar, sem samsvarar 10.330 tonnum miðað við áætlaðan mannfjölda 2030. Langstærsti hlutinn af þessu magni hefur farið í jarðgerð, en einhver hluti í landmótun og aðra endurnýtingu. Engin ástæða er til að ætla að úrgangur af þessu tagi eigi erindi í STÖÐINA.

## 4.18 Húsdýraskítur

Árið 2019 voru 1.332 tonn af þessum úrgangi skráð í kerfi Umhverfisstofnunar, sem samsvarar 1.489 tonnum miðað við áætlaðan mannfjölda 2030. Langstærsti hlutinn af þessu hefur farið í jarðgerð. Augljóslega er þarna aðeins um að ræða brot af þeim húsdýraskít sem fellur til í landinu árlega, enda er yfirgnæfandi hluti væntanlega nýttur sem húsdýraáburður. Engin ástæða er til að ætla að úrgangur af þessu berist í STÖÐINA.

## 4.19 Blandaður heimilisúrgangur og annar blandaður úrgangur

Í þessum kafla er fjallað um eftirtalda flokka í gagnagrunni Umhverfisstofnunar:

**10.11 Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.)**
**10.22 Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri)**

Þeir tveir úrgangsflokkar sem hér um ræðir eru uppistaðan í þeim úrgangi sem hefur farið til förgunar á síðustu árum, og þá að langmestu leyti til urðunar. Ljóst er að verulegt magn af endurvinnanlegu efni leynist í blandaða úrganginum og með aukinni áherslu á flokkun mun stór hluti þessa efnis skila sér í endurvinnslu í stað þess að vera fargað eða brennt til orkunýtingar. SORPA bs. hefur um árabil gert árlega rannsókn á samsetningu húsasorps annars vegar og í sorpböggum frá fyrirtækjum hins vegar.[6] Niðurstöður þessara rannsókna voru lagðar til grundvallar við gerð þessa minnisblaðs, enda ekki vitað um aðrar sambærilegar rannsóknir á Íslandi. Húsasorpsrannsóknin gefur býsna glögga mynd af samsetningu þess úrgangs sem berst í gráar tunnur á höfuðborgarsvæðinu, en baggarannsóknin er takmarkaðri, m.a. vegna þess að þar hafa aðeins verið greind þrjú sýni á hverju ári. Þessi sýni gefa vísbendingu um mikinn breytileika í samsetningu úrgangs eftir fyrirtækjum og með þetta í huga er varhugavert að treysta á einfalt meðaltal niðurstaðnanna. Við þetta bætist að talsvert magn af óbögguðum úrgangi hefur borist til urðunar á hverju ári.

Greining efnisstrauma í blönduðum úrgangi er lykilatriði til að unnt sé að spá fyrir um hversu stór hluti af heildarmagninu er líklegur til að skila sér í endurvinnslu með tilkomu lögbundinnar flokkunar og sérsöfnunar, og þá um leið hversu stór hluti gæti skilað sér í STÖÐINA. Samsetning úrgangs í flokkum 10.11 og 10.22 er að einhverju leyti ólík, en vegna þeirra takmarkana sem eru á fyrirliggjandi upplýsingum efnisstrauma í síðarnefnda flokknum (10.22) var farin sú leið að byggja greininguna á meðaltalstölum yfir innihald urðaðs úrgangs hjá Sorpu 2019, sem fengnar voru hjá Gyðu S. Björnsdóttur, sérfræðingi fyrirtækisins í sjálfbærni.[7] Tölurnar ná yfir allan blandaðan úrgang sem kom til urðunar umrætt ár og eru byggðar á samantekt úr húsasorpsrannsókn og baggarannsókn.

**Tafla 1. Blandaður úrgangur til urðunar hjá SORPU bs. 2019.[8]**

| Blandaður úrgangur til urðunar | Tonn | % |
|---|---|---|
| Lífrænn úrgangur | 29.532 | 27,61% |
| Pappír | 22.066 | 20,63% |
| Plast | 21.359 | 19,97% |
| Timbur (litað/grófur) | 19.347 | 18,08% |
| Bleiur | 5.822 | 5,44% |
| Textíll | 3.303 | 3,09% |
| Málmar | 2.885 | 2,70% |
| Steinefni (einkum gler) | 2.009 | 1,88% |
| Skilagjaldsskyldar drykkjarumbúðir | 343 | 0,32% |
| Spilliefni/raftæki | 314 | 0,29% |
| **Samtals** | **106.979** | **100,00%** |

[6] SORPA bs, 2020.
[7] Gyða S. Björnsdóttir, SORPA bs: Óbirt vinnuskjöl og rafbréf 9. september 2021.
[8] Sama heimild.

Með því að nota tölurnar frá SORPU bs. í þeirri greiningu sem hér um ræðir er m.a. verið að gera ráð fyrir að samsetning blandaðs úrgangs í öðrum landshlutum sé sú sama og á höfuðborgarsvæðinu. Þessi nálgun felur vissulega í sér talsverða ónákvæmni, en engar nákvæmari greiningar liggja fyrir, í það minnsta ekki greiningar sem ætla má að séu dæmigerðar fyrir landið allt. Á vissan hátt felst einnig ónákvæmni í því að slá þessum tveimur umræddu úrgangsflokkun saman, en á það ber að líta að tölurnar frá SORPU bs. fela í sér báða flokka. Umrædd nálgun virðist því vera sú nákvæmasta sem völ er á. Flokkunum tveimur var að vísu haldið aðskildum í reiknilíkani sem notað var við gerð þessarar greiningar, en ekki þótti ástæða til að halda þeim aðskildum í minnisblaðinu, þar sem gert var ráð fyrir sömu hlutföllum við útreikninga í báðum tilvikum.

Árið 2019 féllu til 158.932 tonn af blönduðum úrgangi samkvæmt tölum Umhverfisstofnunar, þar af 133.366 tonn í úrgangsflokki 10.11 og 25.566 tonn í flokki 10.22. Miðað við mannfjöldaspá verður heildarmagnið komið í 177.675 tonn árið 2030. Miðað við óbreytta ráðstöfun þessa úrgangs munu þá 547 tonn af þessu magni skila sér í endurvinnslu, með fyrirvara um þær takmarkanir sem þá hafa væntanlega tekið gildi á möguleikum þess að skilgreina vinnslu tiltekinna efna úr blönduðum úrgangi, annarra en málma, sem eiginlega endurvinnslu. Þá mun 3.491 tonn að óbreyttu fara í brennslu til orkuvinnslu (nú erlendis), 160.169 tonn munu fara í urðun og 13.478 tonn í brennslu án orkuvinnslu, allt miðað við sömu hlutföll og lesa má úr tölum Umhverfisstofnunar um ráðstöfun úrgangs árið 2019.

Ef STÖÐIN verður tekin til starfa árið 2030 má gera ráð fyrir að allur blandaður úrgangur sem þá fellur til skili sér þangað, að frátöldum þeim 547 tonnum sem fara í endurvinnslu miðað við framangreindar forsendur. Heildarmagn blandaðs úrgangs sem berast myndi til STÖÐVARINNAR verður þá 177.675-547 = 177.139 tonn, (þar af 148.557 tonn í úrgangsflokki 10.11 og 28.581 tonn í flokki 10.22). Stærsta viðfangsefni greiningarinnar sem hér um ræðir er í raun að áætla hversu stór hluti þessa blandaða úrgangs er líklegur til að skila sér í aðra farvegi. Sá hluti samanstendur einkum eða jafnvel eingöngu af málmum, gleri, pappír, plasti, textílúrgangi og lífrænum eldhúsúrgangi. Ákvæði laga nr. 55/2003 um meðhöndlun úrgangs, með síðari breytingum, fela í sér flokkun og sérsöfnun allra þessara úrgangsflokka í síðasta lagi frá 1. janúar 2023.

Tafla 2 sýnir ætlað innihald blandaðs úrgangs sem að óbreyttu kæmi til STÖÐVARINNAR árið 2030, miðað við skiptinguna hjá SORPU bs. 2019 (sbr. töflu 1).

Tafla 2. Áætlað innihald blandaðs úrgangs til brennslu 2030 að óbreyttu.

| Blandaður úrgangur til brennslu | % | Tonn |
|---|---|---|
| Lífrænn úrgangur | 27,61% | 48.901 |
| Pappír | 20,63% | 36.538 |
| Plast | 19,97% | 35.366 |
| Timbur (litað/grófur) | 18,08% | 32.035 |
| Bleiur | 5,44% | 9.640 |
| Textíll | 3,09% | 5.470 |
| Málmar | 2,70% | 4.776 |
| Steinefni (einkum gler) | 1,88% | 3.326 |
| Skilagjaldsskyldar drykkjarumbúðir | 0,32% | 568 |
| Spilliefni/raftæki | 0,29% | 520 |
| **Samtals** | **100,00%** | **177.139** |

Hér á eftir verður fjallað um einstaka efnisstrauma í blandaða úrganginum í sömu röð og í köflum 4.1-4.18.

### 4.19.1 Málmúrgangur

Eins og ráða má af töflu 2 má telja líklegt að árið 2030 leynist að óbreyttu um 4.776 tonn af málmum í blönduðum úrgangi. Væntanlega skilar verulegur hluti þessa úrgangs sér í sérsöfnun í stað þess að koma inn í kerfið í blönduðum úrgangi. Mikið af því sem eftir stendur ætti að nást úr með seglum og öðrum búnaði. Ekki liggja fyrir traustar heimildir um líklegan árangur þessara aðgerða, en hér er gert ráð fyrir að með þessu móti náist um 85%, eða um 4.059 tonn, af málmum úr blandaða úrganginum. Eftir standa þá 716 tonn sem berast munu til STÖÐVARINNAR með öðrum óflokkuðum úrgangi. Þessum málmum er væntanlega hægt að ná að miklu leyti úr botnösku og nýta að brennslu lokinni.

### 4.19.2 Glerúrgangur

Eins og ráða má af töflu 2 má telja líklegt að árið 2030 leynist að óbreyttu um 3.326 tonn af glerúrgangi og öðrum steinefnum í blönduðum úrgangi. Ástæða er til að ætla að þar sé um vanmat að ræða,[9] en gleggri upplýsingar liggja ekki fyrir. Væntanlega samanstendur stór hluti þessa magns af glerumbúðum, en sérsöfnun þeirra verður gerð að skyldu 1. janúar 2023. Forsendur skortir til að spá fyrir af viðunandi nákvæmi um árangur slíkrar söfnunar, en hér er gert ráð fyrir að 70% af heildarmagninu, eða um 2.329 tonn, skili sér í söfnun. Eftir standa þá 998 tonn sem berast munu til STÖÐVARINNAR með öðrum óflokkuðum úrgangi.

### 4.19.3 Pappírsúrgangur

Eins og ráða má af töflu 2 má telja líklegt að árið 2030 muni að óbreyttu um 36.538 tonn af pappírsúrgangi leynast í blönduðum úrgangi. Skipting þessa magns á milli pappírsumbúða og annars pappírs liggur ekki fyrir, en hún hefur í raun ekki áhrif á heildarniðurstöðu

[9] Gyða S. Björnsdóttir, SORPA bs: Rafbréf 9. september 2021.

greiningarinnar. Við útreikninga var gert ráð fyrir að 50% af úrganginum tilheyri hvorum flokki.

Með vel heppnaðri flokkun og sérsöfnun ætti verulegur hluti þess pappírs sem ella yrði sendur til urðunar eða brennslu að nást úr úrgangsstraumnum. Hér er gert ráð fyrir að um 70% af pappírnum, eða um 25.577 tonn skili sér með þessum hætti. Eftir standa þá 10.962 tonn sem berast munu til STÖÐVARINNAR með öðrum óflokkuðum úrgangi. Eins og fram kemur í kafla 4.5 er ekki tryggt að allur pappírinn sem safnast nýtist til endurvinnslu, en hér er ekki gert ráð fyrir að það sem þar stendur út af skili sér í brennslu á Íslandi.

### 4.19.4 Plastúrgangur

Eins og ráða má af töflu 2 má telja líklegt að árið 2030 muni að óbreyttu um 35.366 tonn af plastúrgangi leynast í blönduðum úrgangi. Ekki liggur fyrir nákvæm skipting þessa úrgangs á milli umbúðaúrgangs og annars plastúrgangs, en hér er gert ráð fyrir að umbúðirnar séu um 70% (24.756 tonn) og annað plast um 30% (10.610 tonn).

Árangri sérsöfnunar á plasti eru ýmis takmörk sett, m.a. vegna þess að plast er oft svo mengað af öðrum efnum, eða beinlínis tengt því í samsettum vörum, að flokkun reynist erfið. Þar að auki má búast við að nokkrum hluta þess plasts sem safnast sé hafnað í endurvinnslunni. Loks fellur til eitthvað af plasthrati í vinnslunni sjálfri. Þegar allt þetta er tekið saman er hér gert ráð fyrir að um 60% af umbúðaplastinu (14.854 tonn) og 35% af öðrum plastúrgangi (3.713) tonn séu í reynd endurunnin og að allt sem þá stendur eftir (24.756-14.854 = 9.902 tonn af plastumbúðum og 10.610-3.713 = 6.896 tonn af öðrum plastúrgangi, eða samtals 16.799 tonn) komi til brennslu í STÖÐINNI. Þessi áætlun byggir á að árið 2030 verði allur plastúrgangur sem hentar til endurvinnslu unninn innanlands. Plastúrgangur frá þeirri vinnslu er þá innifalinn í tölunni hér að framan.

Vera kann að áætlunin hér að framan um magn plastúrgangs sem skilar sér í reynd til endurvinnslu sé ofmetinn. Á móti kemur að þróun næstu ára í hönnun umbúða og annars varnings, sem að hluta til eða að öllu leyti er gerður úr plasti, er líkleg til að auka endurvinnslumöguleikana, t.d. með því að auðveldara verði að aðskilja efni í samsettum vörum. Þessi þróun mun eflaust einnig leiða til breyttrar efnisnotkunar og þar með væntanlega minni „plastneyslu“, en forsendur eru ekki fyrir hendi til að spá fyrir um þau áhrif sem sú þróun mun hafa á magn plastúrgangs árið 2030.

### 4.19.5 Textílúrgangur

Eins og ráða má af töflu 2 má telja líklegt að árið 2030 muni að óbreyttu um 5.470 tonn af textílúrgangi leynast í blönduðum úrgangi. Sérsöfnun textílúrgangs verður skylda frá og með 1. janúar 2023 og sé gert ráð fyrir að um 70% (3.829 tonn) af þessum úrgangi náist þannig úr úrgangsstraumnum stendur eftir 1.641 tonn sem berast mun til STÖÐVARINNAR með öðrum óflokkuðum úrgangi. Eitthvað af kertaúrgangi er væntanlega inni í þessari tölu.

### 4.19.6 Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum

Eins og ráða má af töflu 2 má telja líklegt að árið 2030 muni að óbreyttu um 48.901 tonn af þessum úrgangi fara í urðun eða brennslu með öðrum óflokkuðum úrgangi. Þessi tala kann að vera ofáætluð hvað landsvæði utan höfuðborgarsvæðisins varðar, þar sem víða hefur þegar náðst mikill árangur í sérsöfnun lífúrgangs. Hér verður þó horft framhjá þessari hugsanlegu skekkju.

Samkvæmt húsasorpsrannsókn Sorpu 2019 skilaði hver íbúi á höfuðborgarsvæðinu að meðaltali 70 kg af eldhúsúrgangi í gráu tunnuna með öðrum óflokkuðum úrgangi.[10] Reynslutölur frá sveitarfélögum sem boðið hafa upp á sérsöfnun lífræns úrgangs frá heimilum um nokkurra ár skeið gefa sterka vísbendingu um að í reynd sé hámarksárangur söfnunar um 50 kg/íbúa eða um 70%, sé miðað við töluna úr húsasorprannsókninni. Þau 30% sem eftir standa eiga sér væntanlega rætur í skorti á vilja til söfnunar hjá litlum hluta íbúanna, í því að hluti lífræna úrgangsins sé fastur í umbúðum þegar honum er hent og í því að úrgangurinn sé ekki talinn henta til vinnslu (stór bein o.fl.).

Ekki liggja fyrir upplýsingar um líklegan árangur af söfnun lífúrgangs frá rekstraraðilum, en hér er gert ráð fyrir að þar verði söfnunarhlutfallið einnig um 70%. Að þessum forsendum gefnum má reikna með að samtals náist 34.321 tonn af þessum úrgangi úr úrgangsstraumnum og að eftir standi þá um 14.670 tonn sem berast mun til STÖÐVARINNAR með öðrum óflokkuðum úrgangi.

### 4.19.7 Annar úrgangur í blönduðum árgangi

Hér að framan hefur verið gerð grein fyrir líklegri þróun mála innan sex þeirra úrgangsflokka sem nú leynast í blönduðum úrgangi, miðað við tölur frá SORPU bs. Í þeim fjórum flokkum sem eftir standa (Timbur (litað/grófur), Bleiur, Spilliefni/raftæki og Skilagjaldsskyldar drykkjarumbúðir) er ekki gert ráð fyrir að flokkun skili árangri umfram það sem þegar er orðið.

Timbrið sem þarna um ræðir er væntanlega litað og/eða fúavarið og því að mestu eða öllu leyti ónothæft til endurvinnslu eins og staðan er í dag. Vegna efnainnihaldsins nýtist þetta timbur auk heldur hvorki sem kolefnisgjafi í stóriðju, né sem kurl til stígagerðar eða annarrar landmótunar. Miðað við núverandi aðstæður verður því ekki annað sé en að brennsla til orkuvinnslu sé vænlegasta meðhöndlunarleiðin fyrir þennan úrgangsflokk. Gildir þá einu hvort timbrið kemur inn sem sérstakur úrgangsflokkur eða sem hluti af blönduðum úrgangi. Þessi úrgangsflokkur inniheldur væntanlega nokkurt magn þungmálma og gæti því haft neikvæð áhrif á nýtingarmöguleika botnösku frá STÖÐINNI. Hægt væri að draga úr líkum á vandamálum af þessum sökum með því að beina hluta af timbrinu til sérhæfðrar brennslu sem tæki einkum við spilliefnum, t.d. í endurgerðri Kölku.

[10] SORPA bs, 2020.

Ástæða er til að benda sérstaklega á hversu stóran þátt timbur á í blandaða úrganginum, en miðað við tölur frá Sorpu má ætla að „Timbur (litað/grófur)“ sé 18,06% af þeim blandaða úrgangi sem falla mun til á landsvísu 2030, eða samtals um 32 þúsund tonn (sjá töflu 3). Þar við bætast svo um 22 þús. tonn af ýmiss konar viðarúrgangi sem skilar sér flokkaður inn í kerfið, (sjá kafla 4.8 og 4.9). Þróun í magni viðarúrgangs fylgir væntanlega ekki íbúaþróun nema að litlu leyti, en er þeim mun háðari umsvifum á hverjum tíma.

Vegna þess hversu stóran þátt timbur á í heildarmagninu gæti bætt nýting á timbri, betri aðskilnaður litaðs og ólitaðs timburs og fleiri slíkir þættir haft veruleg áhrif á heildarmagn úrgangs til brennslu. Ef leiðir finnast til að endurvinna hluta af litaða timbrinu myndi það sömuleiðis hafa í för með sér umtalsverðan samdrátt í magni þess efnis sem koma mun til brennslu í STÖÐINNI.

Bleyjur eiga sér ekki endurvinnslufarveg og því má reikna með að þær skili sér til brennslu með öðrum blönduðum úrgangi eftir að STÖÐIN hefur tekið starfa. Breytingar á magni ráðast ekki eingöngu af íbúaþróun, heldur getur breytt neysluhegðun einnig haft áhrif hvað þetta varðar, og þá væntanlega til minnkunar. Hlutfall barna á bleyjualdri af heildaríbúafjöldanum virðist fara lækkandi og það ætti einnig að leiða til minni bleyjunotkunar á hvern íbúa þegar á heildina er litið. Áætlað magn af bleyjum til brennslu (9.640 tonn sbr. töflu 2) er því líklega nokkuð ofáætlað. Hægt væri að gera nánari greiningu út frá ætluðu hlutfalli bleyjabarna, en það eitt og sér myndi þó ekki breyta niðurstöðunni sem neinu nemur.

Breytingar á efnisvali við framleiðslu á einnota bleyjum gætu leitt til verulegrar aukningar í jarðgerð eða annarri endurvinnslu þessa úrgangsflokks og leið hafa í för með sér samdrátt í magni úrgangs til brennslu í STÖÐINNI.

Spilliefni/raftæki eru u.þ.b. 0,29% af þeim blandaða úrgangi sem kemur til urðunar hjá SORPU bs., sem samsvarar um 520 tonnum á landsvísu árið 2030 miðað við framangreindar forsendur. Eitthvað af þessum úrgangi skilar sér væntanlega til endurvinnslu í kjölfar bættrar flokkunar, en ekki er þó raunhæft að ætla að þessi efni hverfi með öllu úr blandaða úrganginum. Núverandi hlutfall 0,29% ber að öllum líkindum vott um að nú þegar hafi náðst allgóður árangur í söfnuninni og að ekki verði komist mikið lengra. Eftir stendur þó að þessi úrgangur hentar illa til brennslu í STÖÐINNI, þar sem ætla má að hann hafi neikvæð áhrif á nýtingarmöguleika botnöskunnar. Hlutfall spilliefna af heildarmagni úrgangs til brennslu í stöðinni er þó svo lágt að ólíklegt má að telja að það hafi verulegar breytingar í för með sér á efnasamsetningu öskunnar.

Skilagjaldsskyldar drykkjarumbúðir voru aðeins um 0,32% af þeim blandaða úrgangi sem kom til urðunar hjá SORPU 2019. Árangur flokkunar þessara umbúða virðist hafa verið nokkuð svipaður mörg undanfarin ár[11] og vandséð að þar liggi mikil tækifæri til úrbóta.

### 4.19.8 Samantekt

Tafla 3 sýnir magn blandaðs úrgangs frá heimilum og fyrirtækjum sem berast myndi til STÖÐVARINNAR að óbreyttu árið 2030, magn þess úrgangs sem ætla má að skili sér í annan farveg fyrir þann tíma vegna aukinnar flokkunar og sérsöfnunar og það magn blandaðs úrgangs sem ætla má að standi eftir af flokkun lokinni.

**Tafla 3. Skipting blandaðs úrgangs til brennslu 2030 miðað við gefnar forsendur um flokkun og endurvinnslu.**

| Blandaður úrgangur til brennslu | Tonn til brennslu 2030 að óbreyttu | Tonn til endurvinnslu | Tonn til brennslu 2030 |
|---|---|---|---|
| Lífrænn úrgangur | 48.901 | 34.231 | 14.670 |
| Pappír | 36.538 | 25.577 | 10.962 |
| Plast | 35.366 | 18.567 | 16.799 |
| Timbur (litað/grófur) | 32.035 | 0 | 32.035 |
| Bleiur | 9.640 | 0 | 9.640 |
| Textíll | 5.470 | 3.829 | 1.641 |
| Málmar | 4.776 | 4.059 | 716 |
| Steinefni (einkum gler) | 3.326 | 2.329 | 998 |
| Skilagjaldsskyldar drykkjarumbúðir | 568 | 0 | 568 |
| Spilliefni/raftæki | 520 | 0 | 520 |
| **Samtals** | **177.139** | **88.591** | **88.549** |

Af því sem hér hefur komið fram má ráða að árið 2030 muni allt að 88.549 tonnum af blönduðum úrgangi skila sér í STÖÐINA. Samsetningu þessa úrgangs má lesa úr aftasta dálkinum í töflu 3.

## 4.20 Úrgangur frá götuhreinsun

Árið 2019 var 4.171 tonn af þessum úrgangi skráð í kerfi Umhverfisstofnunar og magnið verður komið í 4.663 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda. Langstærstur hluti þessa úrgangs hefur farið í „aðra endurnýtingu“, sem er þá væntanlega landmótun af einhverju tagi. Ekki er ástæða til að ætla að þessi úrgangur skili sér í STÖÐINA, enda umhverfislegur ávinningur af því líklega lítill eða enginn. Þessi úrgangur er ekki auðkenndur sem spilliefni í gögnum Umhverfisstofnunar, en inniheldur þó væntanlega eitthvert magn þungmálma frá umferð. Þyki ástæða til að afsetja hann að einhverju leyti með brennslu liggur því e.t.v. betur

[11] Endurvinnslan, á.á.

við, af ástæðum sem að framan greinir, að senda hann í sérhæfða spilliefnabrennslu en í STÖÐINA.

## 4.21 Veiðarfæri

Árið 2019 féllu til 1.758 tonn af veiðarfæraúrgangi samkvæmt gagnasafni Umhverfisstofnunar og magnið verður komið í 1.965 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda. Reyndar fylgir magn veiðarfæra ekki endilega íbúaþróuninni, heldur ráðast sveiflur á milli ára m.a. af breytingum á aflabrögðum og aflasamsetningu. Ekki var reynt að spá fyrir um slíkar sveiflur í þeirri greiningu sem hér um ræðir, enda þróunin að miklu leyti ófyrirsjáanleg.

Af þeim 1.965 tonnum sem ætla má að falli til árið 2030 fara að óbreyttu 1.118 tonn í urðun og 847 tonn í endurvinnslu í samræmi við samning Úrvinnslusjóðs við Samtök fyrirtækja í sjávarútvegi.[12] Rætt hefur verið um möguleika á að koma stærri hluta úrgangsins í endurvinnslu, en hér verður ekki reynt að rýna í líklegan árangur af þeirri viðleitni. Hér er gert ráð fyrir að hætt verði að urða þennan úrgang og honum þess í stað komið í brennslu í stöðinni.

## 4.22 Leifar frá meðhöndlun úrgangs

Árið 2019 féllu til 11.297 tonn af þessum úrgangi og magnið verður komið í 12.630 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda. Þar af verða að óbreyttu 7 tonn skilgreind sem spilliefni. Þau hafa hingað til verið send til brennslu án orkunýtingar og hér er gert ráð fyrir að sá háttur verði hafður á áfram. Árið 2030 munu að óbreyttu 8.155 tonn af þeim hluta sem ekki telst spilliefni fara í einhvers konar endurnýtingu, 753 tonn munu nýtast sem fyllingarefni og 3.714 tonn fara í brennslu með orkunýtingu. Gert er ráð fyrir að þetta fyrirkomulag haldi sér, að öðru leyti en því að brennslan verði innanlands (í STÖÐINNI).

## 4.23 Ristarúrgangur og seyra

Árið 2019 féllu til 3.187 tonn af ristarúrgangi og seyru skv. tölum Umhverfisstofnunar og magnið verður komið í 3.563 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda og litlar breytingar í fráveitumálum. Að óbreyttu munu 228 tonn af þessum úrgangi fara í endurvinnslu, 866 tonn í endurnýtingu af einhverju tagi 2.467 tonn í urðun og 1 tonn í brennslu án orkunýtingar. Mjög miklar líkur eru á að hægt sé að bæta nýtingu þessa úrgangsflokks til muna, sbr. m.a. góðan árangur Hrunamanna við að nýta seyru frá Suðurlandi til uppgræðslu á afréttum.[13] Ristarúrgangur og seyra henta ekki vel til brennslu vegna hás rakainnihalds, en þetta er hægt að leysa að hluta með skilvindum í söfnunartækjum. Hér er gert ráð fyrir að urðun seyru verði hætt, að 70% (2.593 tonn) af því magni sem annars færu í „aðra endurnýtingu“ og urðun verði nýtt til uppgræðslu og að 30% (741 tonn) verði send til brennslu í STÖÐINNI. Þessi skipting

[12] Úrvinnslusjóður, á.á.
[13] Seyra.is, 2021.

byggir á lauslegri áætlun um magn seyru annars vegar og ristarúrgangi hins vegar, en ristarúrgangurinn er lítt nýtilegur.

### 4.24 Óvirkur úrgangur (t.d. steypa, flísar, gifs, gler)

Árið 2019 féllu til 22.673 tonn af þessum úrgangi og magnið verður komið í 25.347 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda. Þessi úrgangur er með öllu óbrennanlegur og á því ekkert erindi í STÖÐINA. Væntanlega verður honum hér eftir sem hingað til ráðstafað til landmótunar eða urðunar á þar til gerðum urðunarstöðum.

### 4.25 Malbik

Árið 2019 féllu til 40.760 tonn af malbiki skv. tölum Umhverfisstofnunar og magnið verður komið í 45.567 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda. Þessi úrgangur er óbrennanlegur og á því ekkert erindi í STÖÐINA. Væntanlega verður honum hér eftir sem hingað til einkum ráðstafað til landmótunar af einhverju tagi.

### 4.26 Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur

Árið 2019 féllu til 4.832 tonn af þessum úrgangi og magnið verður komið í 5.402 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda. Þar af verða 4.732 tonn urðuð að óbreyttu og 670 tonn endurnýtt með einhverjum hætti. Hér er gert ráð fyrir að urðun þessa úrgangsflokks verði hætt og hann þess í stað sendur til brennslu í STÖÐINNI. Rík ástæða er til að ætla að draga megi verulega úr magni þessa úrgangsflokks með betri flokkun og koma talsverðum hluta síðan í endurvinnslu eða endurnýtingu, aðra en brennslu. Hér er þó ekki gert ráð fyrir slíku, heldur fylgt sömu meginlínu og í öðrum úrgangsflokkum, þ.e. að brennanlegur úrgangur sem ekki á sér fyrirsjáanlega farvegi skili sér í STÖÐINA. Einhver hluti af þessu tiltekna úrgangsflokki er vafalaust óbrennanlegur, en mun eftir sem áður skila sér í STÖÐINA ef ekki kemur til frekari flokkunar.

### 4.27 Úrgangur sem inniheldur asbest

Árið 2019 féllu til 74 tonn af úrgangi sem inniheldur asbest og magnið verður komið í 83 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda. Hér breytir mannfjöldaþróun þó engu í raun, þar sem þarna er eingöngu um að ræða úrgang sem fellur til við niðurrif mannvirkja, þ.m.t. útskiptingu gamalla hitaveitulagna úr asbesti. Asbest er spilliefni og því má eingöngu farga á urðunarstöðum sem hafa til þess sérstakt leyfi. Þessi úrgangsflokkur kemur því ekki í neinum tilvikum til STÖÐVARINNAR.

### 4.28 Jarðefni, t.d. steinar, möl og sandur

Árið 2019 féllu til 389.247 tonn af þessum úrgangi skv. tölum Umhverfisstofnunar og magnið verður komið í 435.152 tonn árið 2030 miðað við áætlaðan íbúafjölda. Þar af verða 427.204 tonn nýtt sem fyllingarefni að óbreyttu og 7.947 tonn urðuð, væntanlega á urðunarstöðum fyrir óvirkan úrgang. Þessi úrgangsflokkur kemur ekki til kasta STÖÐVARINNAR.

## 4.29 Úrgangur frá varmaferlum

Árið 2019 féllu til 23.707 tonn af þessum úrgangi skv. tölum Umhverfisstofnunar, þar af 16.128 tonn sem skilgreind eru sem spilliefni. Árið 2030 verður magnið komið í 26.503 tonn miðað við áætlaðan íbúafjölda. Meirihlutinn af þessu (rúm 22.000 tonn) hefur hingað til farið í endurvinnslu, en minnihlutinn (rúm 4 tonn) hefur verið urðaður. Þessi úrgangur er óbrennanlegur og á því ekkert erindi í STÖÐINA.

## 4.30 Tilbúin steinefni og eldföst efni

Árið 2019 féllu til 5.709 tonn af þessum úrgangi skv. tölum Umhverfisstofnunar, þar af 4.801 tonn sem skilgreint er sem spilliefni. Árið 2030 verður magnið komið í 6.382 tonn miðað við áætlaðan íbúafjölda. Þessi úrgangur hefur að langmestu leyti farið í urðun hingað til, en óverulegur hluti í endurvinnslu. Þessi úrgangur er óbrennanlegur og á því ekkert erindi í STÖÐINA.

## 4.31 Jarðvegur

Árið 2019 féllu til 81.167 tonn af jarðvegi skv. tölum Umhverfisstofnunar, þar af 49 tonn af menguðum jarðvegi sem skilgreindur er sem spilliefni. Árið 2030 verður magnið komið í 90.739 tonn miðað við áætlaðan íbúafjölda. Þessi úrgangur hefur hingað til að langmestu leyti verið nýttur sem fyllingarefni, innan við 4% hafa farið í „aðra endurnýtingu“ og óverulegur hluti verið urðaður. Ekki er ástæða til að ætla að þessi úrgangur muni koma til kasta STÖÐVARINNAR, en e.t.v. verður mengaða hlutanum brennt í sérhæfðri brennslustöð fyrir spilliefni.

## 4.32 Leifar frá brennslu og hitasundrun úrgangs

Árið 2019 féllu til 3.220 tonn af úrgangi af þessu tagi og árið 2030 verður magnið komið í 3.600 tonn miðað við áætlaðan íbúafjölda. Þessi úrgangur hefur skipst nokkuð jafnt á milli „annarrar endurnýtingar“ og urðunar, og ekkert bendir til annars en að svo verði áfram. Þessi úrgangur er óbrennanlegur og verður því ekki tekinn til frekari umfjöllunar hér.

## 5. Heildarmagn og samsetning

Niðurstöður kaflanna hér að framan um líklegt heildarmagn og samsetningu þess úrgangs sem ætla má að komi til brennslu í STÖÐINNI eru dregnar saman í töflum 4 og 5. Hér er úrgangurinn sundurgreindur í úrgangsstrauma í samræmi við úrgangsflokka í gagnasafni Umhverfisstofnunar. Í fyrri töflunni eru úrgangsstraumarnir taldir upp í sömu röð og í kafla 4, þ.e. í númeraröð skv. kerfi Umhverfisstofnunar. Í síðari töflunni er sömu tölum hins vegar raðað eftir minnkandi stærð. Rétt er að ítreka að hér er í raun um hámarksmagn að ræða miðað við gefnar forsendur, þar sem ekki hefur verið gerð tilraun til að rýna í nokkra þætti sem erfitt er að spá fyrir um. Þeir þættir eiga það flestir eða allir sameiginlegt að breytingar þeirra vegna munu leiða til samdráttar í magni úrgangs til brennslu, en ekki til aukningar, sjá einnig umfjöllun í kafla 3.

Tafla 4. Úrgangsstraumar til brennslu í STÖÐINNI 2030 miðað við gefnar forsendur.

| Úrgangur til brennslu 2030 | Tonn |
|---|---|
| Pappírs og pappaúrgangur (ekki umbúðir) | 276 |
| Hjólbarðar og annað gúmmí | 1.212 |
| Plastumbúðir | 3.592 |
| Plastúrgangur (ekki umbúðir) | 1.287 |
| Viðarumbúðir | 559 |
| Viðarúrgangur (ekki umbúðir) | 13.168 |
| Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifsstarfsemi | 8.141 |
| Úr sér gengin ökutæki | 3.617 |
| Raf- og rafeindatækjaúrgangur | 383 |
| Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.) | 74.217 |
| Veiðarfæri | 1.118 |
| Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri) | 14.330 |
| Leifar frá meðhöndlun úrgangs | 3.714 |
| Ristarúrgangur og seyra | 741 |
| Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur | 4.732 |
| **Samtals** | **131.087** |

Tafla 5. Úrgangsstraumar til brennslu í STÖÐINNI 2030 miðað við gefnar forsendur.

| Úrgangur til brennslu 2030 | Úrgangsstraumar (Tonn) |
|---|---|
| Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.) | 74.217 |
| Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri) | 14.330 |
| Viðarúrgangur (ekki umbúðir) | 13.168 |
| Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifsstarfsemi | 8.141 |
| Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur | 4.732 |
| Leifar frá meðhöndlun úrgangs | 3.714 |
| Úr sér gengin ökutæki | 3.617 |
| Plastumbúðir | 3.592 |
| Plastúrgangur (ekki umbúðir) | 1.287 |
| Hjólbarðar og annað gúmmí | 1.212 |
| Veiðarfæri | 1.118 |
| Ristarúrgangur og seyra | 741 |
| Viðarumbúðir | 559 |
| Raf- og rafeindatækjaúrgangur | 383 |
| Pappírs og pappaúrgangur (ekki umbúðir) | 276 |
| **Samtals** | **131.087** |

Til að unnt sé að áætla mögulega orkuframleiðslugetu STÖÐVARINNAR er nauðsynlegt að sundurgreina blandaðan úrgang eftir innihaldsefnum. Þá er með öðrum orðum verið að umreikna úrgangsstrauma í efnisstrauma, eftir því sem mögulegt er út frá fyrirliggjandi gögnum. Tafla 6 sýnir efnisstrauma til STÖÐVARINNAR miðað við þá skiptingu blandaðs úrgangs sem fram kemur í kafla 4.19, raðað eftir minnkandi stærð.

Tafla 6. Efnisstraumar til brennslu í STÖÐINNI 2030 miðað við gefnar forsendur.

| Úrgangur til brennslu 2030 | Úrgangs-straumar, aðrir en bland. úrg. (Tonn) | Viðbót úr blönd. úrgangi (Tonn) | Efnisstraumar (Tonn) |
|---|---|---|---|
| Timbur (litað, grófur úrgangur) | 0 | 32.035 | **32.035** |
| Lífrænn eldhúsúrgangur | 0 | 14.671 | **14.671** |
| Plastumbúðir | 3.592 | 9.902 | **13.494** |
| Viðarúrgangur (ekki umbúðir) | 13.168 | 0 | **13.168** |
| Bleiur, ryksugupokar o.fl. | 0 | 9.640 | **9.640** |
| Plastúrgangur (ekki umbúðir) | 1.287 | 6.896 | **8.183** |
| Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifsstarfsemi | 8.141 | 0 | **8.141** |
| Pappír (umbúðir) | 0 | 5.481 | **5.481** |
| Pappírs og pappaúrgangur (ekki umbúðir) | 276 | 5.481 | **5.757** |
| Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur | 4.732 | 0 | **4.732** |
| Leifar frá meðhöndlun úrgangs | 3.714 | 0 | **3.714** |
| Úr sér gengin ökutæki | 3.617 | | **3.617** |
| Textílúrgangur og kerti | 0 | 1.641 | **1.641** |
| Hjólbarðar og annað gúmmí | 1.212 | 0 | **1.212** |
| Veiðarfæri | 1.118 | 0 | **1.118** |
| Glerumbúðir | 0 | 998 | **998** |
| Spilliefni og raf- og rafeindatækjaúrgangur | 383 | 519 | **902** |
| Ristarúrgangur og seyra | 741 | 0 | **741** |
| Málmar | 0 | 716 | **716** |
| Skilagjaldsskyldar drykkjarumbúðir | 0 | 567 | **567** |
| Viðarumbúðir | 559 | 0 | **559** |
| **Samtals** | **42.538** | **88.549** | **131.087** |

## 6. Æskileg afkastageta brennslustöðvar

Út frá tölunum hér að framan má ætla að brennslustöðin sem um ræðir þurfi að hafa afkastagetu upp á u.þ.b. 130.000 tonn á ári til að geta tekið við öllum þeim úrgangi sem fellur til hérlendis og henta þykir að brenna til orkuvinnslu, að teknu tilliti til umhverfisþátta og eðlis- og efnafræðilegra eiginleika. Endanleg ákvörðun um stærð STÖÐVARINNAR er þó í eðli sínu pólitísk, enda útilokað að segja nákvæmlega til um þörf fyrir slíka stöð árið 2030.

Eins og nefnt hefur verið í köflunum hér að framan er heildartalan sem sett er fram í þessu minnisblaði að öllum líkindum hámarkstala, sem er háð mörgum óvissuþáttum. Flestir þessara þátta eru líklegir til að draga úr þörf fyrir brennslu fremur en að auka hana. Þarna er einkum um að ræða eftirtalda óvissuþætti og álitamál:

1. Úrgangsforvarnir vanmetnar?
   Hér er ekki gert ráð fyrir að úrgangsforvarnir skili merkjanlegum árangri fram til ársins 2030. Árangur á þessu sviði mun leiða til samdráttar í magni úrgangs til brennslu.
2. Áhrif breyttrar vöruhönnunar
   Hér er ekki gert ráð fyrir að framfarir verði í hönnun, sem stuðla myndu að lengri líftíma vara og aukinni endurvinnsluhæfni. Framfarir á þessu sviði eru líklegar til að leiða til samdráttar í magni úrgangs til brennslu. Þetta gæti m.a. átt við um bleyjur, (sjá kafla 4.19.7).
3. Þróun endurvinnslu á Íslandi
   Í þessari greiningu er gert ráð fyrir að árið 2030 verði allur plastúrgangur sem fellur til á Íslandi og hentar til endurvinnslu unninn innanlands. Plastúrgangur frá þeirri vinnslu er þá innifalinn í tölunni hér að framan. Gangi það ekki eftir berst væntanlega minna af plastúrgangi til STÖÐVARINNAR en hér er gert ráð fyrir, þar sem flokkaður plastúrgangur sem er hafnað í endurvinnslustöð mun þá fara til brennslu erlendis – og það sama mun þá gilda um hrat frá vinnslunni sjálfri.
4. Þróun endurvinnslu almennt
   Hugsanlega munu á næstu árum opnast nýir möguleikar á endurvinnslu einstakra úrgangsflokka sem hér er gert ráð fyrir að komi til brennslu í STÖÐINNI. Þetta gæti m.a. átt við um litað timbur (sjá kafla 4.19.7), en það einstaka atriði gæti leitt til verulegs samdráttar í magni úrgangs til brennslu.
5. Breytingar á neyslumynstri
   Hér er ekki gert ráð fyrir breytingum á neyslumynstri umfram það sem mun endurspeglast í bættri flokkun úrgangs. Fari neysla hvers einstaklings minnkandi mun það leiða til samdráttar í magni úrgangs til brennslu. Aukin neysla myndi á sama hátt leiða til aukningar í magni úrgangs til brennslu, en sú þróun verður að teljast ólíklegri miðað við strauma og stefnur samtímans.
6. Samkeppnishæfni
   Hér er gert ráð fyrir að allur úrgangur sem fellur til á Íslandi og henta þykir að brenna til orkuvinnslu skili sér í þessa tilteknu stöð. Starfsemi af þessu tagi verður óhjákvæmilega í samkeppnisumhverfi og engin leið er að tryggja varanlega tryggð

úrgangshafa við stöðina ef móttökugjöld verða hærri en hjá öðrum aðilum hérlendis eða erlendis sem bjóða þjónustu við förgun eða orkuvinnslu úr úrgangi.

Meginniðurstaða þessarar stuttu umfjöllunar um æskilega afkastagetu er að eðlilegt sé að miða hámarksgetu við 130.000 tonn, en að hugsanlega myndi smærri brennsla duga til að anna eftirspurn þegar allt kemur til alls. Ekki er fráleitt að ætla að 70% af hámarksgetu myndu nægja í flestum tilvikum, þ.e. u.þ.b. 90.000 tonn. Til greina kæmi að byrja enn smærra, t.d. með 60.000 tonna stöð sem hægt væri að tvöfalda með uppsetningu annars brennara.

# 7. Afurðir brennslustöðvar

Magn og gæði þeirra afurða sem STÖÐIN gefur af sér ræðst eðlilega af magni og gæðum þess efnis sem tekið er við til brennslu. Afurðirnar eru einkum ferns konar, auk ótilgreindra mengunarefna sem kunna að verða losuð í andrúmsloft eða fráveituvatn:

## 7.1 Botnaska

Samkvæmt BREF-skjali fyrir sorpbrennslur nemur botnaska alla jafna 20-30% af heildarmassa úrgangs, miðað við að brennslan taki einkum við blönduðum heimilisúrgangi.[14] Sé gert ráð fyrir að öskumagnið verði um 25% má gera ráð fyrir u.þ.b. 32.500 tonnum á ári. Ef vel tekst til getur þessi aska flokkast sem óvirkt efni og því nýst í steinsteypu, vegagerð og aðra landmótun. Lágmörkun á því magni spilliefna sem berst til stöðvarinnar er til þess fallin að auka líkurnar á þessu. Miðað við þær tölur sem settar eru fram í þessu minnisblaði má ætla að 716 tonn af málmum muni leynast í öskunni. Meiri hluta þeirra (50-80%) ætti að vera hægt að ná úr öskunni með seglum og eddy-current-málmskilju og koma þeim til endurvinnslu.[15] Með því eykst einnig notagildi öskunnar sem eftir stendur, þar sem hátt málminnihald getur skapað vandamál í notkuninni.

## 7.2 Flugaska

Magn flugösku frá brennslustöðvum er breytilegt en nemur venjulega fáeinum prósentum.[16] Hér er sett fram sú ágiskun að flugaskan verði um 2,5% eða u.þ.b. 3.250 tonn á ári. Líkur er á að flugaskan flokkist sem spilliefni, sem þýðir að e.t.v. verður nauðsynlegt að farga henni með urðun á sérhæfðum urðunarstað.

## 7.3 Orka

Brennslustöð af því tagi sem hér um ræðir ætti í reynd að hafa orkuframleiðslu sem megintilgang, enda er það annað meginskilyrði þess að starfsemi stöðvarinnar flokkist sem endurnýting í skilningi Rammatilskipunar ESB um meðhöndlun úrgangs. Hitt meginskilyrðið er að nýting orku frá stöðinni sé yfir tilteknum lágmarksviðmiðum skv. Viðauka II og Viðauka V við tilskipunina.[17]

Af BREF-skjali Evrópusambandsins fyrir sorpbrennslur má ráða að meðalorkugildi úrgangsins sem koma mun til brennslu í stöðinni sé u.þ.b. 11 MJ/kg.[18] Það samsvarar um 1.437 TJ = 399 GWh á ári miðað við 131.087 tonn af úrgangi til brennslu. Eftirfarandi tafla sýnir nánari útreikning á orkugildinu miðað við þessar forsendur. Útreikningurinn í töflunni miðast við

[14] Framkvæmdastjórn ESB, 2019.
[15] Sama heimild.
[16] Sama heimild.
[17] Framkvæmdastjórn ESB, á.á.
[18] Framkvæmdastjórn ESB, 2019, (bls. 79).

samsetningu úrgangsins án sérstakrar greiningar á innihaldi blandaða hlutans (sjá töflu 5), þar sem þannig sem fæst best samsvörun við uppgefin meðalgildi í BREF-skjalinu. Rétt er að taka fram að í BREF-skjalinu er ekki að finna tölur fyrir alla þá úrgangsflokka sem hér um ræðir, og því var byggt á gildum fyrir þá flokka sem taldir voru sambærilegastir.

**Tafla 7. Áætlað orkugildi í úrgangsstraumum til brennslu í STÖÐINNI 2030.**

| Úrgangur til brennslu 2030 | Úrgangs-straumar (Tonn) | Orkugildi (GJ/tonn) | Orkugildi samtals (TJ) | Orkugildi samtals (GWh) |
|---|---|---|---|---|
| Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.) | 74.217 | 9 | 668 | 186 |
| Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri) | 14.330 | 11 | 158 | 44 |
| Viðarúrgangur (ekki umbúðir) | 13.168 | 13 | 171 | 48 |
| Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifsstarfsemi | 8.141 | 13 | 106 | 29 |
| Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur | 4.732 | 13 | 62 | 17 |
| Leifar frá meðhöndlun úrgangs | 3.714 | 9 | 33 | 9 |
| Úr sér gengin ökutæki | 3.617 | 20 | 72 | 20 |
| Plastumbúðir | 3.592 | 20 | 72 | 20 |
| Plastúrgangur (ekki umbúðir) | 1.287 | 20 | 26 | 7 |
| Hjólbarðar og annað gúmmí | 1.212 | 20 | 24 | 7 |
| Veiðarfæri | 1.118 | 20 | 22 | 6 |
| Ristarúrgangur og seyra | 741 | 9 | 7 | 2 |
| Viðarumbúðir | 559 | 13 | 7 | 2 |
| Raf- og rafeindatækjaúrgangur | 383 | 9 | 3 | 1 |
| Pappírs og pappaúrgangur (ekki umbúðir) | 276 | 20 | 6 | 2 |
| **Samtals** | **131.087** | | **1.437** | **399** |

Talsverð ónákvæmni er eðlilega í útreikningum á borð við þá sem settir eru fram hér að framan, þar sem raunveruleg samsetning úrgangsins er ekki þekkt í smáatriðum. Við vinnslu þessa minnisblaðs komu fram nokkrar ábendingar um að hér væri orkugildið hugsanlega vanmetið. M.a. var bent á að í losunarbókhaldi Íslands væri orkugildi blandaðs úrgangs áætlað 10 GJ/tonn,[19] en ekki 9 GJ/tonn eins og hér er gert ráð fyrir. Miðað við hærri töluna myndi samtalan í töflu 7 verða 421 GWh í stað 399 GWh, að teknu tilliti til orkugildis annarra úrgangsflokka sem gefið var sama orkugildi í töflunni. Engu að síður er hér farin sú leið að miða eingöngu við fyrrnefnt BREF-skjal, enda um býsna yfirgripsmikla heimild að ræða. Samsetning úrgangs á Íslandi endurspeglast þó vissulega ekki beint í BREF-skjalinu.

[19] Umhverfisstofnun, 2021.

Það hversu stór hluti orkugildisins í úrganginum nýtist til orkuframleiðslu ræðst mjög af tæknibúnaði stöðvarinnar. Samkvæmt margnefndu BREF-skjali er algengt að raforkuframleiðsla vel búinna stöðva nemi 15-20% af orkugildi úrgangsins og að varmaorkuframleiðslan liggi á bilinu 60-82%[20] Sé gert ráð fyrir að raforkuframleiðslan sé 15% og varmaorkuframleiðslan 75%, gefa 399 GWh af sér um 60 GWh af rafmagni á ári og jafngildi 300 GWh af heitu vatni. Hér er líklega um fremur varfærna áætlun að ræða, en orkuframleiðslugetan þarfnast í öllu falli nánari greiningar. Þar þarf m.a. að taka með í reikninginn orkunotkun stöðvarinnar sjálfar, sem er óhjákvæmilega einhver. Ekki er gert tilraun til þess hér.

Sölumöguleikar orku frá STÖÐINNI ráðast af markaðsaðstæðum almennt, svo og að einhverju leyti af staðsetningu. Eftirspurn eftir raforku er að öllum líkindum takmörkuð, en það getur breyst hratt ef verður af uppbyggingu orkufreks iðnaðar af einhverju tagi. Eftirspurn eftir varmaorku ræðst ekki síst af þeirri starfsemi sem til greina kæmi að byggja upp í næsta nágrenni STÖÐVARINNAR. Þannig hafa verið nefndir möguleikar á að nýta varmarorku frá sorporkuveri á Reykjanesi í iðngörðum af einhverju tagi.

Sá möguleiki hefur verið nefndur að stöð af því tagi sem hér um ræðir verði valinn staður á Vestfjörðum, t.d. í Bolungarvík. Þar gæti STÖÐIN bætt úr brýnni þörf fyrir stöðugt raforkuframboð og um leið dregið úr orkutapi. Eins gæti heitt vatn frá stöðinni leyst af hólmi rafhitaðar fjarvarmaveitur á svæðinu og þar með létt á raforkukerfunum.

## 7.4 Koldíoxíð

STÖÐIN mun óhjákvæmilega losa talsvert af gróðurhúsalofttegundum út í andrúmsloftið, einkum koldíoxíð ($CO_2$). Mikill meirihluti þessarar losunar telst vera hluti af náttúrulegri kolefnishringrás (e. biogenic), þ.m.t. öll losun $CO_2$ vegna brennslu á lífrænum úrgangi. Minnihlutinn telst hins vegar vera af jarðefnauppruna og eiga þar af leiðandi þátt í loftslagsbreytingum af mannavöldum. Þessi hluti yrði tekinn með í losunarbókhald STÖÐVARINNAR.

Í töflunni hér að neðan er gerð tilraun til að áætla koldíoxíðlosunina, annars vegar heildarlosunina og hins vegar „loftslagsskaðlega hlutann“. Losunarstuðlar eru byggðir á skilum Umhverfisstofnunar (NIR og CFR) til skrifstofu Loftslagssamnings Sameinuðu þjóðanna vegna ársins 2019.[21]

[20] Framkvæmdastjórn ESB, 2019, (bls. 90).
[21] Umhverfisstofnun, 2021.

Tafla 8. Áætluð losun $CO_2$ frá STÖÐINNI.

| Úrgangur til brennslu 2030 | Efnis-straumar (Tonn) | $CO_2$ samtals | | $CO_2$ Loftslags | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | t/t | Tonn | t/t | Tonn |
| Timbur (litað, grófur úrgangur) | **32.035** | 1,56 | 49.920 | 0,00 | 0 |
| Lífrænn eldhúsúrgangur | **14.671** | 0,56 | 8.177 | 0,00 | 0 |
| Plastumbúðir | **13.494** | 2,75 | 37.109 | 2,75 | 37.109 |
| Viðarúrgangur (ekki umbúðir) | **13.168** | 1,56 | 20.520 | 0,00 | 0 |
| Bleiur, ryksugupokar o.fl. | **9.640** | 1,03 | 9.897 | 0,10 | 990 |
| Plastúrgangur (ekki umbúðir) | **8.183** | 2,75 | 22.503 | 2,75 | 22.503 |
| Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifsstarfsemi | **8.141** | 1,56 | 12.686 | 0,00 | 0 |
| Pappír (umbúðir) | **5.481** | 1,52 | 8.320 | 0,02 | 83 |
| Pappírs og pappaúrgangur (ekki umbúðir) | **5.757** | 1,52 | 8.739 | 0,02 | 87 |
| Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur | **4.732** | 1,56 | 7.374 | 0,00 | 0 |
| Leifar frá meðhöndlun úrgangs | **3.714** | 1,03 | 3.813 | 0,10 | 381 |
| Úr sér gengin ökutæki | **3.617** | 2,75 | 9.947 | 2,75 | 9.947 |
| Textílúrgangur og kerti | **1.641** | 1,47 | 2.407 | 0,29 | 481 |
| Hjólbarðar og annað gúmmí | **1.212** | 0,31 | 373 | 0,06 | 75 |
| Veiðarfæri | **1.118** | 2,75 | 3.075 | 2,75 | 3.075 |
| Glerumbúðir | **998** | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 |
| Spilliefni og raf- og rafeindatækjaúrgangur | **902** | 1,83 | 1.654 | 0,51 | 463 |
| Ristarúrgangur og seyra | **741** | 2,75 | 2.038 | 2,75 | 2.038 |
| Málmar | **716** | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 |
| Skilagjaldsskyldar drykkjarumbúðir | **567** | 0,92 | 520 | 0,92 | 520 |
| Viðarumbúðir | **559** | 1,56 | 871 | 0,00 | 0 |
| **Samtals** | **131.087** | | **209.941** | | **77.751** |

Af töflunni hér að framan má ráða að frá STÖÐINNI losni samtals 77.751 tonn af $CO_2$ á ári, sem gera þyrfti grein fyrir í losunarbókhaldi. Til samanburðar hefði reiknuð losun vegna urðunar sama magns af úrgangi á urðunarstað SORPU bs. á Álfsnesi numið u.þ.b. 131.087 x 1,28 = 167.791 tonni á ári. Beinn loftslagsávinningur vegna rekstrar stöðvarinnar gæti samkvæmt þessu numið 90.040 tonnum á ári, sem gæti jafngilt árlegum akstri u.þ.b. 45.000 fólksbifreiða.

Orka sem framleidd er með brennslu úrgangs kemur í mörgum tilvikum í stað orku sem ella væri framleidd með kolum, olíu eða gasi. Í slíkum tilvikum hafa sorporkuver verulegan loftslagsávinning í för með sér. Þessu er ekki til að dreifa á Íslandi þar sem nær öll raforka og varmaorka er framleidd með endurnýjanlegum orkugjöfum með afar lítilli losun við framleiðslu. Í því tilviki sem hér um ræðir felst loftslagsávinningurinn eingöngu í bættri meðhöndlun úrgangs.

Hugsanlegt er að þegar fram líða stundir muni sorpbrennslustöðvar þurfa að kaupa losunarkvóta til að vega upp á móti losun sinni. Við gerð þessa minnisblaðs fundust þó engar vísbendingar um að þetta sé komið á dagskrá. Í það minnsta virðist ekki á döfinni að fella

sorpbrennslur undir viðskiptakerfi ESB með losunarheimildir (ETS). Hins vegar verður losun frá STÖÐINNI í öllu falli hluti af þeirri samfélagslosun sem Ísland ber ábyrgð á innan kerfis Evrópusambandsins um skiptingu ábyrgðar (ESR). Takist Íslandi ekki að standa við skuldbindingar sínar innan þessa kerfis þarf væntanlega að kaupa losunarheimildir (AEA-heimildir).[22] Þess er að vænta að slíkar heimildir fái eitthvert markaðsvirði eftir því sem líður á 3. áratuginn.

Fræðilega séð mætti fanga allt koldíoxíð sem losnar frá STÖÐINNI og binda það í bergi. Þar væri þá um að ræða 209.941 tonn á ári, sem myndi í reynd þýða að STÖÐIN yrði kolefnisneikvæð. Með öðrum orðum myndi kolefnisbinding stöðvarinnar vera langt umfram heildarlosunina. Hugsanlega munu felast fjárhagslega verðmæti í slíkri bindingu þegar fram í sækir, en hér verður ekki gerð tilraun til að spá fyrir um það.

[22] Birna S. Hallsdóttir, 2021.

## 8. Heimildir

1. Birna S. Hallsdóttir, 2021: *Skuldbindingar Íslands*. https://himinnoghaf.is/loftslagsmal/article/skuldbindingar-islands.
2. Endurvinnslan, á.á.: *Um okkur*. http://endurvinnslan.is/um-okkur.
3. Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins, 2019: *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration*. https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-01/JRC118637_WI_Bref_2019_published_0.pdf. (European IPPC Bureau).
4. Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins, á.á.: *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. (Consolidated text)*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:02008L0098-20180705&from=EN. (EurLex).
5. Hagstofa Íslands, 2021: *Búfé og uppskera*. https://hagstofa.is/talnaefni/atvinnuvegir/landbunadur/bufe-og-uppskera.
6. Hagstofa Íslands, 2021: *Mannfjöldaspá*. https://hagstofa.is/talnaefni/ibuar/mannfjoldaspa/mannfjoldaspa
7. Seyra.is, 2021: *Seyruverkefnið*. https://seyra.is.
8. SORPA bs, 2020: *Ársskýrsla* 2019. https://sorpa.dccweb.net/media/2/sorpaarsskyrsla2019.pdf.
9. Umhverfisstofnun, 2020: *Heildarmagn og meðhöndlun*. https://ust.is/graent-samfelag/urgangsmal/umhverfisvisar-og-tolfraedi/heildarmagn-og-medhondlun.
10. Umhverfisstofnun, 2021: *National Inventory Report. Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2019*. https://ust.is/library/Skrar/NIR%202021_15%20april_UNFCCC_submission_FINAL.pdf.
11. Úrvinnslusjóður, á.á.: *Skýrsla um starfsemi Úrvinnslusjóðs 2017-2019*. https://www.urvinnslusjodur.is/media/arsskyrslur/Skyrsla-um-starfssemi-URVS-arin-2017-2019.pdf.

# Viðauki 1: Reiknilíkan fyrir úrgang á Íslandi 2030[23]

| | |
|---|---|
| Íbúar 1.1.2020 | 364.134 |
| Íbúar 1.1.2031 skv. Mannfj.spá | 407.077 |
| *Íbúar hbsv. 1.1.2020* | *233.034* |

| | Meðhöndlun úrgangs 2019 skv. tölum Umhverfisstofnunar | | | | | | | | Úrgangur 2030 m.v. mannfjöldaspá | | | | | | | | Úrgangur 2030 - Spá 1: Breyttar leiðir innan flokka | | | | | | | | Úrgangur 2030 - Spá 2: Með tilfærslu milli flokka | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jarðgerð | Önnur endu | Brennsla m | Fyllingarefi | Önnur endu | Urðun | Brennsla á | Samtals | Jarðgerð | Önnur endu | Brennsla m | Fyllingarefi | Önnur end | Urðun | Brennsla á | Samtals | Jarðgerð | Önnur end | Brennsla n | Fyllingaref | Önnur end | Urðun | Brennsla á | Samtals | Jarðgerð | Önnur end | Brennsla n | Fyllingaref | Önnur end | Urðun | Brennsla á | Samtals |
| 01.1 Notaðir leysar | | 49 | | | | | 88 | 137 | | 55 | | | | | 98 | 153 | | 55 | | | | | 98 | 153 | | 55 | | | | | 98 | 153 |
| 01.2 Sýrur, basar og úrgangur í saltlausn | | | | | | 30 | | 30 | | | | | | 34 | | 34 | | | | | | 34 | | 34 | | | | | | 34 | | 34 |
| 01.3 Notaðar olíur | | | | | 2.266 | | 801 | 3.067 | | | | | 2.533 | | 895 | 3.429 | | | | | 2.533 | | 895 | 3.429 | | | | | 2.533 | | 895 | 3.429 |
| 01.4, 02, 03.1 Efnaúrgangur | | 18.256 | | | 78.740 | 3.241 | | 100.237 | | 20.409 | | | 88.026 | 3.623 | | 112.058 | | 20.409 | | | 88.026 | 3.623 | | 112.058 | | 20.409 | | | 88.026 | 3.623 | | 112.058 |
| 01.4, 02, 03.1 Efnaúrgangur | | | | | 2.648 | 7.624 | 322 | 10.594 | | | | | 2.960 | 8.523 | 360 | 11.843 | | | | | 2.960 | 8.523 | 360 | 11.843 | | | | | 2.960 | 8.523 | 360 | 11.843 |
| 03.2 Eða frá iðnaðarfrárennsli | | | | | | 58 | | 58 | | | | | | 65 | | 65 | | | | | | 65 | | 65 | | | | | | 65 | | 65 |
| 03.3 Eða og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun | | | | | | 34 | | 34 | | | | | | 38 | | 38 | | | | | | 38 | | 38 | | | | | | 38 | | 38 |
| 05 Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum | | | | | | | 64 | 64 | | | | | | | 72 | 72 | | | | | | | 72 | 72 | | | | | | | 72 | 72 |
| 05 Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum | | | | | | | 334 | 334 | | | | | | | 373 | 373 | | | | | | | 373 | 373 | | | | | | | 373 | 373 |
| 06.1 Málmúrgangur, járnríkur (ekki umbúðir) | | 78.089 | 5 | | | | 770 | 78.864 | | 87.298 | 6 | | | | 861 | 88.165 | | 88.165 | | | | | | 88.165 | | 88.165 | | | | | | 88.165 |
| 06.2 Málmúrgangur, járnlaus (ekki umbúðir) | | 1.737 | | | | | | 1.737 | | 1.942 | | | | | | 1.942 | | 1.942 | | | | | | 1.942 | | 1.942 | | | | | | 1.942 |
| 06.31 Málmumbúðir | | 1.978 | | | | | | 1.978 | | 2.211 | | | | | | 2.211 | | 2.211 | | | | | | 2.211 | | 6.271 | | | | | | 6.271 |
| 06.32 Málmúrgangur, blandaður járnríkur og járr | | 1.294 | | | | | | 1.294 | | 1.447 | | | | | | 1.447 | | 1.447 | | | | | | 1.447 | | 1.447 | | | | | | 1.447 |
| 07.11 Glerumbúðir | | | | 7.464 | | 70 | | 7.534 | | | | 8.344 | | 78 | | 8.422 | | 8.422 | | | | | | 8.422 | | 10.751 | | | | | | 10.751 |
| 07.12 Glerúrgangur (ekki umbúðir) | | | | 92 | | 101 | 609 | 802 | | | | 103 | | 113 | 681 | 897 | | 272 | | 375 | | 249 | | 897 | | 272 | 0 | 375 | | 249 | | 897 |
| 07.21 Pappírs og pappaumbúðir | | 18.720 | | | | | | 18.720 | | 20.928 | | | | | | 20.928 | | 20.928 | | | | | | 20.928 | | 33.716 | | | | | | 33.716 |
| 07.23 Pappírs og pappaúrgangur (ekki umbúðir) | 245 | 17.113 | | | | | 247 | 17.605 | 274 | 19.131 | | | | | 276 | 19.681 | 274 | 19.131 | 276 | | | | | 19.681 | 274 | 31.920 | 276 | | | | | 32.470 |
| 07.3 Hjólbarðar og annað gúmmí | | 3.693 | | | 1.735 | 193 | 217 | 5.838 | | 4.129 | | | 1.940 | 216 | 243 | 6.526 | | 4.129 | 1.212 | | 970 | 216 | | 6.526 | | 4.129 | 1.212 | | 970 | 216 | | 6.526 |
| 07.41 Plastumbúðir | | 4.406 | 1.794 | | | 13 | 84 | 6.297 | | 4.926 | 2.006 | | | 15 | 94 | 7.040 | | 3.448 | 3.592 | | | | | 7.040 | | 18.302 | 3.592 | | | | | 21.893 |
| 07.42 Plastúrgangur (ekki umbúðir) | | 2.431 | | | | 422 | | 2.853 | | 2.718 | | | | 472 | | 3.189 | | 1.902 | 1.287 | | | | | 3.189 | | 5.616 | 1.287 | | | | | 6.903 |
| 07.51 Viðarumbúðir | 356 | | | | 1.314 | | 500 | 2.170 | 398 | | | | 1.469 | | 559 | 2.426 | 398 | | 559 | | 1.469 | | | 2.426 | 398 | | 559 | | 1.469 | | | 2.426 |
| 07.53 Viðarúrgangur (ekki umbúðir) | 976 | | | 61 | 15.655 | 8.163 | 3.555 | 28.410 | 1.091 | | | 68 | 17.501 | 9.126 | 3.974 | 31.760 | 1.091 | | 13.168 | | 17.501 | | | 31.760 | 1.091 | | 13.168 | | 17.501 | | | 31.760 |
| 07.53 Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifss | 1.597 | | | 265 | 1.996 | 7.017 | | 10.875 | 1.785 | | | 296 | 2.231 | 7.845 | | 12.158 | 1.785 | | 8.141 | | 2.231 | | | 12.158 | 1.785 | | 8.141 | | 2.231 | | | 12.158 |
| 07.53 Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifss | | | | | | 7 | | 7 | | | | | | 8 | | 8 | | | | | | | 8 | 8 | | | | | | | 8 | 8 |
| 07.6 Textílúrgangur | | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | 3.829 | | | 1 | | | 3.830 |
| 08.1 Úr sér gengin ökutæki | | 16.175 | | | | | | 16.175 | | 18.083 | | | | | | 18.083 | | 14.466 | 3.617 | | | | | 18.083 | | 14.466 | 3.617 | | | | | 18.083 |
| 08.2 Raf- og rafeindatækjaúrgangur | | 3.968 | | | | | 343 | 4.311 | | 4.436 | | | | | 383 | 4.819 | | 4.436 | 383 | | | | | 4.819 | | 4.436 | 383 | | | | | 4.819 |
| 08.2 Raf- og rafeindatækjaúrgangur | | 983 | | | 38 | | | 1.021 | | 1.099 | | | 42 | | | 1.141 | | 1.099 | | | 42 | | | 1.141 | | 1.099 | | | 42 | | | 1.141 |
| 08.41 Rafhlöður og rafgeymar | | 63 | | | | | 87 | 150 | | 70 | | | | | 97 | 168 | | 168 | | | | | | 168 | | 168 | | | | | | 168 |
| 08.41 Rafhlöður og rafgeymar | | 1.268 | | | 344 | | | 1.612 | | 1.418 | | | 385 | | | 1.802 | | 1.418 | | | 385 | | | 1.802 | | 1.418 | | | 385 | | | 1.802 |
| 09.11 Dýrahræ | | | | | | 1.604 | 50 | 1.654 | | | | | | 1.793 | 56 | 1.849 | | | | | | | 1.849 | 1.849 | | | | | | | 3.871 | 3.871 |
| 09.11 Sláturúrgangur | 2.954 | | | | | 12.095 | 814 | 15.863 | 3.302 | | | | | 13.521 | 910 | 17.734 | 7.359 | 9.465 | | | | | 910 | 17.734 | 7.359 | 9.465 | | | | | 910 | 17.734 |
| 09.11 Fiskúrgangur | | | | | | 2.737 | | 2.737 | | | | | | 3.060 | | 3.060 | | 3.060 | | | | | | 3.060 | | 3.060 | | | | | | 3.060 |
| 09.12 Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunur | 8.470 | 491 | | | | 877 | | 9.838 | 9.469 | 549 | | | | 980 | | 10.998 | 10.449 | 549 | | | | | | 10.998 | 44.680 | 549 | | | | | | 45.229 |
| 09.21 Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktar | 7.842 | 187 | | 915 | 274 | 22 | | 9.240 | 8.767 | 209 | | 1.023 | 306 | 25 | | 10.330 | 8.767 | 209 | | 1.048 | 306 | | | 10.330 | 8.767 | 209 | | 1.048 | 306 | | | 10.330 |
| 09.31 Húsdýraskítur | 1.220 | | | | 61 | 51 | | 1.332 | 1.364 | | | | 68 | 57 | | 1.489 | 1.364 | | | | 125 | | | 1.489 | 1.364 | | | | 125 | | | 1.489 |
| 10.11 Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gá | | 480 | 3.123 | | | 123.087 | 6.676 | 133.366 | | 537 | 3.491 | | | 137.603 | 7.463 | 149.094 | | 537 | 148.557 | | | | | 149.094 | | 537 | 74.217 | | | | | 74.754 |
| 10.12 Úrgangur frá götuhreinsun | | | | 23 | 4.148 | | | 4.171 | | | | 26 | 4.637 | | | 4.663 | | | | 26 | 4.637 | | | 4.663 | | | | 26 | 4.637 | | | 4.663 |
| 10.22 Veiðarfæri | | 758 | | | | 1.000 | | 1.758 | | 847 | | | | 1.118 | | 1.965 | | 847 | 1.118 | | | | | 1.965 | | 847 | 1.118 | | | | | 1.965 |
| 10.22 Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá | | | | | | 20.186 | 5.380 | 25.566 | | | | | | 22.567 | 6.014 | 28.581 | | | 28.581 | | | | | 28.581 | | | 14.330 | | | | | 14.330 |
| 10.3 Leifar frá meðhöndlun úrgangs | | | | 674 | 7.295 | 3.322 | | 11.291 | | | | 753 | 8.155 | 3.714 | | 12.623 | | | 3.714 | 753 | 8.155 | | | 12.623 | | | 3.714 | 753 | 8.155 | | | 12.623 |
| 10.3 Leifar frá meðhöndlun úrgangs | | | | | | | 6 | 6 | | | | | | | 7 | 7 | | | | | | | 7 | 7 | | | | | | | 7 | 7 |
| 11.4 Ristarúrgangur og seyra | 204 | | | | 775 | 2.207 | 1 | 3.187 | 228 | | | | 866 | 2.467 | 1 | 3.563 | 228 | | 741 | | 2.593 | | | 3.563 | 228 | | 741 | | 2.593 | | | 3.563 |
| 12.11 Óvirkur úrgangur (t.d. steypa, flísar, gifs, g | | | | 20.515 | | 1.942 | 216 | 22.673 | | | | 22.934 | | 2.171 | 241 | 25.347 | | | | 22.934 | | 2.412 | | 25.347 | | | | 22.934 | | 2.412 | | 25.347 |
| 12.12 Malbik | | | | 40.714 | | 46 | | 40.760 | | | | 45.515 | | 51 | | 45.567 | | | | 45.515 | | 51 | | 45.567 | | | | 45.515 | | 51 | | 45.567 |
| 12.13 Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangu | | | | | 599 | 4.233 | | 4.832 | | | | | 670 | 4.732 | | 5.402 | | | 4.732 | | 670 | | | 5.402 | | | 4.732 | | 670 | | | 5.402 |
| 12.2. Úrgangur sem inniheldur asbest | | | | | | 74 | | 74 | | | | | | 83 | | 83 | | | | | | 83 | | 83 | | | | | | 83 | | 83 |
| 12.3 Jarðefni (t.d. steinar, möl og sandur | | | | 382.138 | | 7.084 | 25 | 389.247 | | | | 427.204 | | 7.919 | 28 | 435.152 | | | | 427.204 | | 7.947 | | 435.152 | | | | 427.204 | | 7.947 | | 435.152 |
| 12.4 Úrgangur frá varmaferlum | | 6.275 | | | | 1.304 | | 7.579 | | 7.015 | | | | 1.458 | | 8.473 | | 7.015 | | | | 1.458 | | 8.473 | | 7.015 | | | | 1.458 | | 8.473 |
| 12.4 Úrgangur frá varmaferlum | | 13.583 | | | | 2.545 | | 16.128 | | 15.185 | | | | 2.845 | | 18.030 | | 15.185 | | | | 2.845 | | 18.030 | | 15.185 | | | | 2.845 | | 18.030 |
| 12.5 Tilbúin steinefni og eldföst efni | | | | | | 908 | | 908 | | | | | | 1.015 | | 1.015 | | | | | | 1.015 | | 1.015 | | | | | | 1.015 | | 1.015 |
| 12.5 Tilbúin steinefni og eldföst efni | | 80 | | | | 4.721 | | 4.801 | | 89 | | | | 5.278 | | 5.367 | | 89 | | | | 5.278 | | 5.367 | | 89 | | | | 5.278 | | 5.367 |
| 12.6 Jarðvegur (hreinn) | | | | 78.080 | 3.036 | 2 | | 81.118 | | | | 87.288 | 3.394 | 2 | | 90.684 | | | | 87.288 | 3.394 | 2 | | 90.684 | | | | 87.288 | 3.394 | 2 | | 90.684 |
| 12.6 Jarðvegur (mengaður) | | | | | | 49 | | 49 | | | | | | 55 | | 55 | | | | | | 55 | | 55 | | | | | | 55 | | 55 |
| 12.8 Leifar frá brennslu og hitasundrun úrgangs | | | | | 1.686 | 1.534 | | 3.220 | | | | | 1.885 | 1.715 | | 3.600 | | | | | 1.885 | 1.715 | | 3.600 | | | | | 1.885 | 1.715 | | 3.600 |
| **Samtals** | **23.864** | **192.077** | **4.922** | **530.941** | **122.611** | **218.603** | **21.189** | **1.114.207** | **26.678** | **214.729** | **5.502** | **593.556** | **137.071** | **244.383** | **23.688** | **1.245.608** | **31.715** | **231.003** | **219.679** | **585.144** | **137.885** | **35.609** | **4.572** | **1.245.608** | **65.946** | **285.364** | **131.087** | **585.144** | **137.885** | **35.609** | **6.594** | **1.247.629** |

[23] Líkanið skiptist í fjóra hluta. Í fyrsta hluta koma fram tölur um heildarmagn úrgangs sem féll til á Íslandi 2019 skv. gagnasafni Umhverfisstofnunar, skipt eftir meðhöndlunarleiðum, (Jarðgerð, Önnur endurvinnsla, Brennsla með orkunýtingu, Fyllingarefni, Önnur endurnýting, Urðun, Brennsla án orkuvinnslu). Annar hluti sýnir sömu tölur, framreiknaðar til 2030 í takti við íbúaspá Hagstofu Íslands, án þess að gert sé ráð fyrir breyttri ráðstöfun. Í þriðja hluta er spáð fyrir um breytingar sem leiða af breyttri meðhöndlun einstakra úrgangsflokka og í fjórða hluta hefur úrgangsflokkunum *10.11 Blandaður heimilisúrgangur* og *10.22 Blandaður, ótilgreindur úrgangur* verið skipt eftir innihaldi með hliðsjón af reynslutölum frá SORPU bs. Þar hefur einnig verið gerð spá um þann hluta úrgangsflokksins *Dýrahræ*, sem nú falla utan úrgangskerfisins og koma því ekki fram í gagnasafni Umhverfisstofnunar.

## Viðauki 2. Forsendur varðandi afdrif blandaðs úrgangs vegna bættrar flokkunar

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 148.557 | tonn | Blandaður heimilisúrgangur til brennslu ef ekki kemur til frekari flokkunar | | | | 83,87% | |
| | | | 28.581 | tonn | Blandaður rekstrarúrgangur til brennslu ef ekki kemur til frekari flokkunar | | | | 16,13% | |
| | | | 177.139 | tonn | Blandaður úrgangur samtals til brennslu ef ekki kemur til frekari flokkunar | | | | 100,00% | |
| | | | | | | | | | | |
| **Dýrahræ** | | | | | | | | | | |
| Áætlað heildarmagn | | | 5.530 | tonn | Áætlun út frá tölum Hagstofu, stuðlum Borgarb. og útreikn. EFLU | | | | | |
| Áætlað að söfnun skili | | | **3.871** | **tonn** | Ágiskun 70% af heild, (30% enda úti í móa) | | | | | |
| Þar af eru | | | 1.849 | tonn | skráð í kerfið | | | | | |
| Eftir standa | | | **2.022** | tonn | sem hrein viðbót (fellur utan kerfis í dag) | | | | | |
| | | | | | Þar við bætast farmar vegna riðusmita o.fl. (1.000 kinda niðurskurður skilar um 70 tonnum) | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| **Málmar (aðallega umbúðir)** | | | **2,696%** | | **af blönduðum úrgangi 2019 skv. tölum Sorpu (gögn frá Gyðu 9/9 2021)** | | | | | |
| | | = | 4.776 | tonn | í blönduðum úrgangi á landsvísu 2030 | | | | | |
| Áætlað að bætt söfnun og seglun skili | | | **4.059** | **tonn** | Ágiskun 85% af heild | | | | | |
| | Þar af | | 3.404 | tonn | úr heimilisúrgangi | | | | | |
| | og | | 655 | tonn | úr rekstrarúrgangi | | | | | |
| Eftir standa | | | 716 | tonn | í blönduðum úrgangi, sem þarf þá að segla úr botnösku | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| **Glerumbúðir** | | | **1,878%** | | **af blönduðum úrgangi 2019 (öll steinefni) skv. tölum Sorpu (gögn frá Gyðu 9/9 2021)** | | | | | |
| | | | | | **(líklega talsvert vanmetið hvað fyrirtækjaúrgang varðar)** | | | | | |
| | | = | 3.327 | tonn | í blönduðum úrgangi á landsvísu 2030 (líklega vantalið (að hluta innifalið í öðrum flokkum)) | | | | | |
| Áætlað að bætt söfnun skili | | | **2.329** | **tonn** | Ágiskun 70% af heild (magn líklega vantalið, sjá ofar) | | | | | |
| | Þar af | | 1.953 | tonn | úr heimilisúrgangi | | | | | |
| | og | | 376 | tonn | úr rekstrarúrgangi | | | | | |
| Eftir standa | | | 998 | tonn | í blönduðum úrgangi til brennslu | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| **Pappír** | | | **20,627%** | | **af blönduðum úrgangi 2019 skv. tölum Sorpu (gögn frá Gyðu 9/9 2021)** | | | | | |
| | | = | 36.538 | tonn | í blönduðum úrgangi á landsvísu 2030 | | | | | |
| Þar af (ágiskun (50%)) | | | 18.269 | tonn | umbúðir | | | | | |
| ... og (ágiskun (50%)) | | | | | | 18.269 | tonn | ekki umbúðir | | |
| Áætlað að bætt söfnun skili | | | **12.788** | **tonn** | umbúðir | **12.788** | **tonn** | ekki umbúðir | Ágiskun 70% af heild | |
| | Þar af | | 10.725 | tonn | umbúðir | 10.725 | tonn | ekki umbúðir | úr heimilisúrgangi | |
| | og | | 2.063 | tonn | umbúðir | 2.063 | tonn | ekki umbúðir | úr rekstrarúrgangi | |
| Eftir standa | | | 5.481 | tonn | umbúðir | 5.481 | tonn | ekki umbúðir | í blönduðum úrgangi til brennslu | |
| | | | | | | | | | | |
| **Plastumbúðir** | | | **19,965%** | | **af blönduðum úrgangi 2019 skv. tölum Sorpu (gögn frá Gyðu 9/9 2021)** | | | | | |
| | | = | 35.366 | tonn | í blönduðum úrgangi á landsvísu 2030 | | | | | |
| Þar af (ágiskun (70%)) | | | 24.756 | tonn | umbúðir | | | | | |
| ... og (ágiskun (30%)) | | | | | | 10.610 | tonn | ekki umbúðir | | |
| Áætlað að bætt söfnun skili | | | **14.854** | **tonn** | umbúðir | **3.713** | **tonn** | ekki umbúðir | Ágiskun 60% og 35% af heild | 0,5250 |
| | Þar af | | 12.457 | tonn | umbúðir | 3.114 | tonn | ekki umbúðir | úr heimilisúrgangi | |
| | og | | 2.397 | tonn | umbúðir | 599 | tonn | ekki umbúðir | úr rekstrarúrgangi | |
| Eftir standa | | | 9.902 | tonn | umbúðir | 6.896 | tonn | ekki umbúðir | í blönduðum úrgangi til brennslu | |
| | | | | | | | | | | |
| **Textílúrgangur** | | | **3,088%** | | **af blönduðum úrgangi 2019 skv. tölum Sorpu (gögn frá Gyðu 9/9 2021)** | | | | | |
| | | = | 5.470 | tonn | í blönduðum úrgangi á landsvísu 2030 | | | | | |
| Áætlað að bætt söfnun skili | | | **3.829** | **tonn** | Ágiskun 70% af heild | | | | | |
| | Þar af | | 3.211 | tonn | úr heimilisúrgangi | | | | | |
| | og | | 618 | tonn | úr rekstrarúrgangi | | | | | |
| Eftir standa | | | 1.641 | tonn | í blönduðum úrgangi til brennslu | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| **Lífrænn eldhúsúrgangur** | | | **27,606%** | | **af blönduðum úrgangi 2019 skv. tölum Sorpu (gögn frá Gyðu 9/9 2021)** | | | | | |
| | | = | 48.901 | tonn | í blönduðum úrgangi á landsvísu 2030 (einhverju þó safnað nú þegar utan höfuðborgarsvæðisins) | | | | | |
| Áætlað að bætt söfnun skili | | | **34.231** | **tonn** | Ágiskun 70% af heild (Hugsanlega ofmat, þar sem um 10.000 tonnum er þegar safnað utan hbsv) | | | | | |
| | Þar af | | 28.708 | tonn | úr heimilisúrgangi | | | | | |
| | og | | 5.523 | tonn | úr rekstrarúrgangi | | | | | |
| Eftir standa | | | 14.670 | tonn | í blönduðum úrgangi til brennslu | | | | | |

# C

# VIÐAUKI

OCTOBER 2021
SORPA

# Technical Solutions for a Waste-to-Energy Plant



COWI

ADDRESS COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Denmark

TEL +45 56 40 00 00
FAX +45 56 40 99 99
WWW cowi.com

OCTOBER 2021
SORPA

# Technical Solutions for a Waste-to-Energy Plant

| PROJECT NO. | DOCUMENT NO. |
|---|---|
| A231989 | 001 |

| VERSION | DATE OF ISSUE | DESCRIPTION | PREPARED | CHECKED | APPROVED |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 26.10.2021 | | NERU | PAJS | NERU |

# CONTENTS


| | | |
|---|---|---|
| 1 | Abbreviations | 5 |
| 2 | Preface | 6 |
| 3 | Advanced incineration technology | 7 |
| 3.1 | Fuel feed and moving grate | 7 |
| 3.2 | Furnace and steam boiler | 9 |
| 3.3 | Turbine/generator | 13 |
| 3.4 | Condenser | 14 |
| 3.5 | Flue gas treatment system | 15 |
| 3.6 | Ash handling system | 19 |
| 3.7 | Electrical system | 21 |
| 3.8 | Distributed Control System | 22 |
| 3.9 | Carbon capture for a WtE plant | 23 |
| 4 | Energy considerations | 24 |
| 4.1 | R1 compliance (EU Directive) | 24 |
| 4.2 | Current major energy production and utilization in Iceland | 25 |
| 4.3 | Utilisation of energy from WtE in other European countries | 26 |
| 4.4 | Options for utilizing power and heat from a WtE plant in Iceland | 27 |
| 4.5 | Non utilization of power and/or heat for DH | 29 |
| 5 | Technical solutions for a WtE plant in Iceland | 30 |
| 5.1 | One or two incineration lines | 30 |
| 5.2 | Grate/boiler | 31 |
| 5.3 | Energy recovery | 31 |
| 5.4 | Condenser | 32 |
| 5.5 | Flue gas treatment system | 32 |
| 5.6 | Slag and fly ash system | 34 |

| | | |
|---|---|---|
| 6 | CAPEX & OPEX | 35 |
| 6.1 | CAPEX | 35 |
| 6.2 | Operating expense (OPEX) estimate | 36 |
| 6.3 | Summary | 37 |
| 7 | Site and building requirements | 38 |
| 7.1 | Site requirements | 38 |
| 7.2 | Building requirements | 38 |
| 8 | Capacity diagram | 39 |
| 9 | Flowsheet for the suggested technical solutions | 41 |

# 1 Abbreviations

| Abbreviation | Meaning |
|---|---|
| ACC | Air Cooled Condenser |
| APCR | Air Pollution Control Residue |
| BAT | Best Available Technology |
| BREF | Best Available Technique Reference documents |
| BUS | Data highway |
| CAPEX | Capital Expenditures |
| DCS | Distributed Control System |
| DH | District Heating |
| EIA | Environmental Impact Assessment |
| EPC | Engineering, Procurement & Construction |
| FGT | Flue Gas Treatment |
| GRP | Glassfiber Reinforced Plastic |
| ha | Hectare – 10,000 m² |
| IBA | Incinerator Bottom Ash |
| ID | Induced Draft |
| IED | Industrial Emissions Directive |
| ktpa | Kilo Tonne Per Anno |
| O&M | Operation and Maintenance |
| OPEX | Operating Expenditures |
| PLC | Programmable Logic Controller |
| RPI | Retail Price Index |
| SCR | Selective Catalytic Reduction |
| SNCR | Selective Non-Catalytic Reduction |
| TTD | Terminal Temperature Difference |
| tpa | Tonnes Per Anno |
| WfD | Waste Framework Directive 2008/98/EC |
| WtE | Waste-to-Energy |

# 2 Preface

This report is contribution for a Feasibility Study for a waste-to-energy (WtE) plant in Iceland with focus on the most feasible technical solutions as well as estimation of CAPEX and OPEX.

Over many decades there has been a constant development of the technology for WtE plants. The allowable limits for the emissions have been lowered several times and the technology for flue gas treatment have been developed to fulfil the requirements. Plant scales have also evolved, and specific enhancements made by improving reliability, automation, control systems, residue quality, operating costs and energy recovery efficiency. The different suppliers have developed variant concepts that allow adaptation of the basic WtE concept to suit specific project requirements. Technical approaches have been adapted in all main plant areas for example, grates, boilers, flue gas cleaning and other equipment designs.

This report describes the most up-to-date overall technical concepts for a WtE plant that are relevant to Iceland. In particular, the developments made to key parts of the design are highlighted.

In relation to which concepts to include in a WtE plant the report includes an assessment of the CAPEX costs against OPEX costs, since often a solution with lower CAPEX gives higher OPEX. This means that one of the factors to include when deciding on the final technical solution is a cost benefit analysis.

The report also noted that, what some of the Suppliers refer to as "advances incineration technology" is often more a specialized control system for controlling the incineration. Suppliers offer their own control systems, which can be more or less "advanced", but these variations are not considered by COWI a main differentiating factor between the suppliers.

# 3 Advanced incineration technology

## 3.1 Fuel feed and moving grate

### 3.1.1 Fuel feed

Delivered waste is usually tipped directly from collection vehicles into a lower-level waste storge bunker that provides some days of storage. The bunker is usually within a storage building, to avoid rainfall contamination, and with the air from the tipping hall and bunker extracted as feed air to the furnace – this creates a negative pressure in the tipping hall and avoids the escape of odours form the collected waste.

From the bunker the waste is taken by the overhead crane to the boiler hopper that provides a fuel buffer between bunker and combustion.

From the boiler hopper, the fuel is fed by gravity through a chute down to a fuel feed system that conveys the fuel from the chute to the grate for combustion. The feed chute must be well filled with waste to avoid air to leakage through the fuel feeding system to the furnace (sometimes referred to as the combustion chamber) which is below atmospheric pressure. Such air leakage can create a risk of backfire from the grate into the chute.

The boiler hopper and chute must be equipped with systems for preventing backfires. This comprises a fire detections and fire sprinkling system in the chute, as well as a guillotine damper in the chute which closes if a backfire is detected.

The fuel feeder is often designed with hydraulic pushers which push the fuel from the chute onto the grate. Boiler hopper and feeding systems are designed differently depending on the supplier and will be further elaborated by the supplier in the procurement phase and in the detailed engineering phase. However, all suppliers rely on gravity to transport the fuel from boiler hopper to the feeding system. This implies that the boiler hopper must be located at a considerable elevation above the fuel feeders, a fact that to a large extent defines the geometry of the fuel bunker.

### 3.1.2 Moving Grate

The moving grate system is a well proven technology, and a number of specific designs exist. These tend to be associated with specific technology providers and so is not necessarily a choice for the customer once a provider has been selected. All types ensure a movement of the waste which ensures a good burnout.

The main grate systems most often utilise either forward reciprocating grate system or reverse reciprocating grate.

A forward reciprocating grate has moving elements that pushes the waste on the grate towards the slag chute. This is the grate type used by the majority of the technology providers.

A reverse reciprocating grate has moving elements that pushes the waste towards the waste chute. The grate has a relative steep inclination, and the waste will roll over and fall partly downwards on the grate.

Roller grates or iterations of this grate design, and other variants are less common, but still utilised in WtE plants and offered by certain technology providers. The waste moves and turns over by rolling cylinders.

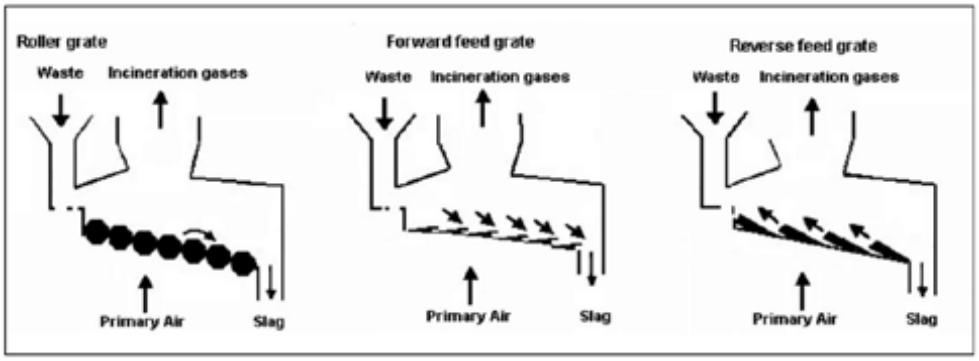



*Figure 1. Working principles of waste grates.*

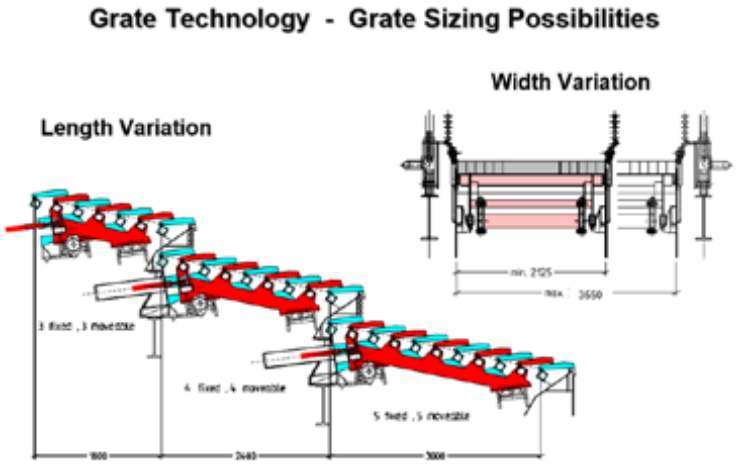



*Figure 2. Example of moving grate Image by permission of NSENGI Co.Ltd (inc Steinmüller Babcock)*

The concept of reciprocating grates has been used for many years. Technology providers have made recently advances regarding controlling combustion, controlling flue gas temperatures and minimising emissions. This is achieved utilising advanced control systems that monitor the conditions of the waste on the grate and adjust grate movement, air supply under and above the grate and fuel feed rates.

The reciprocating grates consist of modules divided into zones and grate lanes (as indicated in the below image) all of which can move independently and are controlled based on combustion conditions.

The maximum capacity in tons of waste per hour, which can be incinerated in one waste-to-energy line has been increasing through the last decades. From around 30 - 35 tons/h to today where the maximum capacity per line is around 50 - 53 tons/h. The development of larger lines has been largely driven by the potential for treatment cost reductions seen as economies of scale are realised, but there are also potential down-sides from an operating flexibility perspective.

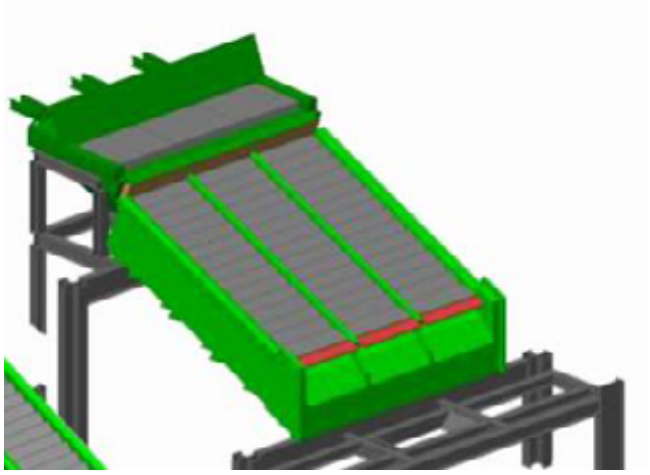


*Figure 3. Typical modular grate.*

Grate systems can either be air cooled or water cooled. Water cooling of the grates allows more efficient cooling of the grate and therefore higher calorific value waste may often involve use of a water-cooled grate.

## 3.2 Furnace and steam boiler

### 3.2.1 Design

The selection and design of the furnace and first radiant pass of a waste heat recovery boiler will largely depend on the requirement in the Industrial Emissions Directive (IED) 2010/75/EU. This directive sets requirement regarding flue gas retention time, 2 seconds above 850$^{o}$C, to prevent formation of dioxins. The design of the furnace and steam boiler also, to some extent, depends on the chosen steam data.

The high-pressure steam boiler will be of a water tube design, combined with the furnace. The sections following the furnace often comprise radiation passes (integrated with the furnace), convection passes for evaporators, super-heaters and economisers.

In Figure 4 a typical horizontal boiler configuration for a WtE plant is shown.

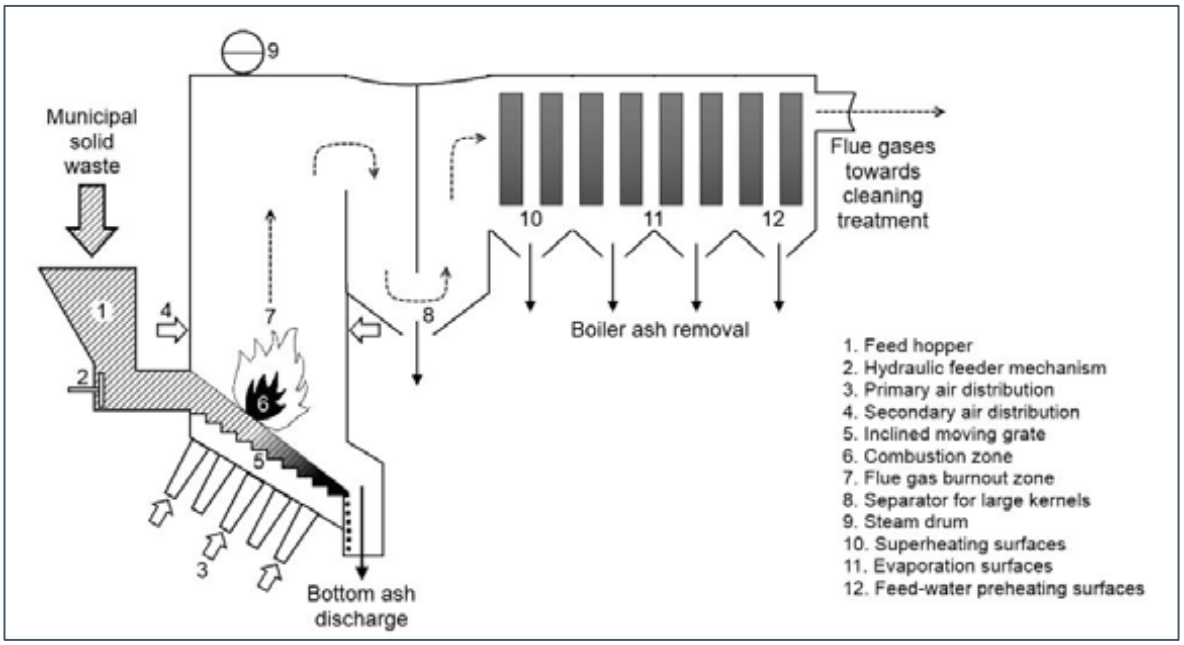



*Figure 4. Grate Furnace and Horizontal Boiler*

In a state-of-the-art WtE plant the furnace is an integrated part of the first radiant pass of the boiler, meaning that the design has been optimized in relation to combustion airflow, flue-gas flow, burnout of the waste and correct temperatures in the furnace and the first radiation pass. The furnace is optimized to secure good burn-out of the gasses leaving the primary combustion zone at the grate. The combustion chamber consists of boiler membrane (water cooled) walls.

By optimizing geometry of the furnace as well as correct distribution of combustion air the formation of CO and NOx is minimized. Especially the secondary air injection is utilized to create a swirl in the burn-out zone (above the grate) also referred to as the afterburning zone. Some of the burn-out will occur in the transition zone between the furnace and first part radiant section of the boiler.

The walls in the combustion chamber and in first radiation pass are covered with Inconel and/or refractory in order to fulfil the requirements of retention time, 2 seconds above 850$^{o}$C, as well as for corrosion and erosion protection of the boiler membrane walls. Inconel is high grade steel applied to the membrane wall as a welding layer.

The extent of brickwork and Inconel cladding is a function of fuel properties (net calorific value and moisture content) and the requirement of protecting tubes from corrosion and erosion. Less coverage with Inconel and refractory is less costly but gives a shorter lifetime of the membrane walls. Inconel is also applied to preserve higher availability of the plant under conditions where higher electricity efficient designs are deployed.

Each technology provider has his own solution in relation to where Inconel and/or refractory is applied, and it will to a large degree be the solution proposed by the technology provider which will be implemented.

During recent years developments have been ongoing in relation to boiler cleaning with small gas explosions. Especially in the radiation passes (the vertical passes) and for the superheaters, approaches are needed to clean off the ash and the slag that builds up on the membrane walls and superheaters. Without such measures, ash and slag build up on the membrane walls and superheater, which will lower the heat transfer from the flue gases to the membrane walls and the superheaters.

### 3.2.2 Boiler orientation and steam data

The layout of the boiler plant is highly dependent on the configuration of the 4th pass where the superheaters and economisers are situated. As shown in Figure 5 below, the boiler is either of vertical or horizontal configuration or a combination. The grate type and configuration also have influence of the boiler configuration and layout.

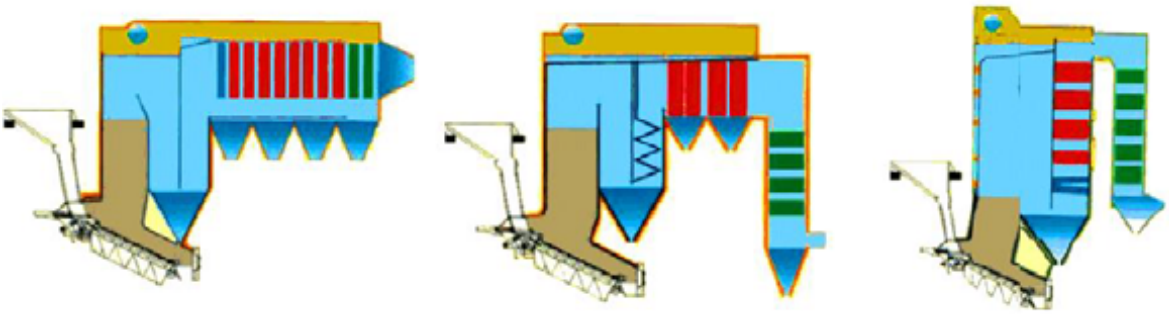


*Figure 5. Horizontal boiler. Combination of vertical and horizontal boiler. Vertical boiler. (Red sections are superheaters, green sections are economisers).*

In the following a horizontal 4th pass compared to vertical pass. A horizontal pass has:

- Larger footprint
- Higher CAPEX
- Lower building height
- Less fouling during operation
- Ease of maintenance and replacement of superheater and economizers
- Better access and space for on-line cleaning techniques
- Lower maintenance costs

Based on the above, most boilers in Scandinavia have a horizontal 4th pass. In USA most boilers have a vertical 4th pass.

While horizontal boilers invariably require a larger footprint it is considered that the advantages of this option outweigh the advantages of the vertical boiler in particular with regards to lower building height, less fouling during operation, ease of maintenance and replacement, on-line cleaning techniques, etc. A combination of a horizontal and a vertical boiler has partly some of the same advantages as a horizontal boiler.

Higher steam pressure and temperature parameters provide higher energy transfer and efficiency for power production in a turbine. However, higher pressures and temperatures require higher graded steel materials in the superheaters to resist high temperature corrosion profiles etc. Particularly superheaters may be subject to high temperature corrosion when subject to flue gases from municipal solid waste combustion. The horizontal concept provides better protection against superheater corrosion as the superheaters are not subject to radiation to the same extent as in a vertical design.

Conservative design figures for steam are typically 40 bara and 400°C. Design figures around these values are often chosen. This has the benefit of longer tube lifetime with standard materials and reduced OPEX costs and downtime.

Some newer grate incineration facilities use higher steam parameters (for example 50 - 60 bara and 420 - 430 °C), which may result in a increased corrosion rate and availably loss unless specific additional technical and operational measures are taken. The risk of high temperature corrosion increases with higher superheating temperatures and at a temperature of 450°C corrosion rates are usually deemed to be unacceptably high. The selection of steam parameters is therefore a trade-off between efficiency of the turbine and acceptable boiler corrosion rates that affect plant availability and maintenance costs.

For a WtE plant where there is no high priority to maximise the efficiency of the system and hence maximise electricity production moderate steam data may be preferred. However, the final selection of steam parameters is an optimisation between capital cost, operations expenditure for more frequent superheater replacement and the increased revenue potential from power sales, that comes with higher steam data.

### 3.2.3 Flue gas temperature after the boiler

The flue gas temperature after (downstream) the boiler impacts upon the boiler efficiency; a lower temperature gives a higher boiler efficiency.

A relatively low temperature is also required to protect the flue gas treatment system, which will have a maximum allowable inlet temperature. Normally the temperature at the inlet of the flue gas treatment system is around 180 - 190 °C.

It is essential to keep the temperature of the flue gas within the prescribed interval preferably without requiring water for quenching (cooling of the flue gas with water-spray). Often the economiser is designed in sections that can be by-passed to allow control of the flue gas temperature. If the temperature is too high, it can cause damage to downstream equipment e.g., filter bags or scrubbers. If the temperature falls under minimum allowable temperature, this will cause condensation of acid gasses in the flue gas treatment system, which may cause corrosion.

Boiler feed water is pumped through the economizer section (see Figure 5) of the boiler for heating of the water before going to the steam drum. The flue gas is thereby cooled in the economiser. Other possibilities for controlling the flue gas temperature are to preheat combustion air, either directly by the flue gases (which cools the flue gas) or utilizing the feed water from a section of the economizer as heating media.

Control of the flue gas temperature must be further analysed and decided on in cooperation with the preferred supplier in the basic design phase in order to assess their proposals and formulate appropriate requirements for the supplier. The final solution and detailed design responsibility will rest with the supplier in order fit the specific requirements of their technologies.

### 3.2.4 Combustion air supply

Combustion air is supplied via fans and ducts normally as primary and secondary air. Primary air is supplied under the grate while the secondary air is supplied in the furnace/first radiation pass.
The combustion air may be preheated by means of boiler feed-water, steam or in some cases by heat exchange to flue gases.

The primary combustion air is taken from the waste bunker area in order to achieve odour control of the bunker area by maintaining a pressure slightly below atmosphere pressure.

The design of the combustion air system and its control is a highly integrated and complex system that relies on the correct supply of combustion air at the correct location of the combustion to achieve desired process conditions. Each technology provider has their unique designs for achieving good combustion control so this part of the design will be very much driven by them.

## 3.3 Turbine/generator

The configuration of a turbine/generator system depends on the following key factors:

- Whether the waste-to-energy plant shall deliver heat for a district heating system.
- Whether steam is required for process (industry) located in the vicinity of the waste-to-energy plant. (Close enough for reasonable construction of steam and condensate pipelines between the waste-to-energy plant and the industry plant).

Overall, there are three types of turbines:

- Condensing turbine: If no heat or steam shall be utilized from the WtE plant the heat from the steam/condensate from the outlet of the turbine will be cooled off in an air-cooled condenser or be cooled by seawater over a heat-exchanger. This approach is used where the plant will only generate electricity.
- Backpressure turbine: The steam enters at boiler pressure and after expansion in the turbine to some intermediate pressure between inlet and exhaust, some steam is extracted for process purpose and the remaining steam is expanding in the turbine to condenser pressure. Extracting steam from the turbine incurs a proportionate loss of power and it is desirable to optimise this in order to maximise the overall efficiency of the plant. The cooling of the steam for condensation is by district heating water for utilizing the remaining heat. Both power and heat can be recovered.
- Extraction condensing turbine: Steam enters at boiler pressure and after its expansion to some chosen intermediate pressure a part of the steam is exhausted into a pipe which leads to a process plant or for district heating. The remaining steam can be delivered to a low-pressure steam application or alternatively cooled off in air-cooled or seawater cooled condenser. Both power and heat can be recovered.

The final choice of the configuration of the turbine depends on the above mentioned two factors. If a major part of the heat shall be utilized for district heating the turbine should be of the back-pressure type.

There are a number of reputable turbine suppliers that have a proven track record in providing turbines to WtE plants. In general turbines with higher efficiencies are more expensive, so one has to evaluate the cost-benefit for spending additional on a more expensive turbine with higher efficiency.

The desired steam characteristics will also influence the final design of the turbine as well as the subsequent plant consumers of steam that would be supplied by turbine bleeds. The selection of condenser and its cooling media will as well influence the design of the turbine.

The generator will produce electricity at 11kV which will then require stepping up to a higher transportation voltage depending on the surrounding grid infrastructure.

## 3.4 Condenser

If the heat shall be utilized for district heating typically one or two tube heat exchangers are installed for condensation. The tube heat exchangers are installed below the turbine to use gravity for bringing the steam/condensate into the heat exchangers. The cold district heating water in fed to the heat exchangers and thereby the low-pressure steam is cooled and condensates. The district heating water is gradually heated through the heat exchangers and when it leaves the heat exchangers, it has the required temperature for district heating.

If the heat (or part of the heat) from a WtE plant will not be utilized a condenser with cooling by air or seawater may be implemented. The purpose of the condenser is to remove the energy from the exhaust steam after the turbine. The efficiency of steam cycle is affected by the cooling, so that the efficiency in terms of power produced increases with lower cooling temperature. There are basically two options to cool the condenser, with ambient air or sea water. The temperature levels of both are affected by the climatic conditions over a year.

Sea water provides a relatively stable temperature over the year, a generally somewhat cooler the deeper the inlet of the suction pipe is placed. Ambient air provides a much more fluctuating source of cooling, and at a higher temperature level. The maximum temperatures of both sources will occur in the summer months when the amount of waste is peaking, and the need for plant capacity is at its highest. In Iceland this should not be a significant problem due to relative low summer temperatures.

**Air Cooled Condenser (ACC)**

In an air-cooled condenser (ACC) the steam is condensed inside air-cooled finned tubes. The cool ambient air flow outside the finned tubes and removes the heat. The exhaust steam from the turbine flows into the ACC where condensation occurs. The condensate is pumped back to the boiler to close the loop. Since the steam coming from the turbine is at a low pressure, the ACC works at a pressure close to vacuum.

An ACC should be designed for the maximum ambient temperature in order not to have to reduce boiler load during summer season. If the outlet temperature and pressure of the turbine/generator-set exhaust increase too much it will not only loose efficiency it will also loose capacity as the steam cannot condense fully at the nominal flow.

The Terminal Temperature Difference (TTD) which is the temperature difference between the exhaust steam and the cooling media is normally relatively high on an air/steam heat exchanger due to the relatively low heat transfer rate with dry air and to avoid extremely large heat exchange surfaces. Common values are between 20 and 25ºC.

**Seawater Cooled Condenser**

A seawater cooled condenser also needs to be designed for the peak temperature of the sea water. The heat transfer rate to water is much better than to air, which is why the TTD can be kept much lower for the seawater cooled condenser than for an ACC. A reasonable TTD level, without creating too large heat transfer surfaces is around of 1.5 - 2ºC.

A seawater intake filter shall be installed for filtering seaweed and other organic matter as otherwise it will come into the heat exchanger for the condensate.

Seawater intakes are proven technology and when designing the seawater cooling system, the potential corrosion by salt in the seawater is taken into account.

**Water Cooled Condenser (Cooling Tower)**
It is possible to install wet cooling towers. Due to the low temperatures in Iceland during the winters a design based on a wet cooling tower is not feasible.

If for example the heat can be utilized for district heating all year, except during the summer, but it is still required to incinerate waste at full capacity during the summer, an air-cooled condenser, a seawater cooled condenser or a water-cooled condenser is required.

## 3.5 Flue gas treatment system

### 3.5.1 Requirements for flue gas treatment systems

The actual emissions from the stack in terms of mg/Nm³ depends on choice of flue gas treatment system. In overall, there are three different types: dry, semi-dry or wet (see sections below). Under European Union legislation the maximum allowable emission levels are defined in Directive 2010/75/EU on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) and BREF (Best available technique Reference documents) 2019. According to these documents the maximum limits are stated in the following Table 1.

| | **Directive 2010/75/EU BREF 2019** |
|---|---|
| **Substance** | **24-hour average** |
| Total dust | 5 |
| Hydrogen chloride (HCl) | 6 |
| Hydrogen fluoride (HF) | 1 |
| Sulphur dioxide ($SO_2$) | 30 |
| Nitric oxides (NOx) with SNCR | 120 |
| Gaseous and vaporous organic substances, expressed as TOC | 10 |
| Carbon monoxide (CO) | 50 |
| | **Measured average** |
| Mercury and its compounds, expressed as Hg | 0,02 |
| Cadmium + thallium | 0,02 |
| Sum other metals (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) | 0,3 |
| Dioxins and furans (ng TEQ/Nm³) | 0,06 |
| Ammonia (NH3) | 10 |

*Table 1. Operational flue gas emission levels for releases to air (in mg/Nm3 or as stated). Data is standardized at 11 % oxygen, dry gas, 273 K and 101,3 kPa*

Normally, in EU, the final emission levels for the plant will be decided by the local regulatory authority, including consideration of an Environmental Impact Assessment (EIA) study to allow very specific local factors to be considered. Therefore, the EIA report will generally be finalized based upon initial emission assumptions, and before making the final specifications for the flue gas treatment systems as the design of the flue gas treatment system may be affected by the precise local requirements. Having said this, with the new EU BREF emission levels already set low, the majority of projects do not finally incorporate lower emission requirements.

Based on the limit values in the EIA report the plant owner may choose to set more stringent requirements on the supplier as operational guarantees, in order to have a safety margin at operation.

The pollutants in the flue gas which must be removed to get below the emission-levels are

- Particulate matter
- Acid gasses
- Acid hydrogen chloride (HCL)
- Caustic sulphur dioxide ($SO_2$)
- Hydrogen fluoride (HF)
- Nitrogen oxides (as $NO_2$)
- Carbon monoxide (CO)
- Ammonia and ammonium ($NH_3$)
- Heavy metals (including mercury)
- Dioxins/furans (PCDD/F)

### 3.5.2 Dry flue gas treatment systems

The dry systems are based on that dry reagents consisting of dry calcium hydroxide or sodium bicarbonate and activated carbon are injected in controlled manner in a reactor into the flue gasses.

The reagents react with the flue gasses and the reaction products and the excess reagents are removed in a bag filter. The reagents can also be removed in an electrostatic precipitator in combination with a bag filter.

On the surface of the bags there will be a layer of reagents and reaction products which will facilitate further reaction of the hazardous gasses and the reagents. A part of the reaction products is re-introduced into the reactor to utilize as much of the reagent as possible.

Activated carbon is added at a relatively low dose rate to capture mercury and dioxins and comply with the emission levels set.

### 3.5.3 Semidry flue gas treatment systems

The semi-dry flue gas treatment system is very similar to the dry flue gas treatment system. The difference is that instead of dry calcium hydroxide, a lime water solution is injected into the reactor. Beside from this the processes are the same.

The injection of the suspension improves the distribution of the absorption material in the flue gas flow. This means that the specific surface of the lime is increased and flue gas cleaning can proceed faster and with higher efficiency. The calcium hydroxide consumption of the semidry process is usually lower compared to the dry process.

The semi-dry system is shown in the flowsheet in section 9.

### 3.5.4 Wet systems

A wet flue gas cleaning system consist of an electrostatic precipitator followed by a scrubbing system. In the 2 to 3 field electrostatic precipitator in the region of 99% of the dust is removed. A large percentage of the heavy metals are also removed in the electrostatic precipitator with the dust. After the precipitator the flue gas is led to the scrubbing system.

The wet scrubbing system typically consist of

- a quench in which the gasses are cooled and saturated
- an acid scrubber
- neutral scrubber, most often with caustic soda, for sulphur dioxide precipitation
- There will be a water consumption for the wet flue gas treatment system and a discharge of wastewater, which must be treated in a wastewater treatment plant or alternatively evaporated, but this comes with an investment and costs and use of energy for evaporation.

### Comparison of flue gas treatment systems

An overall relative comparison of flue gas treatment systems is shown in Table 2. The table shows that a wet flue gas treatment system is more costly, but the operation and maintenance costs are lower. Contrary a dry system is cheaper, but the operations costs are higher among other due to higher consumption of reagents.

| | Dry | Semi-dry | Wet |
|---|---|---|---|
| Efficiency | Low | Medium | High |
| CAPEX | Low | Medium | High |
| OPEX | High | Medium | Low |

*Table 2. Overall comparison of flue gas treatment systems.*

## 3.5.5 Nitrogen oxide precipitation

Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR)

The reduction method of $NO_X$ is based on a 25% liquid ammonia $NH_3$ (25% ammonia dissolved in water) or urea (carbon acid diamide $(NH_2)_2CO$) in an aqueous solution is sprayed into the furnace/first pass radiation part of the boiler in a temperature range between 850°C and 1000°C. The ammonia reacts with a proportion of nitrogen oxide $NO_x$ to produce water and nitrogen, but its effectiveness is not complete due to conditions in this region of the boiler. Good design and operation are required to optimise SNCR systems and ensure that Ammonia slip (stack emission) is within acceptable levels. Due to the high temperatures in the boiler a catalyst is not required for the process.

Typically, SNCR is utilized for WtE plants with smaller capacity, mainly due to the lower CAPEX for this solution, compared to SCR. This system can be augmented with flue gas recirculation which decreases the amount of excess oxygen and reduce the formation of thermal $NO_x$, however flue gas recirculation is susceptible to corrosion and therefore material selection and design is critical.

Selective Catalytic Reduction (SCR)

SCR operates on the same principles as SNCR but at lower temperatures with the use of a catalyst to accelerate the reaction. The reaction between the $NO_X$ and ammonia occurs at the catalytic surface. The catalyst can be sensitive to other pollutants.

The SCR is placed after the first FGT stages and therefore it is required to reheat the flue gas to 180°C to 300°C which is the optimal temperature range for the process. The plant efficiency decreases due to the required reheat.

The SCR process achieves a higher reduction in $NO_x$ compared to SNCR. The ammonia consumption is close to the theoretically optimal ratios, and the ammonia slip is very low.

In general $NO_x$ emissions are significantly lower compared to SNCR, but it is also possible to fulfil the BREF requirements with SNCR. The CAPEX of SCR is higher than of SNCR.

### 3.5.6 Induced Draft Fan

The Induced Draft (ID) fan will draw flue gases from the furnace through the rest of the gas path and flue gas treatment system to the stack. Typically, the induced draft fan is balanced with the primary and secondary combustion air fans to ensure the boiler maintains negative pressure within prescribed limits.

Boiler fouling and pressure differential across the bag filter (if installed) will influence the load on the ID fan when in operation and it is often configured with an emergency ID fan in the event of site power loss with the emergency ID fan running off the emergency diesel generator to safely shut the boiler down.

### 3.5.7 Stack & CEMS

After the Induced Draft fan the flue gases will pass to atmosphere through the stack. In the ductwork between fan and stack, or in in the stack itself, a Continuous Emissions Monitoring System (CEMS) is installed.

The CEMS continuously monitor emission parameters detailed in the operating permit and is often linked to reagent dosing control loops in the FGT system to ensure the plant operates within prescribed emission limits.

The flue gas is discharged to the atmosphere via the stack which will have a pre-determined height based on dispersion modelling of emissions from the stack. Stack heights are also often a matter for debate due to their height and consequent visibility.

## 3.6 Ash handling system

The ash handling systems for a waste incineration plant shall handle the following two fractions:

- Fly ash with Air Pollution Control Residue (APCR)
- Incinerator Bottom Ash (IBA)

### 3.6.1 Fly ash

Fly ash is the lighter fraction of the ash which is transported by the flue gases and ends up on superheaters, membrane walls etc, eventually dropping down into the hoppers for the boiler to the ash conveying system.

The fly ash drops down into hoppers from the vertical radiation passes and from under the convection passes (including the economisers). The fly ash will often be combined with Air Pollution Control Residue (APCR) which are residues from reactions with reagents such as lime and activated coal.

Fly ash/APCR contains relatively high amounts of heavy metals and other toxic matters. Fly ash is therefore a hazardous waste and cannot be placed directly into landfills; most often the fly

ash/APCR is either treated to be "stabilised"[1] of may be placed underground in old mines. The disposal possibilities for Fly ash/APCR in Iceland must be investigated. If it is not possible to dispose the Fly ash/APCR in Iceland it could be exported for disposal in old mines in Norway or Germany, similar to what are done for many other incinerator plants in Europe.

Typical for 1 kg of waste around 0,01-0,03 kg fly ash will be generated.

### 3.6.2 Incinerator Bottom Ash

The slag (Incinerator Bottom Ash, IBA) that is discharged from the grate is collected in a bottom ash discharger that normally conveys the slag to a slag bunker or simply drops it into a pile on a concrete floor from where it can be taken away by a front loader.

The bottom ash discharger is normally a wet type meaning it is constantly filled with water to keep a certain level (see Figure 6). The water cools the slag and serves as an air seal for the furnace, preventing flue-gas emissions through the discharger and uncontrolled air ingress to the furnace.

Another type of bottom as discharger is without water. The air seal is created by piling up slag in the inlet section. This has several disadvantages and only a few plants have this type; there is no cooling of the slag and therefore very hot slag must be conveyed, which causes several challenges. It is also difficult to maintain an air seal.

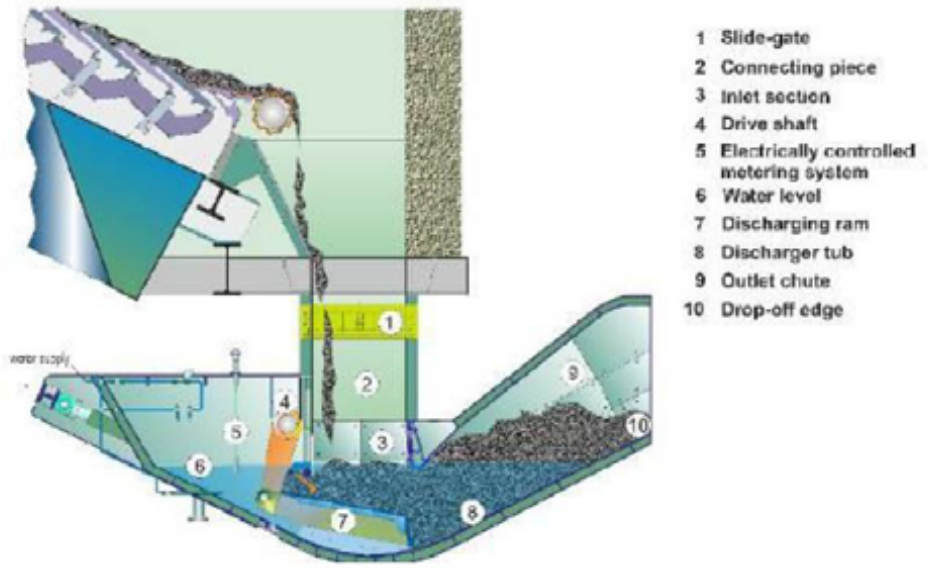



*Figure 6. Wet bottom ash discharger*

[1] APC is very alkaline. It is sometimes treated at hazardous waste treatment plants by mixing with other acidic wastes to neutralise this with precipitation of the main hazardous substances. The objective of such plants is to produce a reasonably clean effluent, and a stabilised, low leaching and concentrated solid residue that effectively demobilises the toxic fractions

IBA is typically classified as inert and non-reactive and can therefore be disposed of at a landfill or further processed and recycled. In Denmark all slag is proceed and recycled mainly to be used as road base.

In some cases, part of the boiler ash, for example from an empty radiation pass or fly ash from the economiser section is directed to the slag conveyor system. However, such practice could increase the content of heavy metals in the slag. So, at least if the slag is to be processed for reuse, these fractions would better be directed to Air Pollution Control Residue (APCR) and fly ash.

The amount of slag depends on the waste composition and the burnout rate of the waste. Typical for 1 kg of waste 0,15-0,2 kg of bottom ash will be generated.

**IBA Processing**

Wet bottom ash includes 15-20% water and incombustible parts such as ceramics, glass, sand, soil, metals, salts and minerals. The particle size varies a lot from around 1 mm to the biggest metal parts included in the waste (for example metal bars).

Depending on the sorting of the waste amounts of metals will be included in the slag. Normally ferrous metals will be separated from the slag by a magnet separator and non-ferrous metals (primarily aluminium) will be separated by an eddie current separator.

Improving and optimising the eddy current separators is a continuous process resulting in better recovery rates of non-ferrous metals.

Before the bottom ash can be used for road base it must be stored in an area for drying and maturing period of 4-6 weeks where the PH and leaching ability is lowered. Afterwards the bulk material for construction purposes needs a period of minimum 12 weeks for carbonisation before it can be utilised. Therefore, an intermediate storage area between boiler and processing is required. In Denmark all IBA is utilized but in some other countries a part is utilized, and a part is placed in landfill. The experience in Denmark is that the income from metals in the IBA can circa cover the costs for processing the IBA.

The recycling of bottom ash and extracted metals can provide a very significant contribution to weight-based recycling rates.

## 3.7 Electrical system

A state-of-the-art configuration for the electrical system of a WtE plant will consist of a high voltage switch gear with the turbine connected to a step-up transformer to export to the grid and conversely to accept power from the grid and distribute to transformers for plant equipment. There will also be a low voltage switch gear with distribution boards, a Motor Control Center and an Uninterruptible Power Supply system.

The plant may have island mode capabilities, which enables the plant to keep running if there is an overall power cut in the overall grid system. Island mode is normally a short-term event to provide parasitic load until the grid connection is recovered, even if it in principle can run in Island mode for long periods. However, even if the plant has Island mode capability, there will

be instances when Island mode fails to initiate when grid connection is lost, therefore there need to be an emergency or stand-by power supply, normally a stand-by diesel generator, to ensure the plant is shut down safely, if the island mode fails. Even if a power-cut is very seldom a stand-by diesel generator is required as otherwise a shut-down will be uncontrolled and be a major risk. Critical plant, for example, combustion fans, compressors and feedwater pumps will need such emergency supply.

The diesel generator may also be designed to enable a black start (without power from the grid) of the plant. With that capability combined with the turbine/generator-set capability of Island mode operation the plant will be independent of failures in the power grid.

A single line diagram will be developed in the basic design phase for the project and the requirements on island mode capabilities and emergency diesel sizing and functionality analysed. Final design of the electrical system will be done by the supplier.

## 3.8 Distributed Control System

Distributed Control System (DCS) consist of plant instrumentation and a control system that tie together the instrumentation and the process control and monitoring.

Process control is achieved by means of programmable logic controllers (PLC's) that communicate through the DCS-system. Safety functions are collected in safety-PLC's. The DCS also contain systems for historical data storage, reporting and process analysis.

Most often the DCS are supplied by one of the major suppliers such as ABB, Siemens, Valmet or Honeywell. These suppliers can deliver all items and scope for the complete DCS and will also undertake part of the detailed engineering for the systems. Programming of the systems can be done by the suppliers or external consultants.

Remote instruments, actuators for valves, pumps and other equipment which shall be monitored in the DCS are connected via a BUS (data highway) communicating system to the DCS. The BUS systems are long wires distributed in the plant and each item, which shall be monitored, is connected to the BUS via a module.

The suppliers are constantly improving and developing their systems and therefore the systems are getting more advanced through the years. It is even possible to monitor a plant via the internet from a remote location outside the plant in the same detail as in the control room. Systems can also be set to give remote alarms if additional personnel are required to attend e.g in emergencies.

### 3.8.1 Advanced control systems for combustion control

In general, an advanced combustion control system is a key part of making it possible to incinerate waste with large variations in the composition of the waste.

The waste varies in physical properties in terms of dimensions and weight of each waste part as well as in humidity and net calorific value (value based on no humidity).

Mixing of waste in the bunker using the crane can help improve waste consistency, but there will still be variations, and some remain significant.

The advanced control systems control the incineration of the waste based on variables like flowrate of waste to the grate, amount of primary and secondary air in different zones on the grate, preheating of combustions air, movement of the sections of the grate etc. The control system is based of algorithms incorporated into a software program based on measurements from the combustion such as:

- Pressure drops for primary air in different zones on the grate
- Temperatures in the furnace at different positions
- Flue gas temperatures at different positions
- Temperature distribution over the grate surface by optic or infrared measurement systems
- Steam temperature and pressure
- CO, $O_2$, $CO_2$ and/or $H_2O$ measurements and other emission data

The main factors to control are

- Adequate flow of waste for incineration (often this is maximised for incineration; as much waste as possible)
- Efficient burn-out of the waste (so that there is no unburnt waste in the bottom ash)
- Fulfilling the 2 second requirement above 850°C in the furnace
- Not exceeding maximum allowable temperature in the boiler
- Correct steam parameters for steam to the turbine
- Flue gas temperature for flue gas to the flue gas treatment system within set limits

## 3.9 Carbon capture for a WtE plant

Carbon capture for a WtE plant is not a developed technology, and there are very few plants with carbon capture, and they are mainly pilot plants. There are some plants in Scandinavia with plans for carbon capture, but these projects are currently awaiting funding from among other EU. In case carbon capture should be included for a WtE plant in Iceland, this can be included with some modification of the flue-gas system.

# 4 Energy considerations

## 4.1 R1 compliance (EU Directive)

The EU Waste Framework Directive 2008/98/EC (WfD) includes a requirement for fulfilling the R1 criteria so that the plant can be considered a "recovery" rather than "disposal" method.

It sets a performance threshold for WtE energy efficiency of equal to or greater than 0,65 for those incineration plants which are in operation after 31 December 2008. The formula for calculating the energy efficiency value is:

$$Energy\ efficiency = (Ep - (Ef + Ei))/(0,97 \times (Ew + Ef))$$

In which:

- Ep means annual energy produced as heat or electricity. It is calculated with energy in the form of electricity being multiplied by 2,6 and heat produced for commercial use multiplied by 1,1 (GJ/year).
- Ef means annual energy input to the system from fuels contributing to the production of steam (GJ/year).
- Ew means annual energy contained in the treated waste calculated using the net calorific value of the waste (GJ/year)
- Ei means annual energy imported excluding Ew and Ef (GJ/year)
- 0,97 is a factor accounting for energy losses due to bottom ash and radiation.

If the incineration plant has a turbine/generator and heat export the R1 criteria will normally be fulfilled.

Based on experience from plants in operation without heat export, the Energy Efficiency has also been calculated to be above 0,65 based on power production only where a fairly efficient turbine-generator is used.

If the incineration plant has only heat production and all the heat is utilized it should also be possible to fulfil the R1 criteria, but this must be evaluated further if this is a solution which shall be considered as it is dependent upon the heat offtake.

## 4.2 Current major energy production and utilization in Iceland

### 4.2.1 Energy production

There is a very large production of non-fossil energy in Iceland.

The installed capacity of hydroelectric generation is around 2,000 MWe. Hydro power generates 76% of Iceland's electricity production[2].

The installed generation capacity of geothermal power plants total was 665 MWe in 2013. Geothermal heat generates 24% of Iceland's electricity production.

The utilization of geothermal energy is shown in Figure 7.

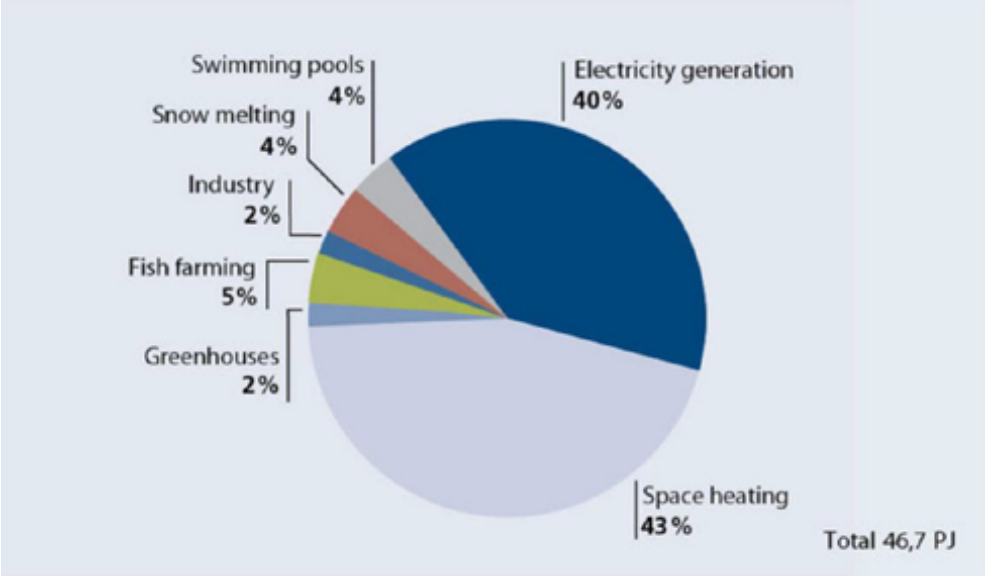



*Figure 7. Utilization of geothermal energy (Source: nea.is).*

Due to the high capacity of heat and power production in Iceland that produces cheap fossil free energy, the demand for heat and power is not the same as in many other counties which have implemented WtE.

### 4.2.2 Power (electricity)

The aluminium industry uses 71% of the produced electricity. The power production in Iceland was in 2020 around 19,000 GWh. For comparison the possible net power production from a waste incineration plant with a capacity of 16.3 tonnes per hours will have a net max power production of 80 GWh, which would be around 0.4% of the total power production.

[2] Source: National Energy Authority, nea.is

### 4.2.3 Heat

90% of the households in Iceland are heated with geothermal energy. 9% is heated with electricity and just under 1% with oil – mostly in the most rural areas and small island communities[3]. The development in space heating by energy source is shown in Figure 8. The total geothermal energy production was in 2020 173.005 TJ. For comparison the possible net power production from a waste incineration plant (with turbine) with a capacity of 16.3 tonnes per hours will have a net max heat production of 800 TJ, which would be around 0.5% of the total heat production.

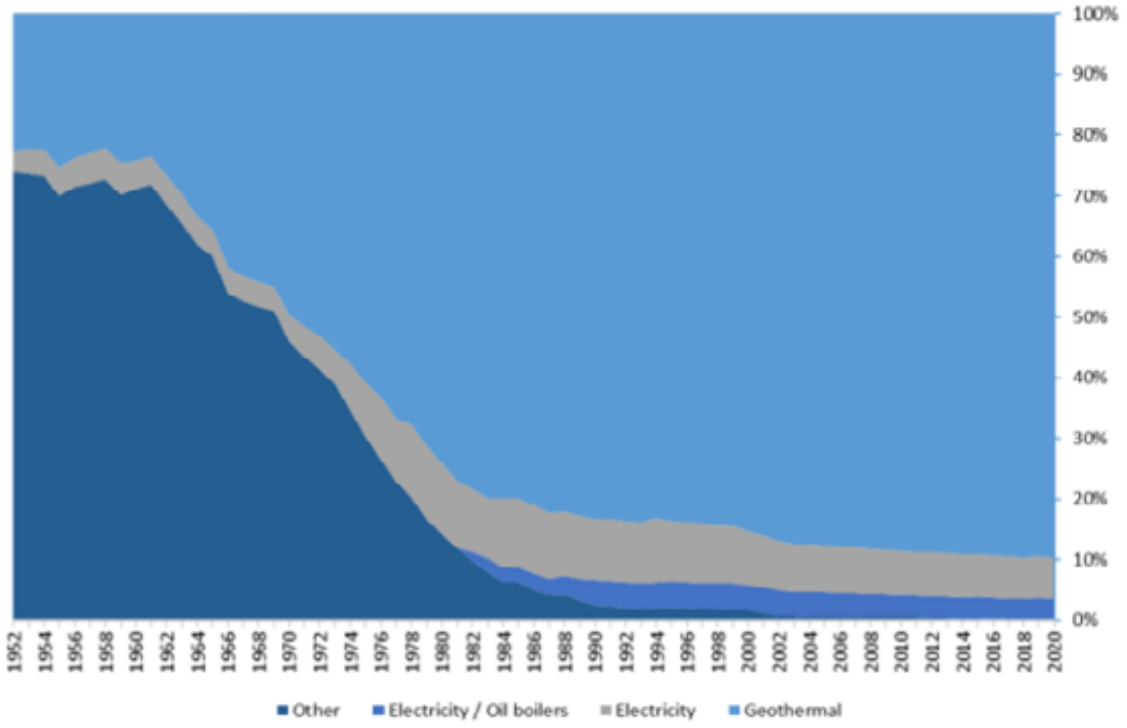



*Figure 8. Development in space heating by energy production (Source: orkustofnun.is).*

## 4.3 Utilisation of energy from WtE in other European countries

In the Scandinavian countries, where the district heating networks are very well distributed, especially in the larger cities, all waste incineration plants have a turbine and are connected to a district heating system for utilizing the heat. In some cases, part of the steam is utilized for process industry. A few very small plants do not have a turbine installed and all the heat from the incineration is then utilized for district heating.

The same is valid for other western European countries, but generally speaking the further south in Europe, the less is the heat utilized for district heating.

Through the last 15 years a very high number of waste incineration plants have been constructed in the UK. Use of district heating in UK is very limited. Therefore, most UK waste incineration plants have a steam turbine for producing electricity and either the heat is not

[3] Source: Euroheat & Power, euroheat.org

utilized, or a part of the steam is utilized in process industry. It is however a requirement for all new UK WtE plants to be designed to be "CHP ready", so that heat might be utilised in the event that this becomes viable. In south western European countries, there is a similarly low use of heat, and a focus upon power supply.

The advantage of utilizing the energy from a WtE plant is that the sale of the energy in terms of power, heat for district heating or as process heat/steam will contribute to the economy of the plant. Other income for the plant is the gate fee, which suppliers of waste must pay to the plant per ton of waste delivered. If there are no income from energy sale the gate fee must be correspondingly higher to cover the costs for CAPEX and OPEX for the plant.

Typically, another advantage is that waste incineration lowers the $CO_2$ emissions compared to a landfill, and by displacing other forms of energy production that may be more $CO_2$ intensive. For Iceland the situation is different since there is a very high degree of fossil free heat and power available, and the supply of heat and power from WtE will therefore not replace energy based on fossil fuels. It will however still displace landfill and provide a means to recover ashes and metals from the residues, and energy value from the residual waste.

There are no real disadvantages in relation to including energy recovery systems for a WtE plant, and it is not critical in terms of stability, that a WtE plant is a contributor to the overall energy system.

In the case of Iceland, where the existing heat and power production is very large, the supply of heat and power will be easily covered in case the WtE plant is out of operation.

Normally a WtE plant contributes to the overall energy system as base load. If there is plenty of waste available, the plant will run on full load and produce 100% power. If the offtake of heat is not sufficient to take 100% heat (typically during summer season) an air-cooled condenser can be installed to cool of the excessive heat in such periods. Alternatively, if it possible to store the waste, the plant can run on reduced load during summer periods where the demand for heat is low and run at full load the rest of the year.

## 4.4 Options for utilizing power and heat from a WtE plant in Iceland

### 4.4.1 WtE plant own energy consumption

The power from a WtE plant can among other be utilized for covering own power consumption at the plant. As a rule of thumb, the plant own power consumption is around 70 kWh per ton incinerated waste, this corresponds to 9 GWh or around 10% of the total power production at the plant.

Heat from the WtE plant can be utilized as steam for heating of tanks, pipes, filters etc. as well as for space heating of office buildings and plant buildings where required.

### 4.4.2 Power sale

Whether power sale from the WtE plant is beneficial depends on a large extent on whether the sales price can compete with the overall Icelandic market price for power generated by the existing power generation facilities (hydro and geothermal power). If the sales price from the WtE plant cannot compete it depends on any possible governmental economical support for utilizing the power. It is of course a requirement that the plant must be connected to the overall electrical grid for export of power, and when choosing the location for the plant possibility for electrical connection must be considered also.

### 4.4.3 Heat sale

Depending on the location of the incineration plant it can be connected to the district heating system for utilizing the heat from the incineration. Whether this is economical beneficial for the owners of a future plant depends on several factors, mainly:

- Costs for connection to overall district heating network, which among other depends on the distance to the overall heating network and the conditions for the pipe routing.
- Any possible governmental economical support for utilizing heat from a WtE plant is probably required to make it economical beneficial to utilize the heat, since the alternative is geothermal heat which is assumed to be available at a low price for the consumer.
- If heat sale without power production and process steam sale is an attractive solution, it should be further investigated whether implementing a hot water boiler (instead of a steam boiler) result in a better business case due to lower costs of the boiler and related equipment.

### 4.4.4 Process steam sale

As stated in section 3.3 it is possible to take out a part of the steam from a backpressure turbine for utilizing for process steam. The steam should preferably be superheated (compared to saturated steam) to have less condensation in the steam pipes. It is required to return the condensate to the condensate tank to be able to control the boiler water and therefore less condensate is desirable.

As a very general consideration the steam pipe should not be longer than some hundred meters. If the pipe is too long heating of the steam pipe at start up can take substantial long time and the amounts of condensate at cold pipe can also be considerable. The heat loss at long pipe run is also something that must be considered.

In general, the condensate pipe shall be drained of at about 50 meters intervals. The condensate can be drained by gravity (by inclination of the condensate pipe) or pumped back to the condensate tank. If the topography for the pipe routing is so that the condensate can be drained by gravity costs for expensive condensate pump stations can be avoided.

If the location of the plant is in the vicinity of potential off-takers, process steam can be utilized in any process that require superheated steam. The steam shall be utilized through a heat exchanger, so that the steam is not in any contact with the process. Otherwise, the condensate

will be contaminated, and the condensate cannot fulfil the requirements for the boiler. The pressure from the bleed will typically be in the range from 5 to 20 bar.

Another alternative is to install a back-pressure turbine with a bleed prepared for possible steam off takers in the future. This requires however that the location of the WtE plant will be where it is possible for process industry or similar to establish in the future.

## 4.5 Non utilization of power and/or heat for DH

If the heat is not utilized for process steam or district heating the heat from the steam leaving the turbine must be condensed in a cooler, cooled by air or seawater as described in section 3.4. If the power is not utilized either, the R1 criteria will not be fulfilled, and the plant then classified as a "disposal" operation. It has been informed that it is a requirement that the R1 criteria shall be fulfilled.

It is possible to utilize all steam generated in the boiler for process steam at a certain pressure, but in such case, it must be investigated whether the R1 criteria is fulfilled.

The cooling of the steam for condensation must be ensured in all cases, so that all condensate returns to the boiler. One option is to utilize the steam for multiple steam offtakers for a number of factories/consumers to ensure offtake of a large part of the process steam.

# 5 Technical solutions for a WtE plant in Iceland

Based on section 3 and the informed predicted future annual waste amounts and calorific value is in the following described recommended technical solutions for a WtE plant. Since the possibility to sell power and heat is presently unknown there are several open options in relation to energy recovery. If the technology mentioned in section 3, is not mentioned in the flowing the technical solutions should be according to section 3.

## 5.1 One or two incineration lines

The capacity of a plant is typically dimensioned based on an assumption of 8,000 operation hours per year. There are 8,760 hours per year meaning the days (24 hours) the plant is out of operation is 31. A plant requires a yearly outage for overhaul and maintenance and the required period is typically 21 days (including in this is time for the plant to cool down and start up). This leaves 10 days for unforeseen/unscheduled stops of the plant. The aim is to have as few stops as possible due to the wear plant stops causes on especially the turbine. Software for performing scheduled maintenance in due time is getting more advanced and the plants are utilizing the software to a higher extent which causes the unscheduled stops to be fewer, but there are many factors affecting this as for example quality of the installed equipment and management of the plant.

Experience is that in general it is difficult and demanding to obtain much higher operating time than 8,000 hours per year. 8,200 hours is possible, but it requires many factors to go the right way.

Some WtE plants has one 100% (waste throughput capacity) incineration line and others have two or more incineration lines. Several plants have two 50% incineration lines. With a two-line plant one line should be taken out for overhaul at a time, making it possible to incinerate waste on the other line during overhaul. This will make the costs for the overhaul higher for a two-line plant more expensive compared to a plant based on a single line. Dimensioning of a two-line plant should also be based on 8,000 yearly operation hours per line.

There are pros and cons for both solutions, but for an island like Iceland there are some specific issues to consider, since there are no other incineration plants nearby which can incinerate the waste, if the WtE plant is out of operation, for example for overhaul.

The pros and cons for one or two incineration lines are stated in below Table 3. Based on the lower CAPEX and OPEX for a plant with only one incineration line and due to one 50% incineration line cannot incinerate all incoming waste (90,000 ton/year corresponds to 10.3 ton/h), it is initially recommended to have one incineration line.

See section 8 Capacity diagram regarding required capacity of the incineration line.

Whether one or two incineration lines should be the final solution should be evaluated further since it has high influence on the economy and operation of the WtE plant. Also, among other factors, if it is not acceptable to store waste during standstill (if the solution is one incineration line) then a two-line solution should be considered.

| | Pros | Cons |
|---|---|---|
| **One incineration line at 16.3 ton/h** | Lower CAPEX and OPEX. Smaller footprint. | Required to store waste when the line is out of operation for overhaul etc. (The waste can be bailed for avoiding composting). |
| **Two incineration lines at 8.2 ton/h each** | Redundancy, when one line is down the other can incinerate (but one line of 8.2 ton/h cannot incinerate all incoming waste). | › Higher CAPEX and OPEX.<br>› Larger footprint.<br>› Incineration lines with smaller capacity will be more difficult to control, due to changes in the waste composition will have higher influence on the combustion. |

*Table 3. Pros and cons for one or two incineration lines.*

If a solution with two incineration lines is chosen, we assess at this point that it would be favourable that the plant has one common turbine (sized to receive steam from both incineration lines at the same time). This will result in lower CAPEX and OPEX.

## 5.2 Grate/boiler

We recommend a horizontal boiler section for hanging superheaters and a horizontal or vertical economiser tower. As stated in section 3.2.2 a combination of a horizontal and a vertical boiler has partly some of the same advantages as a horizontal boiler and can also be a solution if there is a wish to have lower footprint and/or CAPEX.

The type of grate will largely depend on that offered by the grate/boiler supplier and must be evaluated regarding whether it is fit for the purpose among other based on references. Based on the informed calorific value and characterisation the grate could be air-cooled or water-cooled. A final decision for proposal must be taken by the suppliers depending on how their technology fits with the waste to be incinerated.

Based upon the importance for availability it is our current view that conservative design assumptions should be used for the steam system. Therefore, we recommend that steam parameters should be not be higher than 40 bara and 400°C to ensure long lifetime of the boiler and for lowering the requirements for repair and replacements, which is relatively more difficult to plan for in Iceland and more expensive, compared to for example the Scandinavian countries.

The slag pusher system for the boiler should be the wet type, due to the problems with the dry type stated in section 3.6.2.

## 5.3 Energy recovery

Based on a capacity of 16.3 t/h (which is based on 130,000 tpa) and a calorific value of 10 MJ/kg rough figures for output are that at 100% load generated electrical power will be 10 MW

and thermal heat will be 28 MW. The condenser system can be engineered so that the temperature of the hot district heating water is according to requirement, but typically the temperature is 85-95°C. The actual generated power and heat will among other depend on the actual boiler and turbine as well as the chosen cooling for the condensate. (Rule of thumb: Incineration of 1 ton waste gives 2 MWh heat and 2/3 MWh power).

The turbine/generator should be of a robust design with good references that demonstrate low downtime and long periods between maintenance and overhaul. Due to the remote location of Iceland, the costs for maintenance and overhaul will be relatively high and the response time for the supplier relatively long in case of unforeseen problems.

## 5.4 Condenser

With reference to section 3.4.

Whether a condenser based on cooling with district heating shall be utilized or alternatively cooling by air or seawater depends on the final decision regarding utilizing the heat from the WtE plant.

If an ACC is utilized and based on a maximum ambient air temperature of 15°C in Iceland the condensing temperature will be 35-40ºC.

Maximum seawater temperature at Reykjavik is 12°C. With the assumption that the temperature difference between cooling seawater inlet and the outlet can be set at 10ºC (to a large extent depending on the allowable outlet temperatures, that will be stated in the Environmental Impact Assessment report) the condensing temperature at highest seawater temperature (July/August) will be around 22ºC. Whether design shall be based on sea water cooled condenser depends among other on the distance from plant location to the sea, due to the costs for construction of the seawater pipes.

## 5.5 Flue gas treatment system

A semi-dry flue gas treatment system has lower CAPEX compared to a wet system and easier to operate. A wet system requires more staff with advanced skills for operation and maintenance, and experience shows that it can be difficult for a WtE plant to attract and maintain such employees. A semi-dry system has better utilization of the absorption materials compared to a dry system. Based on these factors it is recommend that the flue gas system is a semi-dry type.

The main equipment for the semi-dry flue-gas treatment system is a spray absorber and a fabric filter. Hydrated lime is mixed with water and sprayed into the flue gas system. Activated carbon is blown into the flue gas duct before the flue gas flows to the fabric filter where fly ash and reagents are separated and conveyed to the fly ash silo. The Induced Draft (ID) fan create negative pressure for transport of the flue gas from the boiler through the flue gas treatment system to the stack.

Denitrification (DeNOx) system is based on SNCR by injection of ammonia into the first radiation pass. In the upper part of the stack is a Continuous Emissions Monitoring System (CEMS) installed.

Based on a semi-dry flue gas treatment system with SNCR the expected emissions are shown in below Table 4 and compared to the maximum limits according to Directive on emissions and BREF.

| | Directive 2010/75/EU BREF 2019 | Expected based on semi dry FGT/SNCR |
|---|---|---|
| **Substance** | **24-hour average** | **24-hour average** |
| Total dust | 5 | 2 |
| Hydrogen chloride (HCl) | 6 | 4 |
| Hydrogen fluoride (HF) | 1 | < 0,5 |
| Sulphur dioxide ($SO_2$) | 30 | 20 |
| Nitric oxides (NOx) with SNCR | 120 | 80 |
| Gaseous and vaporous organic substances, expressed as TOC | 10 | 1 |
| Carbon monoxide (CO) | 50 | 10 |
| | **Measured average** | **Measured average** |
| Mercury and its compounds, expressed as Hg | 0,02 | 0,01 |
| Cadmium + thallium | 0,02 | 0,001 |
| Sum other metals (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) | 0,3 | 0,03 |
| Dioxins and furans (ng TEQ/Nm³) | 0,06 | 0,005 |
| Ammonia (NH3) | 10 | 5 |

*Table 4. Operational flue gas emission levels for releases to air (in mg/Nm3 or as stated). Data is standardized at 11 % oxygen, dry gas, 273 K and 101,3 kPa*

For an incinerator for 130,000 tonnes per year and 8,000 operating hours the flue gas flow will be around 106,000 Nm³/h.

In Table 5 is listed the overall suggested abatement technologies based on that the flue gas treatment system is a semi-dry system.

| **Pollutant** | **Abatement Technologies** |
|---|---|
| Particulate matter (dust) | Bag filter |
| Oxides of nitrogen ($NO_x$) | SNCR spraying ammonia into first radiation pass |
| Acid Gases (Sulphur dioxide & Halides (HCL & HF) | Hydrated lime mixed with water to lime slurry & Bag filter |
| Heavy Metals | Activated Carbon Injection & Bag filter |
| Dioxins & furans | Activated Carbon Injection & Bag filter + Combustion control and possibly flue gas recirculation |

*Table 5. Suggested flue gas treatment technologies.*

The flue gas treatment system should be detailed further in the basic design phase to provide input to tender documents, layout discussions and to the Environmental Impact Assessment study. However, final design and optimisation of the flue gas treatment system will be part of the detailed design performed by the Engineering, Procurement & Construction (EPC) Contract design.

## 5.6 Slag and fly ash system

It is recommended to have a system where the slag from the grate is dropped down into a wet slag pusher from where it is conveyed to a concrete pit from where it can be loaded onto a truck with a front loader. The slag is transported to further treatment before utilization.

It must be evaluated whether the fly ash from the 2. and 3. pass shall go to the slag pit or together with the fly ash from the horizontal pass and the economizer and conveyed to a fly ash silo. The fly ash will be transported from the WtE plant by truck. See flowsheet under section 9 which reflects above.

# 6 CAPEX & OPEX

## 6.1 CAPEX

The cost estimate is based on a grate incinerator with turbine-generator for production of power. The costs estimate does not include any equipment for pre-treatment of the waste. The basis for the cost estimate is that cost and throughput data were gathered on a wide range of WtE facilities in Europe and especially UK. Data was collected when the project was in operation, commissioning, construction or planning phases and as such includes varying levels of confidence. Other data is from budget estimates gathered through past projects and information available in the public domain. Where possible, cost splits between civil elements and process plant were gathered, but where this was not possible total CAPEX was also used.

All of these costs were first normalised to Euro in 2019 prices by first using average exchange rates from the relevant currencies for the year of construction of each plant, and then by multiplying for inflation based on a combination of RPI (Retail Price Index), Tender Price Index and Building Cost Index. The CAPEX figures have been converted to 2021 prices based on an inflation rate in EU of 1,43% in 2019 and 0,79% in 2020.

It is more costly to construct an incineration facility in Iceland compared to continental Europe. Based on experience from construction plants in other remote islands, COWI estimates that it would be 20% more costly to construct a plant in Iceland; therefore, this percentage has been added to the data in the cost database.

The 20% surplus is based on the following major factors:

- Extra costs for transport/shipping.
- Extra costs for flight, board and lodging.
- Higher labour cost level (compared to average in continental Europe).
- Additional air freight of materials.
- Other higher cost due to high-cost level in Iceland.

The ultimate level of investment will depend on the final detail of the Employers Requirements and the Technical Requirements specified at the time of tendering the project plus market forces and vendor appetite at that time. In addition, CAPEX values can sometimes be affected by the nature of the final signed contract based on an offer. For example, offering the opportunity of a long-term O&M contract together with an EPC-contract will create a higher degree of competitive tension.

The estimated costs for a single-line plant for incinerating 130,000 Tons per year are stated in below Table 6.

| Equipment | Cost estimate |
|---|---|
| Boiler | € 46.790.000 |
| Electrical incl grid + distrib. | € 15.309.000 |
| Flue gas treatment | € 16.484.000 |
| Turbine/generator system | € 24.770.000 |
| Auxillaries | € 6.759.000 |
| Civil works | € 44.290.000 |
| Project administration | € 5.070.000 |
| *Total costs* | *€ 159.481.000* |

*Table 6, Cost estimate for single line plant, 130,000 tpa.*

Based on the cost database the total costs according to the 80% confidence interval is

| | |
|---|---|
| Minimum total costs | € 121.205.426 |
| Maximum total costs | € 212.109.495 |

As an alternative to a WtE plant based on a single incineration line, a plant based on two incineration lines with a capacity each of 8.2 ton/h (based on 65,600 tpa, see section 5.1) can be implemented. The estimated costs for such a plant will be 204 million Euro, which is significant higher compared to a plant based on a single line.

## 6.2 Operating expense (OPEX) estimate

**General**

Operational costs generally fall under the following headings: fixed costs, variable costs and maintenance/lifecycle costs. These elements are discussed below.

**Fixed Costs**

The largest element of the Fixed Costs are the staffing costs. It is estimated that an O&M team of 35 persons including management, operations, maintenance, administration and cleaners are required. The number of persons is based on that the waste is not pre-treated and bottom ash is loaded by the operators into external trucks for transport. Fixed costs would also include tools, office equipment and safety equipment.

**Variable Costs**

The Variable Costs consist of the consumables used during operation of the facility and many are related to the actual quantity of waste incinerated. These include costs for water, utilities and flue gas treatment consumables; lime and powdered activated carbon etc. These costs are not increased with an island factor since they are assumed to be similar for counties in continental Europe.

COWI estimates a total of variable and fixed operating cost of **22 to 25 Euro/tpa.**

**Maintenance and lifecycle costs**

Maintenance and lifecycle costs are difficult to estimate pre-operation and can vary significantly depending on final technology design, vendor, scale, contract type, business model, feedstock and of course the experience and efficacy of the operating team. COWI estimates an annualised cost of **20 to 30 Euro/tpa. (**The figure includes 20% higher cost compared to continental Europe).

**Residue Disposal Costs**
Residues to be disposed of include incinerator bottom ash (IBA) and fly ash with air pollution control residues (APCr).

IBA is typically classified as inert and non-reactive and can therefore be disposed of at landfill unless it is being further processed and recycled.

Fly ash/APCr is a hazardous waste. The disposal possibilities for Fly ash/APCr in Iceland must be investigated. If this not possible, the Fly ash/APCr should be exported for disposal in old mines in Norway or Germany, similar to what are done for many other incinerator plants in Europe.

Based on it is possible to dispose Fly ash/APCr in Iceland a combined disposal cost range of **15 to 25 Euro/tpa** is estimated. These costs are not increased with an island factor since the costs for transport are assumed to be similar for counties in continental Europe.

## 6.3 Summary

Based on the figures in section 0 and including the disposal costs for IBA and Fly ash/APCr's the range of fixed, variable and annualised lifecycle costs combined is estimated to be **€57/tpa** to **€80/tpa**.

# 7 Site and building requirements

## 7.1 Site requirements

For an incineration plant with a capacity of 130,000 tpa an area of around 130 x 170 m (2.2 ha) is required (the area can be wider respectively shorter depending on the layout). This is based on a boiler with horizontal pass and including

- Roads for waste trucks and other trucks etc.
- Parking lot
- Weighing scales
- Delivery hall for parking waste trucks when offloading into waste bunker
- Waste bunker
- Air cooled condenser
- Transformer/electricity export equipment

Areas for storing and handling bottom ash are not included.

## 7.2 Building requirements

The required building footprint for at WtE plant with a turbine and a capacity of 130,000 tpa is around 60 m x 90 m = 5,400 $m^2$. This is based on experience from WtE plants with around similar capacity in ton per year as well as horizontal boilers. The footprint includes all buildings:

- Waste silo and reception hall for trucks.
- Main building for boiler, flue gas treatment system and turbine.
- Office building, workshops, storage etc.

The height of the main building will typically be 30 – 50 meters above ground level.

If an air-cooled condenser shall be installed for taking the thermal heat for condensing after a turbine a preliminary required footprint for the ACC will be around 800 $m^2$.

Typical height of stack for an incinerator plant with the capacity in the range of 130,000 tonnes per year is 70-80 meters. The actual required stack height for a waste incinerator must be determined as part of the environmental assessment study based on several factors, among other location of the incineration plant, topography and wind directions.

# 8 Capacity diagram

The estimated annually amounts of waste are informed to be:

- Minimum 90,000 tons
- Maximum 130,000 tons
- The calorific value is informed to be 10 MJ/kg. In reality there will be a variation of the calorific value depending on the composition of the waste.

The informed minimum waste amounts are 70% of the maximum waste amount. This means that the span is within the operation area for a single incineration line. Normally the operation span is between 70% to 120% for the mechanical load (ton/h) (depending on the calorific value of the waste). For loads less than 70% it will be difficult to achieve acceptable steam parameters and for loads higher than 120% it will not be possible to achieve a proper burnout of the slag.

The thermal load is the product of the calorific value and the mechanical load. The product of the design mechanical load and the design value for the calorific value gives the 100% thermal load. This means that based on 130,000 tons and 10 MJ/Kg the incineration plant must be based on a line of 16.3 ton/h each (8,000 operating hours per year).

The capacity diagram for one incineration line is shown in Figure 9. Load points LP1 to LP10 is shown in the diagram. LP1 is the nominal capacity based on 16.3 ton/h and 10 MJ/kg. As shown in the diagram it is assumed that the calorific value can vary from 7 MJ/kg to 13 MJ/kg (-30% to +30%). The area made up by Lp1, LP2, LP3, LP4, LP5, LP6 and LP7 is the normal operating area for the incineration line. Above the line LP7 to LP2 (45.3 MW) is thermal overload, which is normally possible maximum 1 hour per 24 hours.

It is possible to operate in the area made up by LP2, LP9, LP10 and LP3 as long as the thermal power is below 45.3 MW. In this area mechanical load is 100% to 120%. This means that with a calorific value of for example 8 MJ/kg it is possible to utilize a mechanical load of 19.6 ton/h. This is beneficial if there for periods comes a lot of waste with a lower calorific value than nominal.

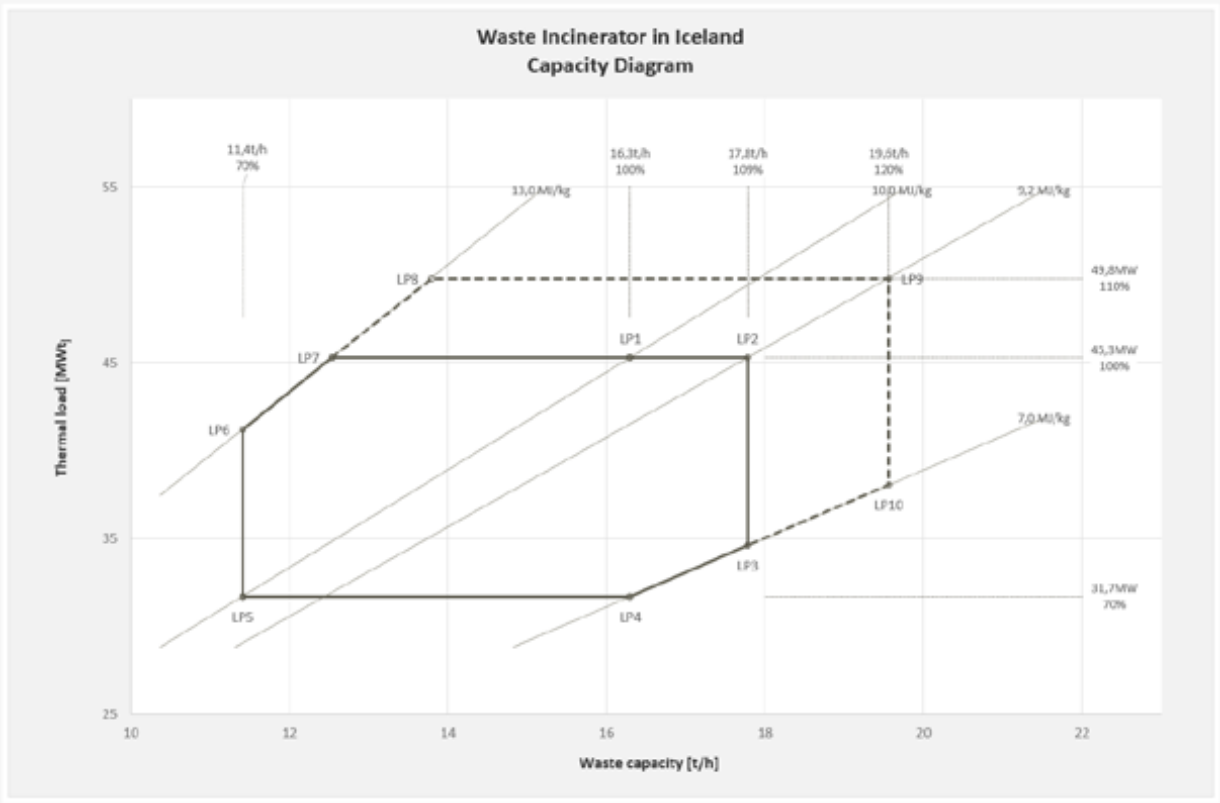



*Figure 9. Capacity diagram for a single line plant with a capacity of 16.3 t/h. Nominal Calorific Value = 10 MJ/kg.*

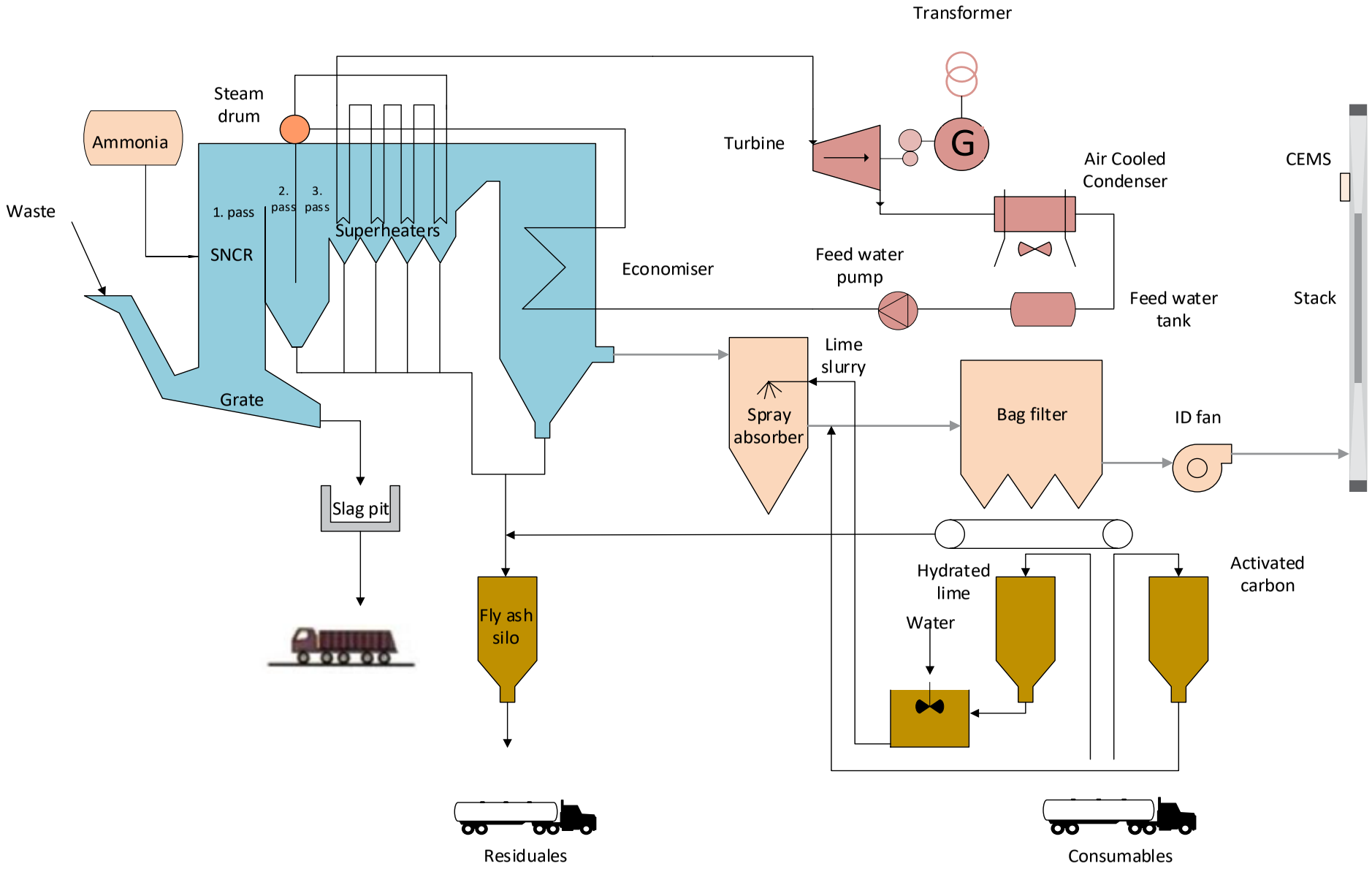
# 9 Flowsheet for the suggested technical solutions

With reference to section 5 is in appendix 1 a flowsheet showing the suggested technical solutions for a waste-to-energy plant in Iceland.

The flowsheet is based on a horizontal boiler section for hanging superheaters and a vertical economiser tower. Slag is diverted to a slag pit from where it can be loaded onto a truck with a front loader.

Fly ash from the 2. and 3. pass, the horizontal pass and the vertical economizer is conveyed to a fly ash silo. Superheated steam flows to the turbine for production of electric power via a generator. The low-pressure steam from the turbine is condensed in an air-cooled condenser before being pumped back to the boiler by the feed water pumps. The type of condenser will depend on the actual possibility for utilizing the heat.

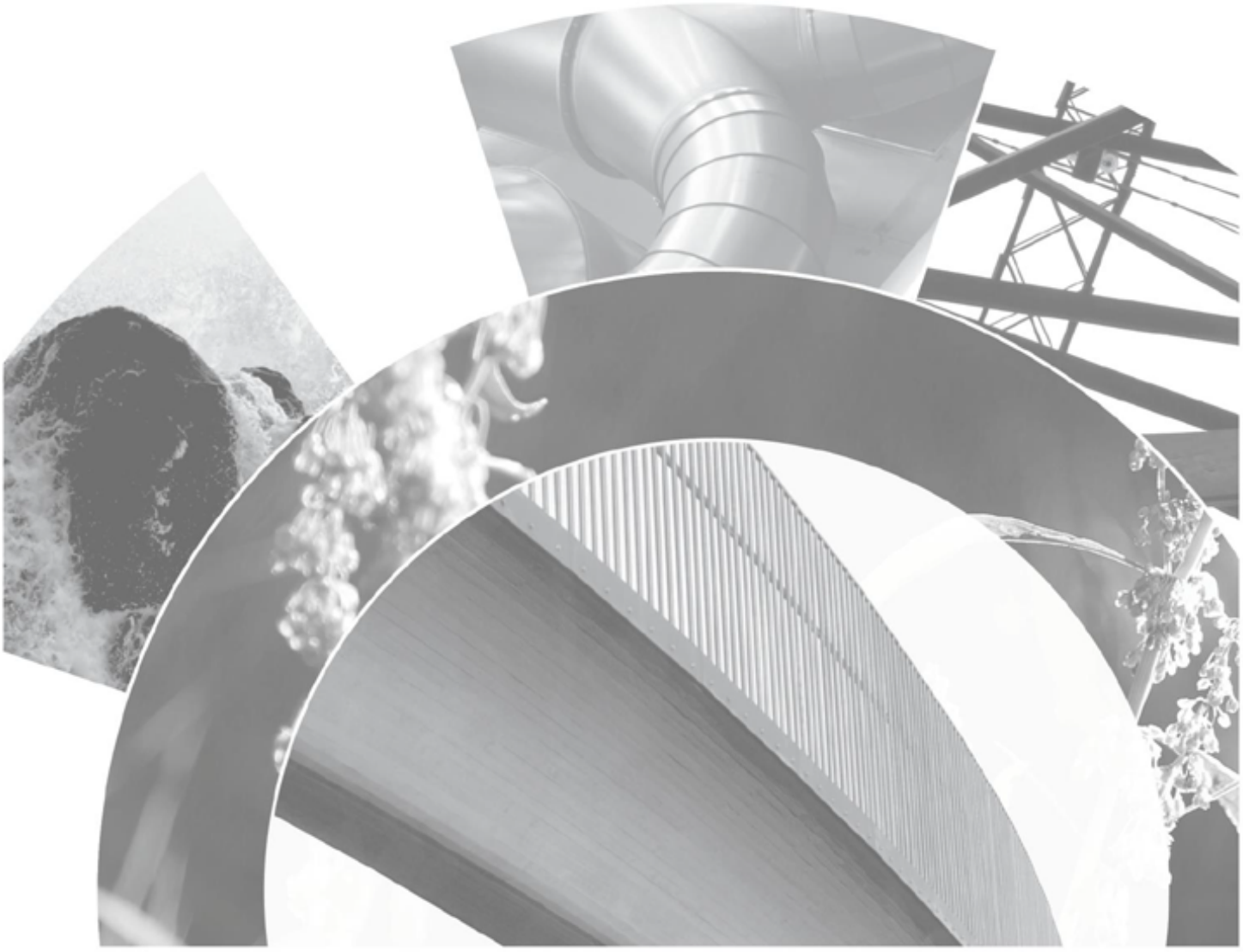
The main equipment for the flue-gas treatment system is a spray absorber and a fabric filter. Hydrated lime is mixed with water and sprayed into the flue gas system. Activated carbon is blown into the flue gas duct before the flue gas goes to the fabric filter where fly ash and reagents are separated. The ID fan creates negative pressure for transport of the flue gas from the boiler through the flue gas treatment system to the stack, where the CEMS is placed.




| |
|---|
| Appendix 1 |
| Flowsheet |
| Suggestion for WtE plant in Iceland |
| 11.10.2021 |
| COWI |

# D

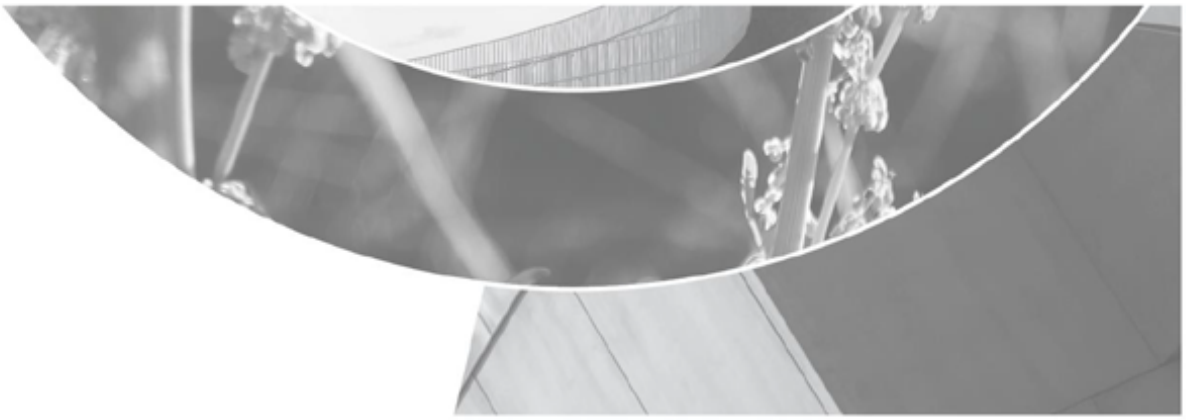
# VIÐAUKI



# HELSTU UMHVERFISÞÆTTIR HÁTÆKNIBRENNSLUSTÖÐVAR

Click or tap here to enter text.

**16.11.2021**



## SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

**SKJALALYKILL**

2099-020-SKY-001-V02

**TITILL SKÝRSLU**

Helstu umhverfisþættir hátæknibrennslustöðvar

**SKÝRSLUNÚMER / SÍÐUFJÖLDI**

01/50

**VERKHEITI**

Forverkefni til undirbúnings meðhöndlunar brennanlegs úrgangs

**VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUPA**

**VERKKAUPI**

Sorpa

**VERKEFNISSTJÓRI EFLA**

Helga J. Bjarnadóttir

**HÖFUNDUR**

Helga J. Bjarnadóttir, Stefán Kristinsson

**LYKILORÐ**

Sorpbrennsla, umhverfisþættir

**STAÐA SKÝRSLU**

☐ Drög

☐ Drög til yfirlestrar

☒ Lokið

**DREIFING**

☐ Opin

☒ Dreifing með leyfi verkkaupa

☐ Trúnaðarmál

**ÚTDRÁTTUR**

Samantekt þessi er innlegg í forverkefni um fýsileika þess að reisa hátæknisorpbrennslu á Íslandi sem koma ætti í staðin fyrir urðun og útflutning á brennanlegum og illa endurvinnanlegum úrgangi. Í þessari samantekt eru teknar saman upplýsingar um helstu umhverfismál fyrri sorpbrennsla á Íslandi en mengun i útblæstri stöðvanna var megin vandamál þeirra sem leiddi til lokunar. Einnig er fjallað um lagarammann sem gildir fyrir starfsemi sem þessa og umhverfisleg viðmið fyrir helstu umhverfisþætti. Helstu umhverfisþættir við rekstur sorpbrennslustöðva eru losun efna um reykháf í andrúmsloft, losun í vatn, lykt, hávaði, áhrif á heilsufar, möguleg sjónmengun, umhverfisáhrif flutninga. Fjallað er um helstu afurðir hátæknibrennslustöðva s.s. orku, botnösku, ketilösku, málma, flugösku og koltvísýring. Horft er til framtíðar og mikilvægi umhverfisstjórnunar og vistvænnar hönnunar er reifuð og sagt frá tilraunum með kolefnisföngun sem hafin er í nokkrum nýlegum brennslum.

EFLA VERKFRÆÐISTOFA
+354 412 6000 efla@efla.is www.efla.is

# SAMANTEKT

Samantekt þessi er innlegg í forverkefni um fýsileika þess að reisa hátæknisorpbrennslu á Íslandi sem koma ætti í staðinn fyrir urðun og útflutning á brennanlegum og illa endurvinnanlegum úrgangi.

Þegar hanna á nýja brennslustöð, skal hafa í huga umhverfisáhrif hennar yfir allan vistferil hennar, sem tekur með val á efnum og búnaði, byggingarframkvæmdir, viðhald, rekstur og niðurrif. Í skýrslunni er fjallað um helstu lagalegar kröfur sem gilda fyrir sorpbrennslur hvað varðar mikilvægustu umhverfisþættina, í rekstri stöðvarinnar. Sú reglugerð sem mikilvægust er í þessu samhengi er rg. 2018/550 um losun frá atvinnurekstri og mengunareftirlit en hún er innleiðing á tilskipun Evrópuþings 2010/75/ESB um losun í iðnaði. Reglugerðin kveður á um starfsleyfisskilyrði, þar sem fram kemur að fylgja skjal aðferðum og viðmiðunarmörkum losunar mengunarefna í útblæstri um reykháfinn og í vatn sem tilgreind eru í tilvísunarskjali um bestu aðgengilegu tækni (BREF). Aðrir mikilvægir umhverfisþættir sem fjallað er um eru hljóðmengun, lyktarmengun, áhrif á heilsu, lífríki og gróður sem og sjónræn áhrif. Einnig er fjallað um nýtingarmöguleika fyrir afurðir frá stöðinni, sem eru aðallega botnaska, ketilaska, flugaska, málmar, orka og koltvísýringur. Samantekt þessi miðar við að ekki sé brenndur spilliefnaúrgangur í stöðinni og er samsetning úrgangsstrauma til stöðvarinnar lýst í samantekt Environice [1].

Mikil framför hefur átt sér stað í búnaði til brennslu og til hreinsunar á afgasi á undanförnum áratugum og mikil breyting hefur því verið síðan brennslustöðvum á Íslandi var lokað vegna mikillar mengunar í útblæstri þeirra.

Nútíma hátækni sorpbrennslur sem eru vel reknar og í samræmi við aðferðir tilgreindar í BREF og eru jafnframt með virka umhverfisstjórnun eiga að geta uppfyllt þær kröfur sem gerðar eru til þeirra hvað umhverfismál varðar.

Ekki hefur verið hægt að sýna fram á að mengun frá stöð sem uppfyllir slíkar rekstrarforsendur hafi marktæk áhrif á heilsu íbúa í næsta nágrenni við stöðina né á umhverfi sitt.

Mikilvægt er að ítreka að straumar úrgangs sem geta farið í æðri ferla hringrásarhagkerfis úrgangs sbr úrgangsþríhyrninginn, þ.e. endurnotkun og efnislega endurvinnslu geri það.

Þar sem orka sem framleidd er á Íslandi er öll úr endurnýjanlegum auðlindum, er orkuframleiðsla frá sorpbrennslustöð ekki umhverfislega hagstæðari en sú orka sem fyrir er í dreifikerfi landsins. Skilyrði eru fyrir orkunýtni í BREF.

Fleiri auðlindir mætti nýta úr stöðinni í takt við hringrásarhagkerfið eins og að endurheimta málma úr botnösku og nýta botnöskuna sjálfa ef hún er áframunnin með aðferðum skilgreindum í BREF. Sorpbrennslustöðvar sem horfa til framtíðar sjá fyrir sér rekstur stöðva við kolefnishlutleysi eða jafnvel kolefnisneikvæðni með notkun kolefnisföngunar. Sorpbrennslur eru ekki í dag hluti af viðskiptakerfi um losunarheimildir fyrir gróðurhúslofttegundir, en kostnaður á hvert tonn af koltvísýringi sem aukist hefur úr €30 í €60 eingöngu á árinu 2021 gæti haft í för með sér gríðarlegar breytingar á rekstrarforsendum stöðva. Lögð er áhersla á að rýna vel í heppilega stærð fyrir hátækni sorpbrennslustöðvar fyrir Ísland þannig að markmið um hringrásarhagkerfi náist.

## SUMMARY

This report is made as a summary of important environmental aspects for a prefeasibility study for the establishment of a waste-to energy facility as an alternative to landfilling residual waste in Iceland.

When designing a new plant, it is important to consider all possible environmental impacts of its life cycle, including construction, maintenance, operation, and end of life. In this summary, important environmental aspects, mainly during operation of the plant are discussed. Regulation 2018/550 is the implementation of the Industrial Emissions Directive 2010/75/EC into the Icelandic legal system. The regulation puts in place conditions for operational licenses of industrial activities that enforce utilization of techniques and emission levels to air and to water specified in relevant BAT Reference Documents (BREF). Other important environmental aspects that are discussed in this report are noise pollution, odour pollution, impacts on health, vegetation and the ecosystem, as well as utilization of by-products from the plant, which are in the form of bottom ash, fly ash, boiler ash, metals, energy and carbon dioxide. It is not expected that hazardous waste will be incinerated at this plant, but waste streams are correlated with the review made by Environice. [1]

Iceland has had a poor recent history when it comes to waste incineration, as many plants have been closed due to problems encountered with polluting its environment through chemically rich flue gas. Improvements have been made in equipment for incineration and flue gas cleaning over the past decades to keep in line with legally required emission values.

Advanced waste incinerators active today, that are operated in accordance to techniques specified in BREF documents, following a good environmental management system that touches on all environmental aspects of the plant are well set to achieve the environmental demands that are put on them. It is not possible to conclude that plants operated under such conditions produce pollutants in amounts substantial enough to have a significant impact on residents living close to the plant or on its ecosystem.

It is important to point out the environmental importance of streams entering the plant being residual waste and that waste streams prioritize pathways of reusability and recyclability over incineration.

Energy produced in Iceland is from renewable sources and therefore, energy produced from a waste-to-energy plant is not replacing less environmentally friendly energy. Efficiency requirements are set on energy production.

More resources produced through processes at the plant can be utilized for increased circular economy. These are metals recovered from bottom ash as well as the ash itself, that can be useful if processed using methods described in BREF. Waste incineration plants that look toward the future are already seeing the benefits of one day operating the plant carbon neutral or even carbon negative through carbon capture and storage. Waste incinerators are currently outside the EU ETS, but an additional cost for every ton of carbon dioxide, that has this year risen from €30 to €60 would have significant impact on a plant's financial operation. The sizing of a new plant is of upmost importance and must not undermine other targets in waste management such as circular economy thinking.

# EFNISYFIRLIT


**SAMANTEKT** 5
**SUMMARY** 6
**MYNDASKRÁ** 9
**TÖFLUSKRÁ** 9
**1 INNGANGUR** 11
**2 LAGALEGAR KRÖFUR TIL SORPBRENNSLUSTÖÐVA** 12
**3 SORPBRENNSLA Á ÍSLANDI – SAGA OG UMHVERFISVANDAMÁL** 15
**3.1 Sorpbrennslustöðin Funi** 16
**3.2 Aðlögun að Evróputilskipun um brennslustöðvar** 17
**3.3 Díoxínmælingar í jarðvegi árið 2011** 18
**3.4 Lokun annarra brennslustöðva** 18
**4 ÞÝÐINGARMIKLIR UMHVERFISÞÆTTIR SORPBRENNSLU** 19
**4.1 Losun í andrúmsloft** 19
4.1.1 Gróðurhúsalofttegundir 20
4.1.2 Díoxín, fúran og PCB 22
4.1.3 Önnur efnasambönd kolefnis 23
4.1.4 Ryk 23
4.1.5 Sýrur, gastegundir og ammóníak 23
4.1.6 Þungmálmar 24
4.1.7 Losunarmörk í andrúmsloft 25
4.1.8 Mælingar 26
Ósamræmi varðandi mælitímabil 27
**4.2 Losun í vatn** 28
**4.3 Umhverfisáhrif flutninga** 29
4.3.1 Flutningar erlendis 30
**4.4 Samfélag, fólk og heilsa** 30
4.4.1 Hljóðvist 30
4.4.2 Lykt 32
4.4.3 Heilsa 32
4.4.4 Sjónræn áhrif: landslag og ásýnd 33
**4.5 Lífríki á landi; gróður, fuglar** 35
**5 MÖGULEIKAR Í HRINGRÁSARHAGKERFI** 36
**5.1 Brunaleifar** 36
5.1.1 Botnaska 37
5.1.2 Flugaska 37
5.1.3 Málmar úr botnösku 38
**5.2 Orka** 38
**5.3 Föngun koltvísýrings og lækkun kolefnisspors** 39
**6 UMRÆÐUR OG FRAMTÍÐARHORFUR** 42
**6.1 Aðferðir til að draga úr neikvæðum umhverfisáhrifum** 42
**6.2 Þróun losunargilda sorpbrennslustöðva** 43

6.3 Markmið hringrásarhagkerfisins _____ 44
7 HEIMILDIR _____ 47

# MYNDASKRÁ

**MYND 1** Þróun sorpbrennslu á Íslandi frá 1990. 16
**MYND 2** Kolefnisspor sorpbrennslu 21
**MYND 3** Kolefnisspor sorpbrennslu að undanskildum kolefni af lífrænum uppruna. 21
**MYND 4** Amager Bakke, Danmörk. 34
**MYND 5** Klemetsrud Waste-to-Energy plant, Noregur. 34
**MYND 6** Aalesund Forbrenningsanlegg, Noregur. 34
**MYND 7** Boraas Energi och Miljö Ryaverket, Svíþjóð. 34
**MYND 8** Kotkan Energia Hyötyvoimalaitos, Finnland. 34
**MYND 9** Battlefield Energy Recovery Facility, Bretland. 34
**MYND 10** Efnis- og orkustraumar sorpbrennslu 36
**MYND 11** Notkun á flugösku frá kolarorkuverum í Evrópu 2016 38
**MYND 12** Losun gróðurhúsalofttegunda frá vinnslu raforku með mismunandi orkugjöfum 39
**MYND 13** Árangur kolefnisföngunar í tilraunaverkefni Klemetsrud. 40
**MYND 14** Stöðugar umbætur er mikilvægur þáttur í rekstri umhverfisstjórnunarkerfis 42
**MYND 15** Minnkun útblásturs úr stórum brennslustöðvum innan Evrópusambandsins 43
**MYND 16** Þrískipt lag losunargilda úr sorpbrennslum, dæmi tekið fyrir Amager Bakke. 44
**MYND 17** Þríhyrningur meðhöndlunar úrgangs 45
**MYND 18** Niðurstöður um samsetningu úrgangs í könnun sem gerð var á blönduðum úrgangi í Bretlandi árið 2017. 46

# TÖFLUSKRÁ

**TAFLA 1** Losunarviðmið gefin upp fyrir brennslustöðvar af millistærð 13
**TAFLA 2** Helstu sorpbrennslur á Íslandi 15
**TAFLA 3** Díoxínmælingar í útblæstri 2007 og 2011, 17
**TAFLA 4** Meginforsendur losunar tiltekinna efna 20
**TAFLA 5** Losunarmörk skv. BATAELs fyrir sorpbrennslur 25
**TAFLA 6** Kröfur til mælinga mengunarefna skv. BAT 26
**TAFLA 7** Skilgreiningar mælingartímabila skv. BREF 26
**TAFLA 8** Mæld gildi á afgasi fyrir hreinsbúnað borið saman við BATAEL gildi. 27
**TAFLA 9** BATAEL losunargildi í vatn 28
**TAFLA 10** Mæliþættir og losunarmörk frárennslis í starfsleyfi Kölku 28
**TAFLA 11** Kolefnisspor flutnings úrgangs miðað við að brennslustöðin sé á höfuðborgarsvæðinu 30
**TAFLA 12** Mörk fyrir hávaða frá atvinnustarfsemi 30
**TAFLA 13** Hávaði í starfsleyfi Klemetsrud 31
**TAFLA 14** Samsetning botnösku úr hátæknisorpbrennslustöð 37

# 1 INNGANGUR

Sorpbrennslum hefur í gegnum tíðina verið ætlað það hlutverk að draga úr neikvæðum umhverfisáhrifum við meðhöndlun úrgangs. Sorpbrennslur hafa þannig minnkað umfang, rúmmál úrgangs sem færi í urðun. Um leið og úrgangur er brenndur má nýta orkuna sem myndast bæði sem hitagjafa eða til raforkuframleiðslu. Í seinni tíð er í auknu mæli einnig horft til þess að nýta úrgang sorpbrennslustöðvarinnar, flugösku og botnösku sem afurð inn í aðra ferla og er það mikilvægt skref í hringrásarhagkerfinu. Umhverfisáhrif sorpbrennslu og þess í hve miklum mæli má nýta afurðir sorpbrennslunnar fer eftir því hvaða úrgangsstraumar teknir eru til brennslu sem og hvaða tækni er beitt við brennsluna og hreinsunar úrgangsstraumanna.

Þessi samantekt er gerð sem innlegg í forverkefni *til undirbúnings að innleiðingu framtíðarlausna til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi í staða urðunar*. Í forverkefninu verða dregnar saman upplýsingar um nokkrar helstu forsendur fyrir þeirri umfangsmiklu framkvæmd að setja upp hátækni sorpbrennslu á SV horni landsins (Waste-to-Energy project). Í þessari samantekt er tekið saman upplýsingar um helstu umhverfisþætti sem tengjast rekstri sorpbrennslustöðvar, bæði beina umhverfisþætti og óbeina. Einnig eru teknar saman upplýsingar um þær lagalegu kröfur er varða hámark leyfilegra losunargilda í andrúmsloft og í vatn ásamt lýsingu á mælingum og helstu mengunarefnum. Í samantektinni er farið yfir umhverfisvandamál sem komið hafa upp í fyrri sorpbrennslum og ástæður fyrir lokun þeirra. Fjallað er um umhverfisáhrif flutninga, áhrif á heilsufar og ásýnd stöðva, ásamt því hvernig nýta má afurðir sem myndast í brennslustöð sem þessari eins og botnaska, flugaska, málmar, orku og koltvísýring. Í þessari samantekt er gengið út frá því að ekki sé brenndur spilliefnaúrgangur í hátækni sorpbrennslustöðinni og er vísað til skýrslu Environice sem er hluti af þessu forverkefni til undirbúnings meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi, „Hátæknibrennslustöð á Íslandi 2030. Hverju þarf að Brenna?," 2021 [1]

# 2 LAGALEGAR KRÖFUR TIL SORPBRENNSLUSTÖÐVA

Í reglugerð nr. 550 frá 2018 er sorpbrennslustöð skilgreind sem, staðbundin eða færanleg tæknieining, ásamt búnaði sem er sérstaklega ætlaður til varmameðhöndlunar á úrgangi, hvort sem varminn, sem myndast við brennsluna, er nýttur eða ekki, með brennslu úrgangs með oxun, ásamt annarri varmatengdri meðhöndlun, svo sem hitasundrun, gösun eða plasmameðferð, ef efnin, sem myndast við meðhöndlunina, eru brennd á eftir [2].

Losun mengunarefna frá sorpbrennslustöðvum hefur verið skilgreind í lagaramma Evrópusambandsins allt frá fyrstu tilskipun um sorpbrennslu sem kom út árið 1989. Þessi tilskipun var uppfærð sem tilskipun Evrópuþings nr. 2000/76/EC um sorpbrennslur og er grunnur að innleiðslu íslenskrar reglugerðar nr. 739 frá árinu 2003 um brennslu úrgangs. [3] [4]. Evróputilskipun 2000/76/EC féll úr gildi þegar sorpbrennsla var tekin inn í tilskipun Evrópuþings 2010/75/EU um losun í iðnaði (IED - Industrial Emissions Directive) [5]. Í kjölfarið var íslensku reglugerðinni breytt með breytingarreglugerð 294/2012, sem síðan var felld brott þegar IED tilskipunin var innleidd að fullu hér á landi með reglugerð 550/2018 um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnareftirlit og breytingarreglugerð 639/2018. [6] [7] Sem hluti af græna sáttmála Evrópusambandsins, European Green Deal, mun IED tilskipunin verða endurskoðuð. [8].

Sorpbrennslustöðvar skulu hafa starfsleyfi skv. ofangreindri reglugerð 550/2018 sem gefið er út af Umhverfisstofnun. Rekstraraðila slíkra stöðva ber að uppfylla gildandi lög og reglugerðir á starfssviði sínu og í starfsleyfi slíkra stöðva er kveðið á um að rekstraraðili skal nota bestu aðgengilegu tækni (BAT) við nýtingu á auðlindum svo sem orku og vatni, en einnig gagnvart mengunarvörnum. BAT gefur upp losunargildi á bili og er það undir starfsleyfisgjafa komið að velja gildi innan bilsins. Einnig gildir að þegar aðferðum er beitt við mengunarvarnir sem valda því að mengun færist á milli andrúmslofts, vatns og jarðvegs skal lágmarka neikvæð áhrif á umhverfið (samþættar mengunarvarnir). Fyrir brennslustöðvar er einnig gerð sú krafa að rekstraraðili komi á fót umhverfisstjórnunarkerfi sbr. alþjóðlega ISO 14001 staðalinn, þar sem skilgreina þarf umhverfisstefnu og mælanleg markmið fyrir þá þætti í starfseminni sem hafa umtalsverð umhverfisáhrif. Rekstraraðili þarf síðan að stýra og vakta alla þá þætti sem hafa umtalsverð umhverfisáhrif. Þessum þýðingarmiklu umhverfisþáttum í sorpbrennslu er lýst í kafla um þýðingarmikla umhverfisþætti í sorpbrennslum. [2]

Þeirri bestu aðgengilegu tækni sem horft skal til við hönnun og rekstur sorpbrennslustöðva er lýst í tilvísunarskjal um bestu aðgengilegu tækni (BREF – BAT Reference document) fyrir sorpbrennslur. Þetta skjal var síðast gefið út í desember 2019, en fyrri útgáfa er frá ágúst 2006. [9] Í niðurstöðukafla BREF, BAT niðurstöður (BATC – BAT Conclusions for waste inceneration, kafli 5) eru settar fram lagalegar kröfur sem öðlast lagalegt gildi um leið og þær hafa verið birtar í opinberu tímariti Evrópusambandsins (OJEU – Official Journal of the European Union). Eftir birtingu gilda kröfur þegar í stað fyrir allar nýjar sorpstöðvar, en stöðvar í rekstri hafa fjögurra ára aðlögunartíma til að bregðast við uppfærðum kröfum. Mögulegt er að biðja um undanþágu samkvæmt grein 15(4), en slíkt leyfi er aðeins veitt í vel rökstuddum undantekningartilfellum. Ef undanþága er veitt, gilda kröfur í IED tilskipuninni.

Þeir þættir sem hafa verið lögfestar úr BAT niðurstöðukafla BREF fjalla um:

- Umhverfisstjórnun
- Vöktun
- Almenna umhverfislega frammistöðu og frammistöðu brennslunnar
- Orkunýtni
- Losun í andrúmsloft (BAT-AELs – Associated Emission Levels);
    - Dreifð losun
    - Losun út um reykháf
- Losun í vatn
- Efnisnýtni þ.e. endurheimt verðmæta úr botnösku
- Hávaða

Í nýjustu útgáfu BREF koma fram hertar kröfur er varðar umhverfisvernd t.d. hvað varðar viðmið fyrir losun ryks í andrúmsloft, kvikasilfur og aðra málma, köfnunarefnisoxíð og ammoníak, vetnisklóríð, brennisteinsoxíð, díoxín og fúranefni sem og fyrir PCB efni. Mismunandi gildi eru gefin fyrir nýjar og eldri stöðvar. Einnig hefur verið sett fram breytt fyrirkomulag fyrir mælingar á kvikasilfri og díoxínefni. Losunarmörk (e. BAT-AELs, BAT Associated emission levels) eru gefin sem dagsmeðaltöl [8].

Þær stöðvar sem falla undir þessar kröfur eru sorpbrennslustöðvar og sambrennslustöðvar þar sem megin tilgangurinn er ekki til þess falin að skapa efnislega afurð og afköstin eru meiri en þrjú tonn á klukkustund, eða að hámarki 10 tonn á dag af spilliefnaúrgangi. Stöð sem áætluð hefur verið fyrir Ísland í þessu forverkefni, með afköst 16,3 tonn á klukkustund fellur vel innan þessara marka. Yfirlit yfir losunarmörk sem gerðar eru til stöðva af þessari stærð eru sett fram í kafla 4.

Minni stöðvar myndu falla undir tilskipun um brennslustöðvar í miðstærð (MCP - Medium Combustion Plants Directive), en tilskipuninni er ekki ætlað að ná til allra úrgangsstrauma og eru því aðeins gefin upp viðmið fyrir ryk, $SO_2$ og $NO_x$ og er þeim skipt upp eftir orkuinnihaldi úrgangs sem fer inn í stöðina og miðað er við venjulegar aðstæður og 6% súrefni. [10]

**TAFLA 1** Losunarviðmið gefin upp fyrir brennslustöðvar af millistærð (afköst minni en 3 tonn/klst) af úrgangi).

| MÆLIÞÁTTUR | 1-5 MW | 5-20 MW |
|---|---|---|
| Ryk (mg/Nm$^3$) | 50 | 30 |
| NOx (mg/Nm$^3$) | 650 | 650 |
| $SO_2$ (mg/Nm$^3$) | 1.100 | 400 |

Brennslustöðvar sem brenna aðeins lífmassa tilheyra einnig viðeigandi tilskipun um brennslustöðvar eftir stærð þeirra (LCP – Large Combustion Plants Directive), en um leið og sambruni á sér stað á öðrum úrgangi en lífmassa, þá á að fylgja umhverfisviðmiðum sorpbrennslustöðvar. [8]

Sorpbrennslur skulu vera á skilgreindu svæði til athafna- og iðnaðarstarfsemi, þar sem koma þarf fram eðli og umfang starfsemi ásamt helstu atriðum sem varða mannvirkjagerð samkvæmt skipulagsreglugerð 90/2013. Þörf er fyrir gerð deiliskipulags. [11]

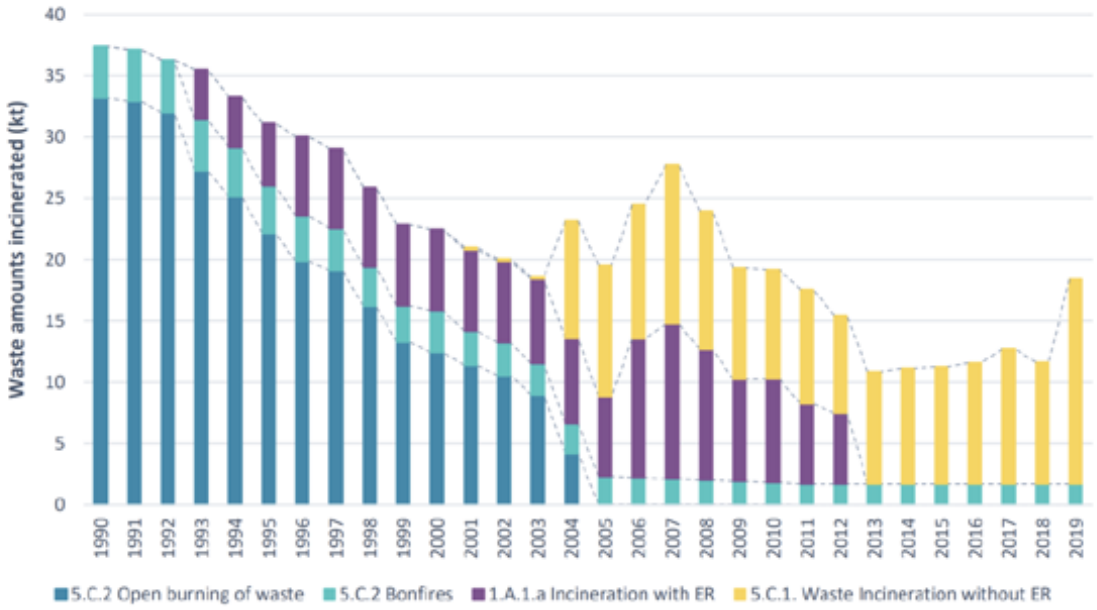
# 3 SORPBRENNSLA Á ÍSLANDI – SAGA OG UMHVERFISVANDAMÁL

Tafla 2 sýnir helstu sorpbrennslur á Íslandi á undanförnum árum.

**TAFLA 2** Helstu sorpbrennslur á Íslandi

| NAFN | STAÐSETNING | TEGUND | STÆRÐ (T/ÁR) | STÆRÐ (T/KLST) | REKSTRARTÍMABIL |
|---|---|---|---|---|---|
| Sorporkustöð Vestmannaeyja | Vestmannaeyjar, Suðurland | Fast brunahólf | 5.000 | 1 | 1993-2011 |
| Sorpbrennsla í Svínafelli | Öræfi, Suðurland | Fast brunahólf | | | 1993-2011 |
| Funi | Engidalur, Vestfirðir | Fast brunahólf | 5.000 | 1 | 1994-2011 |
| Brennslustöð Skaftárhrepps | Kirkjubæjarklaustur, Suðurland | Fast brunahólf | 500 | | 1999-2012 |
| Brennslustöð á Vatneyri | Patreksfjörður, Vestfirðir | Fast brunahólf | 1.400 | 1 | Hóf aldrei rekstur |
| Brennslustöð Tálknafjarðarhrepps | Tálknafjörður | Fast brunahólf | 300 | | 2001-2004 |
| Kalka | Helguvík | Pýrolýsa | 12.300 | | 2004- |
| Sorpbrennsla í Laugardal við Húsavík | Norð-Austurland | Fast brunahólf | 8.000 | | 2006-2013 |

Mynd 1 sýnir þróun sorpbrennslu á Íslandi frá 1990 til 2019 [12].




**MYND 1** Þróun sorpbrennslu á Íslandi frá 1990.

Á mynd 1 má sjá að opinn brennsla úrgangs hætti á Íslandi 2004. Sama ár hóf Kalka starfsemi sína og er starfandi án orkuendurheimtar (gulur litur). Á árunum milli 2001 og 2004 starfaði sorpbrennsla án orkuendurheimt einnig á Tálknafirði. Á árunum 1993 til 2012 voru reknar nokkrar sorpbrennslur með orkuendurheimt. Fjórar af þeim sjö sorpbrennslum sem störfuðu á undanþágu frá tilskipun Evrópuþings frá 2000 voru starfandi til áranna 2011-2012 með orkuendurheimt, þar á meðal Funi í Engidal, auk brennsla í Svínafelli, Kirkjubæjarklaustri og Vestmannaeyjum. Dregið hefur úr tímabundinni brennslu í opnum bruna en aðallega er um að ræða brennslu á timbri í áramóta- eða 13. dags brennum.

## 3.1 Sorpbrennslustöðin Funi

Árið 1974 hófst undirbúningur að sorpbrennslu á Skarfaskeri við Hnífsdal sem hóf rekstur 1976. Áður hafði allur úrgangur frá sveitafélaginu verið urðaður á Suðurtanga. Ofn var keyptur frá Svíþjóð. Stöðin var rekin án hreinsibúnaðar og aska og slagg fór beint úr stöðinni út í sjó. [13] Eftir kvartanir vegna mengunar og reykmælingar 1987 tók mengunardeild Hollustuverndar ríkisins ákvörðun að best væri að hætta sorpbrennslu á þessum stað. Sorpbrennslustöðin var rekin á bráðabirgðarleyfi þar til sorpbrennslan Funi í Engidal hóf rekstur árið 1994. Allt brennanlegt sorp frá Ísafjarðarbæ, Bolungarvík, Súðavík, Vesturbyggð og Tálknafirði var brennt þar þangað til starfleyfi var afturkallað árið 2011. Funi hafði leyfi fyrir móttöku á allt að 5.000 tonnum af úrgangi á ári og til að brenna allt að 1 tonn á klukkustund af brennanlegum úrgangi. Varmaorka brennslustöðvarinnar nýttist til húshitunar í Holtahverfi.

Árið 2008 féllu um 3.000 tonn af úrgangi til árlega í sveitarfélaginu, þar af um 1.200 tonn af óbrennanlegum úrgangi sem ýmist var urðaður eða endurunnin. Þá er úrgangur sem kom til brennslunnar 1.800 tonn frá sveitarfélaginu auk 800 tonnum af brennanlegum úrgangi frá öðrum sveitarfélögum. Talið var að um 35% af þeim úrgangi sem kom til sorpbrennslu væri lífrænn.

Óbrennanlegt sorp var urðað við Klofning í Önundarfirði en brennanlegt sorp var meðhöndlað í sorpbrennslustöðinni. Spilliefnum var eytt í Reykjavík. Funi var varinn snjóflóðum með varnargarði. Líftími sorpbrennslustöðvarinnar var áætlaður 25 ár. Í starfsleyfið Funa kom fram að markvisst skuli unnið að nýtingu úrgangs, m.a. með endurnotkun og endurnýtingu. Staðsetning Funa var nokkuð umdeild á meðal íbúa vegna loft- og sjónmengunar. Við bilun eða takmörkun á virkni hreinsibúnaðar fór útblástur yfir byggð í Skutulsfirði. Gæði búskapar, frístundabúskapar, kirkjugarðs og útivistarsvæða voru talin skerðast að nokkru leyti vegna nálægðar við stöðina. [14]

## 3.2 Aðlögun að Evróputilskipun um brennslustöðvar

Evróputilskipun 2000/76/EC um sorpbrennslu gerði strangari kröfur til sorpbrennsla en áður höfðu verið til staðar, þar á meðal símælingar á útblæstri nokkurra mengunarefna auk mælinga á díoxíni á sex mánaða fresti. Innleiðing tilskipunar á Íslandi þýddi að Funi, ásamt sex öðrum sorpbrennslustöðvum á Tálknafirði, Svínafelli, Kirkjubæjarklaustri, Vestmannaeyjum, Patreksfirði og Suðurnesjum þurftu að setja upp mun betri búnað til brennslu, afgashreinsunar og eftirlits en var til staðar. Talið var að ekki væri rekstrargrundvöllur fyrir sorpbrennslurnar við þessar ákvæðir og var því sótt um undanþágu á þeim forsendum að brennslur væru litlar og því væri óveruleg mengun frá þeim sem hefði engin áhrif á umhverfið. Samþykkt var aðlögun að tilskipuninni þar sem gefin er undanþága frá ákvæðum hennar með þeim skilyrðum að sorpbrennslur myndu uppfylla reglugerðir sem byggðu á eldri tilskipunum og mæling á díoxíni skyldu fara fram einu sinni fyrir ársbyrjun 2008. Auk þess skyldi aðlögunin vera endurskoðuð á a.m.k. fimm ára fresti. [15]

Aðeins fjórar af þeim sjö stöðvum sem fengu undanþágu voru starfandi það lengi að framkvæma þyrfti díoxínmælingu . Stöð á Patreksfirði hóf aldrei rekstur, stöð á Tálknafirði lokaði 2004 líkt og stöð á Suðurnesjum, þar sem að Kalka tók við starfsemi með betri búnaði. Allar stöðvarnar sem störfuðu samkvæmt aðlöguninni höfðu brotið gegn ákvæðum tilskipunarinnar, starfsleyfum og reglugerðum. Krafa um losunarmælingar árlega voru oft ekki uppfylltar og þegar þær voru framkvæmdar voru gildi oft yfir leyfilegum losunarmörkum. Díoxínmælingar voru framkvæmdar í október 2007 á útblæstri frá þremur af fjórum starfandi stöðvum, en ekki í Svínafelli vegna fjárskorts. Mælingar voru teknar í Svínafelli og Kirkjubæjarklaustri í janúar 2011. [16]

**TAFLA 3** Díoxínmælingar í útblæstri 2007 og 2011, [15] Losunarmörk fyrir díoxín skv. tilskipun 2000/76/EC var 0,1 ng TEQ/m$^3$.

| ÁR | SORPBRENNSLUSTÖÐ | MÆLING (NG TEQ/M$^3$) | MARGFALT YFIR MÖRK | HEILDARLOSUN (MG I-TEQ) |
|---|---|---|---|---|
| 2007 | Funi | 2,1 | 21 | 14,4 |
| | Kirkjubæjarklaustur | 9,5 | 95 | 16 |
| | Vestmannaeyjar | 8,4 | 84 | 54 |
| 2011 | Kirkjubæjarklaustur | 5,8 | 58 | |
| | Svínafell | 28,7 | 287 | |

Díoxín (fjölklórað díbensódíoxín, PCDD) er heiti yfir efni sem myndast við ófullkominn bruna á lífrænum efnum á um 200-800°C þar sem klórsameindir eru til staðar, aðallega í iðnaðarferlum og í ófullkominni sorpbrennslu. Allar mælingar voru langt yfir þeim losunarmörkum sem skilgreind voru í tilskipun 2000/76/EC, en ekki var kveðið á um hámark þess í starfsleyfum. Auk þess var heildarlosun metin lítil

þar sem heildarlosun díoxínefnanna var talin lítil. Aðlögunin var ekki endurskoðuð árið 2008 eins og hefði átt að gerast. [15]

Í ársbyrjun 2011 greindist díoxín í mjólkurafurðum frá bænum Efri-Engidal sem var nálægt Funa í Skutulsfirði. Losunarmælingar sem starfsleyfið kvað á um voru ekki framkvæmdar 2006 eða 2008 og voru taldar íþyngjandi fyrir rekstraraðila. Þær mælingar sem voru gerðar gáfu til kynna að stöðin átti erfitt með að halda sig innan skilgreindra losunarmarka. Umhverfisstofnun gaf Funa áminningu í mars 2010 og aftur í maí sama árs. Síðasta starfsleyfi stöðvarinnar var gefið út í febrúar 2007 og átti að gilda til október 2018, en starfsemi var hætt í lok árs 2010 og starfsleyfi fellt úr gildi í mars 2011 þar sem Funi gat með engum hætti staðið undir umbeðnum úrbótum. [17]

### 3.3 Díoxínmælingar í jarðvegi árið 2011

Í kjölfar þess að díoxín mældist yfir mörkum í mjólk í Skutulsfirði í lok 2010 var farið í miklar mælingar á díoxíni í jarðvegi víðsvegar um Ísland. Alls voru tekin 50 sýni, 27 af þeim í nágrenni sorpbrennsla, bæði starfandi og aflagðra, 10 í nágrenni iðnaðarfyrirtækja, fjögur í nágrenni brennustæða og níu viðmiðunarsýni. Engin íslensk umhverfismörk voru til staðar né leiðbeiningar um hvernig bregðast ætti við dioxín styrk í jarðvegi því var notast var við þýsk umhverfismörk og leiðbeiningar til að ákveða aðgerðir. Skv. þeim þurfti ekki að fara í hreinsiaðgerðir ef mælingar voru undir 5 pg samtals af díoxín efnum í grammi af jarðvegi. Skv. viðmiðunum þurfti að draga úr losun frá uppsprettu mengunar ef styrkur væri á bili 5-40 pg/g. Þrjú sýni tekin tengd Funa mældust á þessu bili, þar á meðal sýni í sjávarseti á botni Skutulsfjarðar í 33 pg/g. Engar aðgerðir voru þarfar því Funi hafði hætt rekstri. Sýni á grónu svæði við byggð í Hnífsdal við aflagða sorpbrennslu í Skarfaskeri mældist 12,1 pg/g. Mæling yfir viðmiðunargildi 17 árum eftir síðasta rekstrarár segir til um hversu slæm sú stöð hefur verið. Sýni í Vestmannaeyjum mældist 24,5 pg/g og var stöðinni gert að draga úr losun til að draga úr frekari uppsöfnun. Önnur sýni sem tekin voru í tengslum við sorpbrennslur voru undir 5 pg/g en engin íslensku sýnanna mældust yfir 40 pg/g. [18]

### 3.4 Lokun annarra brennslustöðva

Þó að mest hafi verið fjallað um díoxín, er ljóst að stöðvarnar áttu í erfiðleikum með losun fleiri mengunarefna einnig. Í mælingum sem gerðar voru á Kirkjubæjarklaustri og Svínafelli árið 2011 voru stöðvarnar báðar yfir starfsleyfismörkum fyrir kolmónoxíð og lífræn efnasambönd, auk þess að Svínafell mældist yfir mörkum fyrir losun saltsýru. Einu gildin sem mæld voru þar sem báðar stöðvar voru innan marka starfsleyfis var ryk, en mæld gildi voru 98 mg/m$^3$ og 190 mg/m$^3$ miðað við 200 mg/m$^3$ mörk í starfsleyfi. [16] Án undanþágu væru þessi gildi yfir 10 mg/m$^3$ mörkum settum í BAT niðurstöðum frá 2006. Umhverfisstofnun hafði lagt til að aðlögun að tilskipun ESB um sorpbrennslustöðvar (2000/76/EC myndi vera felld niður í árslok 2012 og þyrftu því stöðvar sem þá voru starfandi að fylgja þeim tilskipunum sem höfðu verið innleiddar án undanþága. Í kjölfar leituðu stöðvar leiða til að halda áfram rekstri, en áttu erfitt með að framfylgja kröfum vegna þess að fjárfestingar í betri búnaði til brennslu, hreinsunar og mælinga var þeim ofviða. Þetta leiddi til lokunar stöðva í Svínafelli, í Kirkjubæjarklaustri og í Vestmannaeyjum á næstu árum. Eftir árið 2012 var því Kalka í Helguvík eina virka brennslustöðin á Íslandi og því engin brennslustöð virk með orkuendurheimt.

# 4 ÞÝÐINGARMIKLIR UMHVERFISÞÆTTIR SORPBRENNSLU

## 4.1 Losun í andrúmsloft

Losun efna frá brennsluferlinu í andrúmsloft er mikilvægasti umhverfisþátturinn þegar kemur að rekstri sorpbrennslu. Því eru gerðar kröfur í starfsleyfi slíkra stöðva um gæði brennslu, hreinsibúnað, mælibúnað, vöktunarmælingar rekstraraðila og eftirlitsmælingar óháðs aðila á útblæstri sem og umhverfisvöktun í nágrenni stöðvarinnar. Í starfsleyfi eru gerðar kröfur um stýringu útblásturs eftir hreinsun á þann hátt að útblástur fari um reykháf upp í ákveðna hæð og útblásturshraði sé yfir ákveðnum mörkum. Rekstraraðili mun þurfa að sýna með loftdreifingarlíkani áætlaða dreifingu útblásturs. Það sem hefur áhrif á losun efna er umfang og samsetning úrgangs sem fer inn í ofninn auk hönnunar- og rekstrarforsenda fyrir bæði ofn og afgashreinsunarkerfi. Miklar framfarir hafa átt sér stað í hreinsibúnaði sorpbrennsla á undanförnum árum sem gerir þeim kleift að vera reknar á mun umhverfisvænni hátt en áður. Alls er losað um 4.500 – 6.000 $m^3$ af afgasi fyrir hvert tonn sem brennt er miðað við stöðluð skilyrði (hiti 273 K, þrýstingur 101,3 kPa og 11% súrefni sem þurrt gas), en magnið fer eftir orkugildi úrgangsins. Eðlilegt gildi miðað við framsettan búnað er um 5.200 $m^3$. Minna afgas myndast við pýrolýsu eða gösun úrgangs.

Ýmis efni losna við brennslu úrgangs og eru uppsprettur þeirra mismunandi auk þess sem ólíkir þættir hafa áhrif á losunina. Losun á díoxín og fúran (PCDD/F) efnum fer eftir samsetningu úrgangsins, viðverutíma og hitastigi í ofninum, en einnig rekstri hreinsikerfisins. Losun á öðrum efnasamböndum kolefnis, t.d. kolmónoxíði og rokgjörnum lífrænum efnum (VOC), sem myndast við ófullkominn bruna lífrænna efna, er aðallega háð tæknilegum forsendum ofnsins auk samsetningu og einsleitni úrgangangsins. Losun ryks er fyrst og fremst ákvarðað af gerð hreinsibúnaðarins og rekstri þess. Losun sýra og gastegunda, HCl, HF, $SO_2$, $NO_X$, sem og málma er háð samsetninguúrgangsins ásamt gerð og gæðum hreinsibúnaðar.

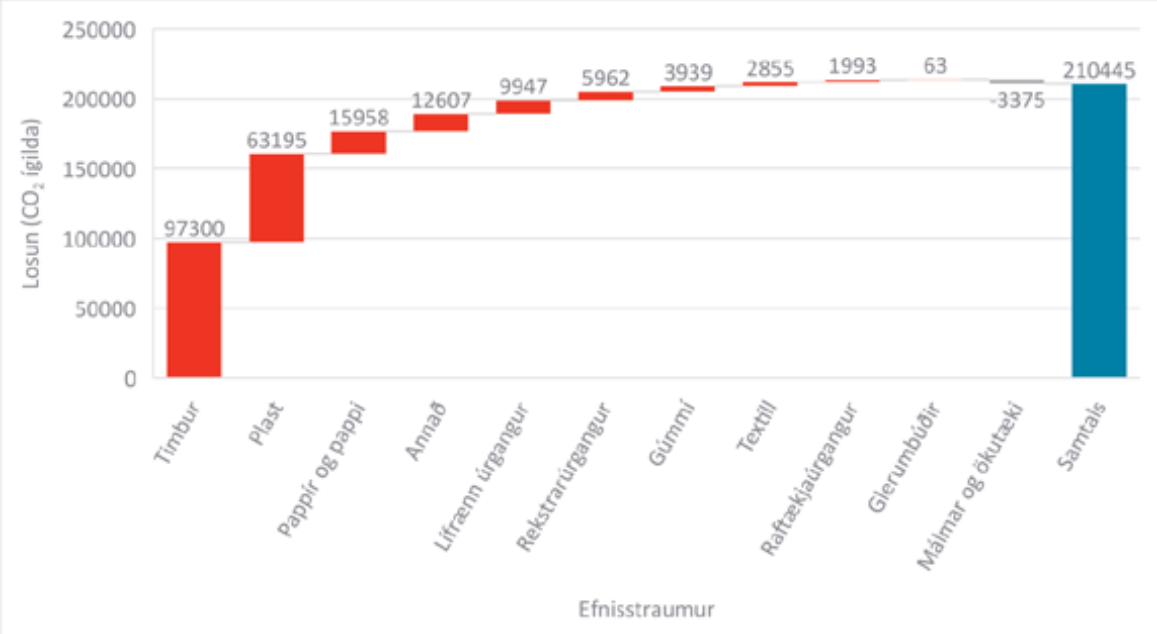
**TAFLA 4** Meginforsendur losunar tiltekinna efna

| MÆLIÞÁTTUR | SAMSETNING ÚRGANGS | GERÐ, GÆÐI REKSTUR OG OFNS | GERÐ, GÆÐI OG REKSTUR HREINSIBÚNAÐS |
|---|---|---|---|
| Díoxín/Fúran (PCDD/F) | X | X | X |
| CO og VOC | X | X | |
| Ryk | | | X |
| HCl, HF, $SO_2$, $NO_X$ | X | | X |
| Málmar | X | | X |

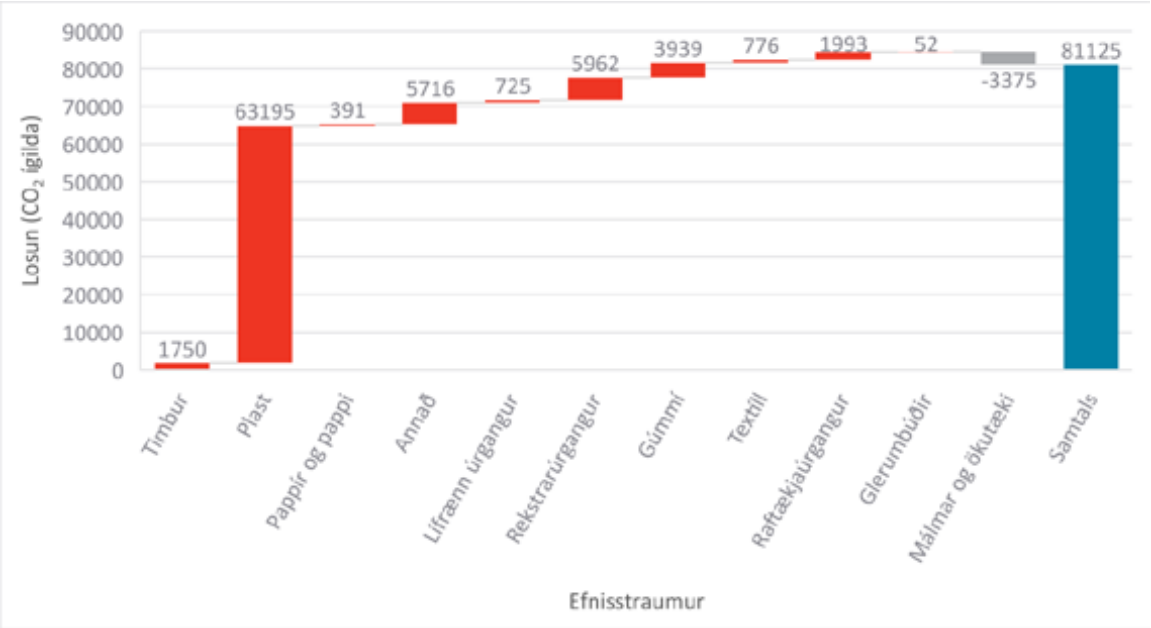
### 4.1.1 Gróðurhúsalofttegundir

Þær gróðurhúsalofttegundir sem losna og reiknað er með frá sorpbrennslustöðvum eru koltvíoxíð ($CO_2$), metan ($CH_4$) og glaðloft ($N_2O$) þar sem það eru megin gróðurhúsalofttegundir sem horft er til í úrgangsstjórnun. [19] Engin viðmiðunarmörk eru sett fram fyrir losun þessara efnasambanda í BATAEL.

Þar sem um 4.500-6.000 $m^3$ af afgasi losnar fyrir brennslu á hverju tonni af úrgangi og styrkur koltvíoxíðs í afgasi er um 5-10%, þá ætti losun að vera á bilinu 400-1.200 kg af koltvíoxíði fyrir hvert tonn af brenndum úrgangi, en nákvæmt magn er háð samsetningu úrgangs. Úrgangur sem fer í brennslustöðina er annars vegar af lífrænum uppruna (en. biogenic), þ.e. t.d. úr plöntum eða af ólífrænum uppruna (en. non-biogenic), uppruninn úr jarðefnaeldsneyti. Í loftslagsbókhaldi Íslands er tilgreint hvað er losað mikið í heildina en aðeins það sem er af ólífrænum uppruna telst til bókhaldsins. Það sama á við þegar kemur að ETS greiðslukerfinu, þar sem er aðeins greitt fyrir þann hluta koltvísýrings sem losnar og er af ólífrænum uppruna. Í loftslagsbókhaldi Íslands sem skilað er til Sameinuðu þjóðanna árlega, er losunarstuðull fenginn fyrir þann hluta sem er af lífrænum uppruna 1,24 tonn $CO_2$ ígildi á tonn af úrgangi og 1,60 t$CO_2$-ígildi/t af þeim sem er af ólífrænum uppruna. Bilið sem gefið er upp í BREF skjölum er 0,7-1,7 t $CO_2$/t. EFLA hefur reiknað út losun koltvíoxíðs mögulegrar hátæknibrennslustöðvar með þá samsetningu sem sett er fram í minniblaði Environice „Hátæknibrennslustöð á Íslandi 2030, Hverju þarf að brenna? “ [1] Útreikningarnir eru gerðir í hugbúnaði GaBi frá Sphera. Þannig fæst út að 209.941 tonn $CO_2$ ígilda losni fyrir 131.087 tonn af úrgangi, eða að meðaltali 1,6 t$CO_2$ ígildi/t. Þar af er 77.751 tonn $CO_2$-ígilda af ólífrænum uppruna og telst til landsbókhalds Íslands eða 0,6 tonn $CO_2$ ígilda á hvert tonn úrgangs. Hlutdeild í plastúrgangi (umbúða, veiðarfæra og annars plasts) er um 80% af losun frá úrgangi af ólífrænum uppruna. Loftslagslegur ávinningur af endurheimt málma er tekinn með í þessa útreikninga en ekki ávinningur við framleiðslu orku.




**MYND 2** Kolefnisspor sorpbrennslu




**MYND 3** Kolefnisspor sorpbrennslu að undanskildum kolefni af lífrænum uppruna.

Umhverfisstofnun hefur lækkað losunarstuðul vegna urðunar úr 1,3 t $CO_2$ ígilda niður í 0,8 t $CO_2$ ígilda á tonn úrgangs eftir að endurmat átti sér stað á meðalsamsetningu úrgangs. Þessi lækkun á stuðlinum var gerð til að stemma við það magn sem myndast hefur á Íslandi undanfarin 20 ár. UST skoðar enn frekari lækkun losunarstuðuls fyrir úrgang í urðun. Stuðull fyrir urðunarstað í Evrópu með góða metanföngun í GaBi hugbúnaðinum er um 0,58 t $CO_2$ígildi/t. Þessi lækkun stuðuls fyrir losun gróðurhúsalofttegunda vegna urðunar hefur gert það að verkum að ekki er svo mikill munur á losun frá urðun og sorpbrennslu. Því má þó ekki gleyma að losun vegna sorpbrennslu gerist á einu augabragði þegar bruni á sér stað á meðan að losun vegna urðunar gerist yfir langt tímabil. Þannig eru

umhverfisáhrif losunarinnar ekki þau sömu. Losun sem á sér stað strax í dag hefur mun meiri áhrif til hlýnunar jarðar en losun sem á sér stað síðar.

Myndun metans á sér stað helst við rotnun úrgangs á geymslustað og við flutninga. Við góðan bruna má áætla að styrkur metans í útblæstri sjá nánast enginn vegna þess að efnið oxast. Metan er 28 sinnum öflugri gróðurhúslofttegund en koltvísýringur ef horft er til 100 ára tímaramma.

Glaðloft ($N_2O$) getur losnað við ófullkominn bruna við hitastig undir 850°C og þegar ekki er nægilegt súrefni til staðar. Afoxun NOx efna sem hluti af hreinsiferli í sorpbrennslustöð getur valdið aukningu í myndun $N_2O$, sérstaklega ef úrea er notað sem afoxari frekar en ammóníak, en einnig ef ferlið er illa stillt.

### 4.1.2 Díoxín, fúran og PCB

Díoxín (fjölklórað díbensódíoxín, PCDD) er heiti yfir efni sem myndast við ófullkominn bruna á lífrænum efnum á um 200-800°C þar sem klórsameindir eru til staðar, aðallega í iðnaðarferlum og í ófullkominni sorpbrennslu. Díoxín ásamt fúran efnum (PCDD/F) eru hópur efna sem sum hver eru eitruð og krabbameinsvaldandi. Losun PCDD/F getur átt sér stað í mörgum háhitaferlum, en er háð ýmsum þáttum; samsetningu úrgangsins, rekstri ofnsins samspili þar á milli, þ.e.a.s. á milli stjórnunar úrgangssamsetningar og hitastýringar ofnsins. Einnig hefur hreinsun útblásturs áhrif. Mikil framþróun hefur átt sér stað í hönnun og rekstri á sorpbrennslu og hreinsibúnaði sem leiðir af sér lágmörkun eða stöðvun útblástur þessara efna. Stjórnun á losun þessara efna er tvíþætt, annars vegar með því að eyða efnunum sem til staðar eru í úrgangi og hins vegar með því að koma í veg fyrir að þau myndist á ný í brennsluferlinu. Til að eyða sem mestu af þessum efnum í ofninum er gerð krafa um að allan úrgang skuli brenna í að minnst tvær sekúndur á yfir 850°C. Ef úrgangur inniheldur meira en 1% af halógenuðum, lífrænum efnum, gefið upp sem klórídræg, er nauðsynlegt að hækka hitann í 1.100°C í að minnsta kosti tvær sekúndur, en það á sér ekki stað nema þegar verið er að brenna spilliefnum. Þetta ferli þ.e. hár hiti og nægjanlega langur viðverutími ætti að eyða díoxín og fúran efnasamböndum sem myndast hafa í brennsluferlinu nægilega vel. Hætta á myndun díoxínefna er sérstaklega til staðar við ræsingu brennsluofnsins , þar sem myndun þessara efnasambanda verður á hitastigs bilinu á milli 250°C og 350°C þegar nægjanlegt magn af kolefni og klóri er til staðar og því mögulegt að ein ræsing geti valdið meiri losun á þessum efnum en vikur eða jafnvel mánuðir af samfelldri keyrslu. Uppsöfnun á efnum í hreinsibúnaði á meðan slökkt er á kerfinu getur einnig verið valdur á aukinni losun við ræsingu.

Fjölklóruð bífenýl (PCB) efni sem líkjast díoxín í hegðun (PCB-DL) er til í litlu magni í flestum straumum almenns úrgangs og í einhverjum rekstrarúrgangi. PCB-DL efni eru algengari í spilliefnaúrgangi og er þeim eytt með hærra hitastigi í ofninum, eða allt að 1200°C.

PCDD/F og PCB-DL eru mæld með reglubundinni mælingu á sex mánaða fresti með þeim skilyrðum að styrkur PCB sé undir 0,01 ng/m$^3$ og styrkur PCDD/F efnasambanda hafi verið mældur með svipað gildi í 6-7 mælingum fyrir neðan hámark. Annars þarf að mæla þessi efnasambönd einu sinni í mánuði yfir samfellt tímabil. Til hreinsunar á þessum efnum hefur COWI lagt til innspýtingu af virku kolefni ásamt stjórnkerfi brunans og mögulegri endurnotkun afgas. Auk þess hreinsa pokasíur mikið af efnunum með ryki. [20] Þessar aðferðir eru samkvæmt BREF.

### 4.1.3 Önnur efnasambönd kolefnis

Losun kolmónoxíðs (CO) og rokgjarnra lífrænna efnasambanda (VOC) er háð hönnunarforsendum brunahólfs ásamt blöndun úrgangsins áður en hann er brenndur. Mörg efnahvörf eiga sér stað við brennslu úrgangs og sum eru ófullkomin, sem myndar ýmis sambönd kolefnis. Kolmónoxíð er einfaldasta dæmi um slíkt en það myndast við of lágt hitastig eða við of lágan styrk súrefnis þar sem oxun kolefnis næst ekki til fulls til að mynda koltvíoxíð. Gerð er krafa skv. BREF um samfelldar mælingar á báðum efnasamböndunum og segir styrkur þeirra til um gæði brennslunnar.

### 4.1.4 Ryk

Um er að ræða rykmengun í mismunandi kornastærðum, aðallega fín aska sem verður til við bruna. Magn ryks getur verið gríðarlegt en hreinsibúnaður, þá sérstaklega pokasíur sjá til þess að styrkur ryks lækkar úr dæmigerðum mæligildum fyrir órheinsað útloft þ.e.1.000-5.000 mg/Nm$^3$ yfir í það gildi sem standast kröfur BATAEL þ.e.2-5 mg/Nm$^3$. Í ryki eru bundin efni eins og málmklóríð og díoxín/fúran efnasambönd (PCDD/F) sem fara úr ferlinu með hreinsun ryksins. Hreinsibúnaður hefur áhrif á meðal kornastærð ryks sem losað er, þar sem meiri kröfur á hreinsibúnað/síur lækka meðal kornastærð ryksins sem losað er. Gerð er krafa um samfelldar rykmælingar í sorpbrennslustöðvum skv. BREF. COWI leggur fram pokasíu til rykhreinsunar, sem algengast er samkvæmt BREF. [20]

### 4.1.5 Sýrur, gastegundir og ammóníak

Losun súrra gastegunda svo sem saltsýra (HCl) og vetnisflúoríðs (HF) ásamt öðrum vetnishalógenum (HBr, HI) auk annarra gastegunda eins og brennisteinsoxíð ($SO_2$), köfnunarefnisoxíð ($NO_x$) og ammóníak ($NH_3$) er að mestu leiti háð samsetningu úrgangsins auk gæða hreinsibúnaðarins. Meginuppspretta súrra halogenerðra gastegunda eru plastefni sem innihalda halógen, þá sérstaklega PVC í tilfelli klórs. Saltsýra hefur neikvæð áhrif á gróður og er ertandi. Losun saltsýru er mæld samfellt skv. kröfum BREF, en HF má mæla á sex mánaða fresti ef sýnt er fram á stöðugan styrk í útblæstri með samfelldum mælingum fyrst um sinn. COWI leggur fram hálfþurra hreinsun aflofts með alkalínsku efni eins og kalkvatni ásamt pokasíu. [20] Þetta eru aðferðir sem greint er frá í BREF.

Við brennslu úrgangs sem innihalda brennisteinsefnasambönd eins og úrgangspappír, ristarúrgangu og gifs myndast $SO_2$ og efni sem innihalda köfnunarefnissambönd mynda $NO_x$. Það síðarnefnda getur einnig myndast við það að loft úr andrúmsloftinu er notað við brennslu og er það efnahvarf, oxun niturs úr andrúmslofti yfir í $NO_x$ algengt við hitastig yfir 1.000°C. Bæði efnin $SO_2$ og $NO_X$ eru mæld samfellt. COWI leggur fram hálfþurra hreinsun aflofts, en kostur við það er að hægt er að hreinsa $SO_2$ , HCl og HF í sama kerfi. Fyrir afnoxunarkerfi (DeNOx) hefur Cowi lagt til að nota SNCR, kerfi án efnahvata. [20] Fjallað er um þessi kerfi í BREF.

Afnoxunarkerfi eru notuð og er nauðsynlegur til þess að lágmarka losun $NO_x$ í andrúmsloftið og til að uppfylla kröfur BATAELS sem tilgreind eru í BREF. Því fylgir notkun á ammóníaki eða úrea og hefur það valdið því að krafa er orðin um samfellda mælingu á ammóníaki. DeNOx búnaður er annað hvort með efnahvötum (SCR) eða án þeirra (SNCR). Búnaður með efnahvötum er dýrari og fer ferlið þ.e. afoxun $NO_x$ fram á milli 150-450°C. Oftast er hitaþörf lágmörkuð með því að láta ferlið fara fram á bilinu 180-

250°C, þó svo að þá sé þörf á meira magni af efnahvata. Slíkur búnaður með efnahvata getur náð $NO_x$ hreinsun upp að 96% og einnig er hægt að hanna hann þannig að hann virki til hreinsunar á 98-99,9% af PCDD/F sem eftir eru í afgasinu. Búnaður án efnahvata nær hreinsun upp á 50-80% fyrir $NO_x$ og virkar best við hitastig í kringum 850-950°C. [21] Skilvirkni SNCR kerfa getur verið bætt með góðri stjórn á innspýtingu ammóníaks, en of lítið ammóníak veldur losun á $NO_x$ og of mikið veldur losun á ammóníaki.

Rannsóknir hafa sýnt að óbein umhverfisáhrif af notkun efnahvata til að fjarlægja $NO_x$ geta valdið því að hverfandi ávinningur sé af ferlinu miðað við ferli án efnahvata, sérstaklega þegar kemur að gróðurhúsaáhrifum, en það á við aðallega ef olía er notað til að endurhita gas fyrir SCR ferlið. Það þarf því frekari rannsóknir til að meta hvort enn lægra BATAEL gildi sé í heildina jákvætt fyrir umhverfið. [22].

Í ljós kom í upplýsingaöflun fyrir útgáfu BREF árið 2016 að 170 sorpbrennslulínur voru með SNCR, 133 með SCR og 19 með hvoru tveggja. Mismunur í notkun þessara aðferða virðist vera afgerandi á milli landa, t. d.eru allar sorpbrennslur í Danmörku og Svíþjóð með SNCR en allar í Austurríki hins vegar með SCR en nokkuð jöfn skipti eru á milli notkunar DeNOX búnaðar með eða án efnahvata í Frakklandi og Þýskalandi.

### 4.1.6 Þungmálmar

Losun þungmálma eins og kvikasilfurs (Hg), kadmíns (Cd), þallíns (Tl), arsens (As), nikkels (Ni) og blýs (Pb) er háð því að þessir málmar séu til staðar í úrganginum sem kemur inn í brennslustöðina, auk þess hversu vel afgasið er hreinsað. Þessir málmar eru skaðlegir umhverfinu þar sem þeir safnast fyrir í lífverum og valda eituráhrifum. Skv. skýrslu Cowi er ætlunin að pokasíur og innspýting virks kolefnis virki til þess að hreinsa þessa málma úr útblásturslofti.

Kvikasilfur má enn finna í almennum úrgangi, sérstaklega í rafhlöðum, hitamælum og slíkum búnaði sem ætti að sérsafna en flokkun er ekki fullkomin. Kvikasilfur skal skv. BREF mæla samfellt, en ef þær mælingar sýna fram á að kröfur BATAEL séu uppfylltar, þá má framkvæma reglubundnar mælingar á sex mánaða fresti.

Kadmín er í vissum raftækjum sem ætti að sérsafna, vissum málningum sem ætti að skila sem spilliefni og vissum plasttegundum. Þalín er varla til staðar í úrgangsstraumum.

Aðrir málmar og efnasambönd þeirra eru teknir saman í einn flokk. Þarna eru meðal annars krabbameinsvaldandi málmar eins og arsen og króm (IV) sem og málmar sem geta valdið eituráhrifum. Málmar, aðrir en kvikasilfur, skulu skv. BREF kröfum mældir á sex mánaða fresti. Fyrir hreinsun málma er nýtt innspýting virks kolefnis, auk þess að mikið af málmum eru hreinsaðir með ryki í pokasíum. [20] Þessar aðferðir er tilgreind í BREF.

### 4.1.7 Losunarmörk í andrúmsloft

Tafla 5 sýnir þau losunarmörk sem skilgreind eru samkvæmt tilvísunarskjölum um bestu aðgengilegu tækni (BAT Associated Emission Levels). [9]

**TAFLA 5** Losunarmörk skv. BATAELs fyrir sorpbrennslur

| MÆLIÞÁTTUR | LÆGRA GILDI | HÆRRA GILDI | HÆRRA GILDI (NÚVERANDI BRENNSLU STÖÐVAR) | MÆLINGARTÍMABIL |
|---|---|---|---|---|
| Ryk (mg/Nm$^3$) | 2,00 | 5,00 | 5,00 | Daglegt meðaltal |
| Cd/Tl (mg/Nm$^3$) | 0,005 | 0,02 | 0,02 | Meðaltal yfir sýntökutímabil |
| Sb/As/Pb/Cr/Co/Cu/Mn/Ni/V (mg/Nm$^3$) | 0,01 | 0,30 | 0,30 | Meðaltal yfir sýntökutímabil |
| HCl (mg/Nm$^3$) | 2,00 | 6,00 | 8,00 | Daglegt meðaltal |
| HF (mg/Nm$^3$) | | <1 | 1,00 | Daglegt meðaltal eða meðaltal yfir sýntökutímabil |
| $SO_2$ (mg/Nm$^3$) | 5,00 | 30,00 | 40,00 | Daglegt meðaltal |
| $NO_x$ (mg/Nm$^3$) | 50,00 | 120,00 | 150,00 | Daglegt meðaltal |
| CO (mg/Nm$^3$) | 10,00 | 50,00 | 50,00 | Daglegt meðaltal |
| $NH_3$ (mg/Nm$^3$) | 2,00 | 10,00 | 10,00 | Daglegt meðaltal |
| TVOC (mg/Nm$^3$) | 3,00 | 10,00 | 10,00 | Daglegt meðaltal |
| PCDD/F (ng I-TEQ/Nm$^3$) | 0,01 | 0,04 | 0,06 | Meðaltal yfir sýntökutímabil |
| PCDD/F (ng I-TEQ/Nm$^3$) | 0,01 | 0,06 | 0,08 | Meðaltal yfir lengra sýntökutímabil |
| PCDD/F+PCB (ng WHO-TEQ/Nm$^3$) | 0,01 | 0,06 | 0,08 | Meðaltal yfir sýntökutímabil |
| PCDD/F+PCB (ng WHO-TEQ/Nm$^3$) | 0,01 | 0,08 | 0,10 | Meðaltal yfir lengra sýntökutímabil |
| Hg (mg/Nm$^3$) | 0,005 | 0,020 | 0,020 | Daglegt meðaltal eða meðaltal yfir sýntökutímabil |
| Hg (mg/Nm$^3$) | 0,001 | 0,010 | 0,01 | Meðaltal yfir lengra sýntökutímabil |

Í samræmi við leiðbeiningar BREF þá eru þessi gildi gefin á bili, frekar en sem stakt gildi þar sem bil getur náð yfir meiri breytileika í tækni, hönnunarforsendum (stærð og afkastagetu) og ætluðum tilgangi, til dæmis ef framleidd afurð verksmiðju er af mismunandi gæðum. Betra þykir að nota bil en eitt gildi í gerð BREF þar sem bil gefur betri upplýsingar. Stök gildi eru notuð þegar erfitt er að skilgreina neðri enda bils. Gefið er hærra gildi fyrir núverndi stöðvar sem eru stöðvar sem fengið hafa starfsleyfi fyrir útgáfu BREF og þurfa þær að uppfylla skilyrðin innan fimm ára frá útgáfu þeirra. BATAEL eru ákvörðuð út frá raungildum frá brennslustöðvum, þar sem neðra gildi tekur tillit til frammistöðu stöðva við venjuleg rekstrarskilyrði með bestu aðgengilegri tækni og uppfyllir því bestu mögulegu umhverfislega frammistöðu. Efra gildi er ákvarðað að teknu tilliti til breytileika í frammistöðu sem getur átt sér stað þrátt fyrir venjulegar rekstrarforsendur og innleiðingu BAT. Hvert og eitt starfsleyfi ákveður hámarkslosun þessara efna innan BATAEL bils. Líklegt er að fyrst um sinn sé aðallega horft til hærri gilda þegar starfsleyfi eru sett í dag, þar sem miklu meiri óvissa er í mælingum nálægt lægri gildum bilsins, en mögulegt er að horft verði nær lægri enda bilsins þegar líður á virknitíma BREF skjalanna.

### 4.1.8 Mælingar

Tafla 6 sýnir lágmarkskröfur til mælinga í starfsleyfi sorpbrennsla samkvæmt BAT.

**TAFLA 6** Kröfur til mælinga mengunarefna skv. BAT

| | LÁGMARKS KRAFA TIL MÆLINGA | MÆLINGARTÍMABIL |
|---|---|---|
| Ryk (mg/Nm$^3$) | Samfelld | Daglegt meðaltal |
| Cd/Tl (mg/Nm3) | Reglubundin – sex mánuðir | Meðaltal yfir sýntökutímabil |
| Sb/As/Pb/Cr/Co/Cu/Mn/Ni/V (mg/Nm$^3$) | Reglubundin – sex mánuðir | Meðaltal yfir sýntökutímabil |
| HCl (mg/Nm$^3$) | Samfelld | Daglegt meðaltal |
| HF (mg/Nm$^3$) | Samfelld[1] | Daglegt meðaltal eða meðaltal yfir sýntökutímabil |
| $SO_2$ (mg/Nm$^3$) | Samfelld | Daglegt meðaltal |
| NOx (mg/Nm$^3$) | Samfelld | Daglegt meðaltal |
| CO (mg/Nm$^3$) | Samfelld | Daglegt meðaltal |
| $NH_3$ (mg/Nm$^3$) | Samfelld | Daglegt meðaltal |
| TVOC (mg/Nm$^3$) | Samfelld | Daglegt meðaltal |
| PCDD/F (ng I-TEQ/Nm$^3$) | Reglubundin – sex mánuðir | Meðaltal yfir sýntökutímabil |
| PCDD/F (ng I-TEQ/Nm$^3$) | Samfelld einu sinni á mánuði[2] | Lengra sýntökutímabil |
| PCDD/F+PCB (ng WHO-TEQ/Nm3) | Reglubundin – sex mánuðir | Meðaltal yfir sýntökutímabil |
| PCDD/F+PCB (ng WHO-TEQ/Nm$^3$) | Samfelld einu sinni á mánuði[3] | Lengra sýntökutímabil |
| Hg (mg/Nm$^3$) | Samfelld[4] | Daglegt meðaltal eða meðaltal yfir sýntökutímabil |
| Hg (mg/Nm$^3$) | Reglubundin – sex mánuðir | Lengra sýntökutímabil |
| Benzopyrene | Reglubundin -- árlega | Meðaltal yfir sýnatökutímabil |

1 Mælingar á HF mega vera reglubundnar á sex mánaða fresti ef sýnt er fram á stöðugleika í mælingum

2 Mælingar á PCDD/F mega vera reglubundnar á sex mánaða fresti ef sýnt er fram á stöðugleika í mælingum

3 Mælingar á PCB-DL mega vera reglubundnar á sex mánaða fresti ef styrkur PCB < 0,01 ng/m$^3$

4 Mælingar á Hg mega vera reglubundnar á sex mánaða fresti með lengra sýnatökutímabili ef sýnt er fram á lágt innihald Hg

Mælingar eru skilgreindar samkvæmt töflu 6.

**TAFLA 7** Skilgreiningar mælingartímabila skv. BREF

| TEGUND MÆLINGA | TÍMABIL | SKILGREINING |
|---|---|---|
| Samfelld | Hálftímameðaltal | Meðaltal samfelldra mælinga yfir hálftíma |
| | Daglegt meðaltal | Meðaltal yfir sólahringstímabil byggt á hálftímameðaltalsgildum |
| Reglubundin | Meðaltal yfir sýnatökutímabil | Meðaltal yfir a.m.k. þrjár mælingar í röð, hver um sig a.m.k. 30 mínútur |
| | Lengri tíma sýnatökutímabil | Meðaltal yfir sýnatökutímabil sem nær yfir 2-4 vikur |

Nýjungar í nýjustu útgáfu BREF frá 2019 eru samfelldar mánaðarlegar mælingar á díoxíni/fúran (PCDD/F) eða díoxíoni/PCB (PCDD/F+PCB) og samfelldar mælingar á kvikasilfri (Hg). Hægt er að breyta þessum mælingum í sex mánaða reglubundnar mælingar með vissum skilyrðum. Einnig kemur nýtt inn samfelld mæling á ammóníaki ($NH_3$), þar sem aukin notkun hefur verið á efninu til að uppfyllakröfur um styrk köfnunarefnisoxíðs ($NO_X$) í útblæstri.

Í upplýsingasöfnun við vinnslu BREF voru tekin saman eðlileg gildi mengunarefna í afgasi eftir suðuketil en fyrir allt hreinsiferlið. Tafla 8 sýnir mæld gildi fyrir stöðvar sem taka við föstum úrgangi, án spilliefna ásamt hærra gildi BATAEL bils. Þá sýnir taflan hversu mikið hreinsibúnaður þarf að hreinsa til þess að kröfur séu uppfylltar og sýnir með því fyrir hvaða efni/efnasambönd hreinsibúnaðurinn er mikilvægastur. Þessi samanburður sýnir einnig að gerð, gæði og rekstur hreinsibúnaðarins skiptir mjög miklu máli hvað varðar losun mengandi efna frá sorpbrennslustöð.

**TAFLA 8** Mæld gildi á afgasi fyrir hreinsbúnað borið saman við BATAEL gildi.

| | MÆLD GILDI | HÆRRA GILDI SKV. BATAEL | HVERSU MIKIÐ ÞARF AÐ HREINSA (%) |
|---|---|---|---|
| Ryk ($mg/Nm^3$) | 1000-5000 | 5,00 | 99,5-99,9 |
| Cd/Tl ($mg/Nm^3$) | <3 | 0,02 | 99,3 |
| Sb/As/Pb/Cr/Co/Cu/Mn/Ni/V ($mg/Nm^3$) | <50 | 0,30 | 99,4 |
| HCl ($mg/Nm^3$) | 500-2000 | 6,00 | 98,8-99,7 |
| HF ($mg/Nm^3$) | 5-20 | 1,00 | 80-95 |
| $SO_2$ ($mg/Nm^3$) | 200-1000 | 30,00 | 85-97 |
| $NO_x$ ($mg/Nm^3$) | 150-500 | 120,00 | 20-76 |
| CO ($mg/Nm^3$) | 5-50 | 50,00 | 0 |
| $NH_3$ ($mg/Nm^3$) | NA | | |
| TVOC ($mg/Nm^3$) | 1- 10 | 10,00 | 0 |
| PCDD/F (ng I-TEQ/$Nm^3$) | 0,5-10 | 0,04 | 92,0-99,6 |
| PCDD/F (ng I-TEQ/$Nm^3$) | 0,5-10 | 0,06 | 88,0-99,4 |
| PCDD/F+PCB (ng WHO-TEQ/$Nm^3$) | 0,5-10 | 0,06 | 88,0-99,4 |
| PCDD/F+PCB (ng WHO-TEQ/$Nm^3$) | 0,5-10 | 0,08 | 84,0-99,2 |
| Hg ($mg/Nm^3$) | 0,05-0,5 | 0,02 | 60,0-96,0 |
| Hg ($mg/Nm^3$) | 0,05-0,5 | 0,01 | 80,0-98,0 |

Ósamræmi varðandi mælitímabil

Komið hefur upp misræmi í skilgreiningum varðandi við hvaða aðstæður mælingar fara fram. Í leiðbeiningaskjali um bestu aðgengilegu tækni, BREF þar sem losunarmörk, BATAEL eru skilgreind er tilgreint að gildin eigi við mælingar við venjuleg rekstrarskilyrði (en. Normal Operating Conditions, NOC). Þetta kemur að vísu ekki fram nákvæmlega í textanum þar sem BATAEL er sett fram en kemur þó fram í BREF skjalinu. Hins vegar kemur fram í sjálfri tilskipun ESB, IED að mælingarnar skuli fara fram yfir virkan rekstrartíma (en. Effective operating time, EOC) sem getur innifalið rekstur utan venjulegra aðstæðna, t.d. við bilun í hreinsibúnaði. Þetta ósamræmi varðandi mælitímabil skapar ákveðna óvissu varðandi  þær kröfur sem gerðar eru.

## 4.2 Losun í vatn

Frárennsli frá sorpbrennslu getur verið frá nokkrum uppsprettum s.s. yfirborðsvatns frá akstursleiðum, bílaplönum og meðhöndlunar og úrgangsgeymslusvæðum, kælivatn, en mikilvægustu straumarnir eru frárennsli frá afgashreinsikerfi og frá botnöskuhreinsun. Aðeins verður mikið um losun úr afgashreinsibúnaði í frárennslisvatn ef notast er við vothreinsun, en lagt hefur verið til að nýta hálf-þurrt hreinsikerfi (semi-dry). Mikið af efnum geta safnast upp við botnöskuhreinsun, sem er ekki enn gert ráð fyrir í hönnun stöðvarinnar eins og er, en líklegt er að það bætist við. Í BREF eru lagðar til aðferðir bæði til að draga úr magni frárennslis, en einnig lágmarka styrk úrgangsefna í því. Tafla 9 sýnir losunarmörk og nauðsynlega mælitíðni vegna losunar í frárennsli.

**TAFLA 9** BATAEL losunargildi í vatn

| LOSUNARÞÁTTUR | LÁGGILDI | HÁGILDI | UPPRUNI* | MÆLINGARTÍÐNI |
|---|---|---|---|---|
| Svifagnir - TSS (mg/L) | 10 | 30 | Afgashreinsun<br>Botnöskuhreinsun | Daglega<br>Mánaðarlega |
| Lífrænt kolefni - TOC (mg/L) | 15 | 40 | Afgashreinsun<br>Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega<br>Mánaðarlega |
| As (mg/L) | 0,01 | 0,05 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Cd (mg/L) | 0,005 | 0,03 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Cr (mg/L) | 0,01 | 0,1 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Cu (mg/L) | 0,03 | 0,15 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Hg (mg/L) | 0,001 | 0,01 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Ni (mg/L) | 0,03 | 0,15 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Pb (mg/L) | 0,02 | 0,06 | Afgashreinsun<br>Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega<br>Mánaðarlega |
| Sb (mg/L) | 0,02 | 0,9 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Tl (mg/L) | 0,005 | 0,03 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Zn (mg/L) | 0,01 | 0,5 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| NH4-N (mg/L) | 10 | 30 | Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega |
| Klóríð (Cl-) | | | Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega |
| Sulphate - $SO_4^{2-}$ (mg/L) | 400 | 1000 | Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega |
| PCDD/F (ng I-TEQ/L) | 0,01 | 0,05 | Afgashreinsun<br>Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega<br>Sex mánaða fresti |

*Efni með uppruna í afgashreinsun eiga aðallega við um vothreinsun. Ekki eru losuð efni í frárennsli í þurrum eða hálfþurrum hreinsibúnaði.

Til samanburðar er sett fram í töflu 10 mörk sem frárennslisvatn þarf að uppfylla fyrir losun í fráveitukerfi í núgildandi starfsleyfi Kölku.

**TAFLA 10** Mæliþættir og losunarmörk frárennslis í starfsleyfi Kölku og samanburður við hærri mörk BATAELsem tiltekin eru í leiðbeiningaskjali ESB, BREF.

| MÆLIÞÁTTUR | STYRKUR (MG/L) | SAMANBURÐUR VIÐ BATAEL |
|---|---|---|
| Svifagnir | 70 | 230% |
| Hg | 0,05 | 500% |
| Cd | 0,1 | 333% |
| Pb | 0,2 | 333% |
| Ni | 0,5 | 333% |
| Cu | 0,5 | 333% |
| Cr | 0,5 | 500% |

| MÆLIÞÁTTUR | STYRKUR (MG/L) | SAMANBURÐUR VIÐ BATAEL |
|---|---|---|
| Zn | 0,5 | 200% |
| As | 1,0 | 300% |
| Olía | 15 | N/A |
| pH | 2,0-11,0 | N/A |

## 4.3 Umhverfisáhrif flutninga

Þar sem um er að ræða einn afhendingarstað fyrir brennanlegan úrgang sem kemur í stað margra urðunarstaða, er ljóst að um er að ræða heildaraukningu í flutningi á úrgangi og verulega breytingu á hvernig þeim flutningi er háttað. Til að lágmarka umhverfisáhrif af þessum flutningum er mikilvægt að hanna í heildrænni mynd flutningakerfi úrgangs fyrir landið, en það getur verið töluverðáskorun. Til samanburðar, tók brennslustöð Amager Bakke við 599.000 tonnum af brennanlegum úrgangi árið 2020, 89% af þeim úrgangi kemur frá þeim fimm sveitarfélögum sem eiga stöðina, sem alls eru rétt rúmir 200 ferkílómetrar að stærð, eða minna en Reykjavík. Íbúafjöldi sveitarfélaganna er um 850.000, en stöðinn á að sinna um framleiðslu um 650.000 íbúa ásamt 68.000 fyrirtækja og er því úrgangur frá heimilum aðeins 23% af heildinni. Stöð á Íslandi á að taka á móti einum fimmta af magninu sem þessi stöð tekur frá 500 sinnum stærra svæði, sem undirstrikar mikilvægi þess að flutningar á úrganginum séu vel skipulagðir. Við skipulagningu flutninga þarf að lágmarka geymslutíma á sorpi á hverjum stað fyrir sig en tilhögun flutninga og vörustjórnun úrgangsflutninga hefur áhrif á stærð geymslurýmis sorpbrennslunnar sjálfrar og verður það ákvarðað við frekari hönnun brennslustöðvarinnar. Lágmarka þarf flutninga einnig vegna kolefnisspors og vegslits. Brennslustöð Amager Bakke tekur við um 250-300 flutningabílum á dag sem eru með að meðaltali 6,5-7 tonn af úrgangi hver. Ef stöð á Íslandi væri með sama flutningsfyrirkomulag, væru að koma þar um 55-60 flutningabílar daglega. Líklega verða flutningar ekki eins stöðugir og má því búast við færri flutningabílum, hver með meira magni.

Flutningar að brennslustöðinni geta líklega ekki átt sér stað beint frá öllum svæðum á Íslandi og mögulegt væri að nauðsynlegt sé að setja upp böggunarstöðvar á 2-3 stöðum, til dæmis á Norðurlandi, Austurlandi og mögulega Vesturlandi eða Vestfjörðum, nálægt stærri uppsprettum úrgangs. Algengt er að flytja úrgang að urðunarstöðum í gámum eða pressugámum, oft tvo í einu sem að hámarki er um 10 tonn af úrgangi. Bílar sem flytja baggaðan úrgang frá móttökustöð í Gufunesi upp að urðunarstað í Álfsnesi ná að flytja meiri þyngd í einni ferð. Böggun takmarkar einnig lyktarmyndun og leyfir lengri geymslutíma. Í greiningu Resource International á þörf á sorpbrennslu kom fram að árið 2018 var um 70% af úrgangi sem áætlaður var að enda í brennslu uppruninn á Höfuðborgarsvæðinu og magnið er 86% ef tekið er með Vesturland, Suðurland og Suðurnes. [23] Þessi landssvæði munu geta nýtt sér beina flutninga á meðan betra er fyrir hin landssvæðin að safna saman úrgangi á nokkrum miðlægum böggunarstöðum til áframflutninga. Stærðargráðan á þessum flutningum er þannig að 875.000 km eru keyrðir í um 20.000 ferðum árlega og verður það valdandi 2.670 tonnum af $CO_2$ ígildum árlega þangað til að þessir bílar keyra á öðru eldsneyti en gerist í dag. Ef sömu ferðir væru keyrðar á sorpbrennslu staðsett á Vestfjörðum, þá væru það um 3,6 milljón km og um 13.600 tonn $CO_2$ ígilda árlega. Þannig er kolefnisspor flutninga fyrir sorpbrennslu sem staðsett er á Vestfjörðum um 10930 tonn $CO_2$ ígildi hærra eða um fjórum sinna hærra en fyrir brennslustöð sem staðsett er innan höfuðborgarsvæðisins. Ekki er um að ræða nákvæma staðsetningu hér, sem takmarkar nákvæmni reikninganna. Hægt væri að skoða möguleikann á því að úrgangur frá þessum landssvæðum væri fluttur með skipi. Heildræn skoðun þarf að fara fram á því hvernig flutningar úrgangs eiga að eiga sér stað á einn endastað.

**TAFLA 11** Kolefnisspor flutnings úrgangs miðað við að brennslustöðin sé á höfuðborgarsvæðinu

| LANDSSVÆÐI | FERÐIR INNAN SVÆÐIS (KM) | FERÐIR UTAN SVÆÐIS (KM) | LOSUN VEGNA FERÐA (T CO2 ÍG) |
|---|---|---|---|
| Höfuðborgarsvæði | 276000 | 0 | 560 |
| Suðurnes | 17000 | 14000 | 90 |
| Suðurland | 40000 | 24000 | 180 |
| Austurland | 16000 | 102000 | 450 |
| Norðurland | 47000 | 182000 | 840 |
| Norðvesturland | 13000 | 38000 | 180 |
| Vestfirðir | 10000 | 45000 | 210 |
| Vesturland | 22000 | 28000 | 160 |
| **Samtals** | **441000** | **433000** | **2670** |

### 4.3.1 Flutningar erlendis

Ef allur brennanlegur úrgangur er fluttur erlendis til meginlands Evrópu, til dæmis til Svíþjóðar á fjögurra vikna fresti, væru það 13 ferðir á ári með 10.000 tonn af úrgangi í hvert sinn. Flutningar innanlands á úrganginum breytast ekki, nema skip sigli þannig að það taki úrgang frá nokkrum höfnum í kringum Ísland. Ferðin frá Reykjavík til Svíþjóðar ef miðað er við 40% nýtingu skipsins losar um 625 tonn $CO_2$ ígilda og er þá framleiðsla á eldsneytinu meðtalin. Heildarlosun á ári væri þá um 8.125 tonn miðað við 13 ferðir. Þessi losun gæti lækkað með notkun á annars konar eldsneytistegundum í framtíðinni.

## 4.4 Samfélag, fólk og heilsa

### 4.4.1 Hljóðvist

Hávaði af völdum sorpbrennslu er sambærilegur annarri iðnaðarstarfsemi og orkuframvinnslum. Nýjar stöðvar eru byggðar að langmestu leiti innan lokaðra bygginga þar sem starfsemi svo sem losun úrgangs, vélræn forvinna, afgashreinsun og meðhöndlun úrgangsefna fer fram. Þeir þættir sem eru mikilvægastir þegar kemur að hávaða í þessari starfsemi eru flutningatæki, vélræn meðhöndlun úrgangs, viftur fyrir afgashreinsun, kælikerfi (sérstaklega loftkæling eimsvala), raforkuframleiðsla, neyðarlosun vegna þrýstings í suðukatli, þéttar fyrir loft og flutningar botnösku innan svæðis.

Lagalegar kröfur vegna hljóðvistar eru skilgreindar í reglugerð 724/2008 um hávaða. Kröfur gerðar til atvinnustarfsemi eins og sorpbrennslustöðvar eru þær að rekstraraðili skal leitast við að halda niðri hávaða frá starfseminni og tryggja að hávaði frá starfseminni sé í samræmi við reglugerðina. Kröfur í starfsleyfi Kölku varðandi hávaða eru þær að hávaði við húsvegg utan vinnusvæðis rekstraraðila skal ekki fara yfir 70 dB(A)LAeq á iðnaðarsvæði og 55 dB(A)$L_{Aeq}$ í íbúðabyggð.

Tafla 12 sýnir mörk fyrir hávaða frá atvinnustarfsemi skv. rg. 724/2008.

**TAFLA 12** Mörk fyrir hávaða frá atvinnustarfsemi

| TEGUND HÚSNÆÐIS | MÖRK FYRIR ATVINNUSTARFSEMI (DB) |
|---|---|

| | $L_{AEQ(07-19)}$ | | $L_{AEQ(19-23)}$ | | $L_{AEQ(23-07)}$ | | $LA_{FMAX\ NÓTT}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Við húsvegg | Inni | Við húsvegg | Inni | Við húsvegg | Inni | Inni |
| Íbúðarhúsnæði á íbúðarsvæðum | 50 | 30 | 45 | 30 | 40 | 25 | 40 |
| Íbúðarhúsnæði á verslunar-, þjónustu- og miðsvæðum | 55 | 30 | 55 | 30 | 40 | 30 | 45 |
| Dvalarrými á þjónustustofnunum þar sem sjúklingar eða vistmenn dvelja yfir lengri tíma | 60 | 35 | 50 | 35 | 50 | 30 | 45 |
| Iðnaðarsvæði og athafnasvæði | 70 | | 70 | | 70 | | |
| Frístundabyggð | 35 | | 35 | | | | 35 |
| Leik- og grunnskólar | 50 | 30 | | | | | |
| Kennslurými framhaldsskóla | | 30 | | | | | |
| Hávaðalitlir vinnustaðir, s.s. skrifstofur og sambærilegt | | 30 | | | | | |

$L_{AeqT}$ er jafnaðarhljóðstig mælt yfir tímabil T og $LA_{Fmax}$ er hámarkshljóðstig leyfilegt. Hávaði við húsvegg utan vinnusvæðis rekstraraðila skal því að hámarki vera 70 dB(A)$L_{Aeq}$ á iðnaðarsvæðum og athafnarsvæðum og 55 dB(A)$L_{Aeq}$ í íbúðabyggð. Hámarkshávaði er ekki breytilegur eftir tímabili á iðnaðarsvæðum, en lækkar utan hefðbundinna vinnutíma á mörgum öðrum svæðum. Sorpbrennsla myndi alltaf vera starfandi innan skipulagssvæðis iðnaðar- og athafnarsvæða, svo mest er horft til 70dB, en iðnaðarlóðir geta verið nálægt annars konar skipulagssvæðum og haft þannig áhrif út fyrir lóðamörk.

Til dæmis má geta þess að frá sorpbrennslu Klemetsrud í Noregi er íbúabyggð í 300 metra fjarlægð til austurs og vesturs frá strompi og skólastarfsemi er í um 650 metra fjarlægð til suðurs. Í starfsleyfi fyrir þá brennslu er skilgreindur $L_{den}$ hávaðavísir fyrir heildarónæði 55 dB mánudag til laugardag og lækkar um 5-10 dB eftir því hvenær sólahrings og á sunnudögum og helgidögum. Einnig er sett hámarkshljóðstig ($L_{5AF}$) yfir nótt. Viðmið er hávaði við húsavegg nærliggjandi bygginga. Tafla 13 sýnir hvernig þessi gildi eru. [24]

**TAFLA 13** Hávaði í starfsleyfi Klemetsrud

| HLJÓÐVÍSIR | $L_{DEN}$ (MÁN-LAU) | $L_{KVÖLD}$ (19-23) | $L_{NÓTT}$ (23-07) | $L_{DEN}$ (SUN) | $L_{5AF}$ (23-07) |
|---|---|---|---|---|---|
| Magn (dB) | 55 | 50 | 45 | 50 | 60 |

Reglugerð 724/2008 um hávaða skilgreinir einnig leyfilega tíma háværra framkvæmda á íbúðarsvæðum, nágrenni þeirra og dvalarými þjónustustofnanna sem 7:00-21:00 á virkum dögum og 10:00-19:00 um helgar og á almennum frídögum. Ef framkvæmdir eru sérstaklega hávaðasamar er leyfilegur tímarammi aðeins 7:00-19:00 á virkum dögum.

### 4.4.2 Lykt

Helsta uppspretta lyktar frá sorpbrennslustöðum er frá geymslurými úrgangsins. Til að lágmarka lyktarmengun frá þessum uppruna er nauðsynlegt að geyma fastan og fyrirferðarmikinn seigan úrgang í lokuðum byggingum undir undirþrýstingi svo hægt sé að fjarlæga lyktarmikið loft. Þetta minnkar einnig ryk og VOC losun frá geymslurýminu. Fljótandi úrgang skal geyma í þrýstistýrðum tönkum þaðan sem einnig er hægt að fjarlæga loft. Hægt er að eyða lyktarmiklu lofti sem fjarlægt er frá geymslurýminu og geymslutönkunum með því að nota það í brunann. Ef sprengihætta er til staðar, þarf að finna aðra losunarminnkandi ferla fyrir þetta loft, þar sem mögulega þarf að setja það inn í hreinsun. Þetta á einnig við ef enginn brennsla er til staðar, til dæmis í viðhaldstíma. Lágmarka á magn og tíma sem úrgangur er laus í geymslu til að lágmarka lyktarmyndun. Þetta er hægt að gera með úrgangsstjórnun ofar í virðiskeðjunni, til dæmis ef Kalka gæti létt á geymslubyrgði á meðan á viðgerðum stendur. Miðað við að stöðin tekur 16.3 tonn á klukkustund, þá myndi uppsöfnun úrgangs yfir þriggja vikna stöðvunartíma vera 8.215 tonn, en koma ætti í veg fyrir að slíkt magn safnist saman. Ef geymsla yfir einhvern tíma þarf að eiga sér stað er hægt að lágmarka lyktarmyndun með böggun úrgangansins, ef það er gert vel. Nánari útfærsla á stærð og staðsetningu geymslu úrgangs þarf að taka fyrir í frekari hönnun brennslustöðvarinnar.

Verklag lyktarstjórnunar í virku umhverfisstjórnunarkerfi eru forvarnir, mælingar og viðbrögð. Mælingar eru staðlaðar samkvæmt CEN EN 13725: 2003 þar sem lykt er mæld í $OU_E/m^3$ og miðast við styrkleika lyktarefna til að ná að greiningarmörkum við eðlilegar aðstæður. Með þeim má fylgja mat á lykt og lyktaráhrifum skilgreint samkvæmt EN 16841-1 eða EN 16841-2. Viðbrögð eru skilgreind ef lykt fer yfir skilgreind gildi og er þannig þekkt hvernig bregðast á við í kjölfar fráviks eins og ef kvörtun kemur vegna lyktar. Kerfi forvarna snýst um að bera kennsl á helstu mögulegu uppruna lyktar og innleiða viðeigandi forvarnarráðstafanir vegna þeirra. Í starfsleyfi Klemetsrud segir að lykt við nærliggjandi byggingar megi ekki vera meiri en 5 $OU_E/m^3$ og miðast það við að 99% mældra gilda fari ekki yfir þetta gildi. Það er ekkert starfsleyfi á Íslandi sem gerir kröfu um mældan lyktarstyrkleika.

### 4.4.3 Heilsa

Hér á eftir er fjallað um efni í útblæstri sem valda neikvæðum heilsufarslegum áhrifum. Rykagnir sem hafa þvermál minna en 10µm, $PM_{10}$ geta ferðast inn um öndunarfæri og sest í lungum og valdið þar öndunarerfiðileikum og sjúkdómum því tengdu. Tæki eru hönnuð til þess að fjarlægja þessi efni frá útstreyminu. Díoxínefni og fúran eru efni sem hafa skapað mikla umræðu allt frá umhverfisslysi í efnaverksmiðju í Seveso árið 1976 sem olli miklum styrkleika efnanna í nágreninu. Díoxín eru eitruð efni sem eru mjög stöðug og erfitt fyrir menn og dýr að brjóta niður í meltingarkerfinu. Eiga þau það því til að byggjast upp í líkamanum. Díoxínefnið TCDD er skráð sem krabbameinsvaldandi hjá Alþjóðlegu krabbameinsrannsóknarstofunni (IARC). Rannsóknir á dýrum hafa sýnt fram á margvísleg neikvæðar heilsufarslegar afleiðingar díoxínefna, eins og krabbamein, ónæmisbælingu, taugasjúkdóma ásamt eiturverkunum á æxlun, lifur og húð, en rannsóknir á manneskjum sem hafa fyrir slysni orðið fyrir því hafa ekki getað staðfest þessar athuganir. Þungmálmar eins og kadmíum, króm, blý, arsen og kvikasilfur eru á meðal þeirra málma sem eru mikilvægir þegar kemur að afleiðingum heilsufars, vegna eitrunaráhrifa, en þeir þrír fyrst nefndu eru flokkaðir sem krabbameinsvaldandi af IARC

Nauðsynlegar forsendur fyrir starfsrækslu sorpbrennslu er að hún sé vel hönnuð og rekin til þess að standast umhverfisleg viðmið sem henni eru settir. Nýlega voru teknar saman í grein ýmsar rannsóknir sem gerðar hafa verið sem tengjast afleiðingum sorpbrennsla og niðurstaðan er að engar vísindalegar sannanir eru fyrir því að sorpbrennslur hafi marktæk áhrif á umhverfi eða heilsu fólks sem býr í nágrenni við stöðina ef fyrrnefnd forsenda er uppfyllt. [25] Mikilvægur þáttur í undirbúningi fyrir sorpbrennslu er auk góðrar hönnunar miðað við kröfur í BREF að farið sé í mat á umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar og starfsleyfisgerð þar skilgreint er markvisst eftirlit og mælingar útblásturs sem og umhverfisvöktun og mótvægisaðgerðir.

Ýmsar rannsóknir hafa verið gerðar á heilsufarslegum afleiðingum sorpbrennsla, en afar erfitt er að fá afgerandi niðurstöður. Rannsóknir um aldarmótin skiluðu alls konar niðurstöðum, allt frá því að sjá auknar líkur á mismunandi tegundum krabbameins, aukinna fæðinga tvíbura í að sjá engar marktækar breytingar á hinum ýmsu sjúkdómum. Erfitt er að rýna í niðurstöður, þar sem sjúkdómar eru almennt séð ekki algengir og þarf því að fylgjast með stórum hóp af fólki yfir langan tíma, rannsóknir eru oftast gerðar þar sem eitthvað hefur farið úrskeiðis í rekstri og afleiðingar eru sýnilegar, rannsóknir eru margar hverjar ekki stilltar út frá hinum ýmsu erfðum og lífstíl fólks, svo sem reykingum og fleira og ekki er tekið tillit til þess að aðrar uppsprettur útblásturs geta verið nálægðar. Til þess að lágmarka breytur, hafa margar rannsóknir í seinni tíð notast við lífmerki til að fylgjast með uppbyggingu lífrænna efna hjá einstaklingum. Slíkar rannsóknir sem hafa verið framkvæmdar í Þýskalandi, Belgíu, Spáni, Frakklandi og Portúgal, í yfir allt að 15 ára skeið, og sýna þær fram á að enginn marktækur munur er á uppsöfnun díoxínefna meðal fólks í nágrenni við sorpbrennslur miðað við almenning lengra frá. Áhættumöt sem áætla magn útsetningar núverandi sorpbrennsla í Belgíu, Spáni, Bandaríkjunum og í Frakklandi sýna fram á að útsetning veldur ekki marktækri aukinni hættu á krabbameini meðal íbúa í nágrenni við sorpbrennslu þar, sama hvort hún eigi sér stað beint eða óbeint í gegnum matvæli. Einnig sýna þær fram á engar marktækar afleiðingar á náttúruauðlindir í nágrenninu. [25]

Brennsla sorps hefur verið algeng leið til meðhöndlunar á úrgangi í mörgum löndum síðan 1960, og mikil þróun hefur verið í tækni til að lágmarka áhrif á umhverfi og heilsu. Gögn frá Bretlandi og Bandaríkjunum sýna fram á að uppsetning síukerfis fyrir afgasið hefur minnkað útblástur þungmálma um 90% og díoxínefna um yfir 99%. Uppsetning hreinsikerfa í Þýskalandi olli því að á milli 1990 og 2000 minnkaði útblástur díoxínefna næstum þúsundfalt og eru í dag undir 1% af heildarútblæstri af völdum manna. Heildarútblástur díoxín og fúranefna sorpbrennsla í Frakklandi minnkaði úr 435 g TEQ árið 1997 í 1,2 g TEQ árið 2008. [25] Með hönnun og rekstri sorpbrennslustöðvar sem uppfyllir nýjustu kröfur skv. BREF og er með virka og öfluga umhverfisstjórnun þar sem eftirfylgni með mælingum og vöktun umhverfisins er til staðar ætti að vera hægt að reka stöð þannig að ekki hljótist neikvæð heilsufarsleg áhrif af henni.

### 4.4.4 Sjónræn áhrif: landslag og ásýnd

Nýjar sorpbrennslustöðvar eru að langmestu leyti starfandi innan lokaðra bygginga og er allur gangur á því hver áherslan er við útlitshönnun þeirra. Sumar stöðvar eru látnar falla sem mest inn í umhverfi sitt á meðan aðrar eru einskonar kennileiti í umhverfinu.



**MYND 4** Amager Bakke, Danmörk. Gangsett: 2017. Stærð: 560-600.000 tonn á ári. Framleiðsla: 900-1250 GWh/ ári samtals



**MYND 5** Klemetsrud Waste-to-Energy plant, Noregur. Gangsett: 1986. Stærð: 360.000 tonn á ári, 47 t/klst. Framleiðsla: 150 GWh/ár rafmagn, 700 GWh/ár varmi

Myndirnar sýna stöðvar af stærri stærðargráðu í Danmörku og Noregi og sýnir hversu mismunandi hönnun á byggingunum getur verið. Eina sem er sameiginlegt við ytra útlit bygginganna er stærð útblástursstromps. Myndirnar sýna einnig nálægð þessara stöðva við íbúabyggð í Kaupmannahöfn og Ósló. Stöðvar sem eru ámóta í afköstum og sú íslenska sem er til umfjöllunar nú eru birtar í myndunum hér á eftir. Þær eru allar hannaðar til að taka við um 100.000 tonn af úrgangi árlega.



**MYND 6** Aalesund Forbrenningsanlegg, Noregur. Gangsett: 1987. Stærð: 100.000 tonn á ári.



**MYND 7** Boraas Energi och Miljö Ryaverket, Svíþjóð. Gangsett: 2004. Stærð: 109.062 tonn á ári



**MYND 8** Kotkan Energia Hyötyvoimalaitos, Finnland. Gangsett: 2008. Stærð: 100.000 tonn á ári



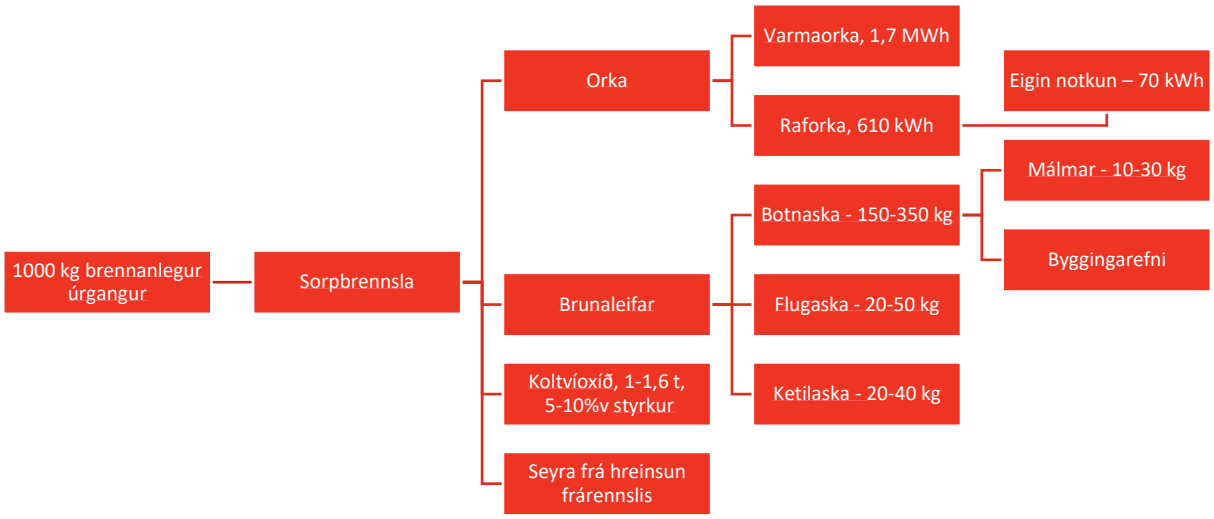
**MYND 9** Battlefield Energy Recovery Facility, Bretland. Gangsett: 2014, Stærð: 102.000 tonn á ári

Í skýrslu COWI segir frá því að bygging er líkleg til að vera um 90x60 m í flatarmál, um 30-50 metra há með stromp sem nær upp í 70-80 metra hæð til að dreifing afgass sé nægjanleg. [20] Hvernig slíkar byggingar sjást í lengri fjarlægðir fer alfarið eftir því hvernig landslag er í kringum bygginguna og hvernig hún fellur inn í umhverfið. Þegar lengra er komið í þróun verkefnisins og nákvæmari staðsetningar ákvarðaðar, mun sýnileikagreining fara fram sem hluti af mati á umhverfisáhrifum sorpbrennslunnar. Þess má geta að til samanburðar, að reykháfur sorpbrennslunnar er 70-80 m sem er svipuð hæð og Hallgrímskirkja, sem sést frá Akranesi sem er í um 21 km loftlínu fjarlægð en yfir hafflöt.

## 4.5 Lífríki á landi; gróður, fuglar

Í mati á umhverfisáhrifum fyrir hátækni sorpbrennslu eru skoðuð áhrif brennslunnar á lífríki á landi, gróður og fugla. Í starfsleyfi Kölku er gerð krafa um vöktunarmælingar umhverfis stöðina. Krafa verður gerð um umhverfisvöktun umhverfis nýja sorpbrennslustöð einnig. Þættir sem vaktaðir eru t.d. fallryk, bæði magn og samsetning, magn þungmálma og dioxín/fúran efnasambanda í jarðvegi, magn þungmálma og brennisteins í gróðri. Eldri sorpbrennslustöðvar á Íslandi, eins og Funi á Ísafirði þar sem rekstri hefur verið hætt fyrir nokkru hafa ekki gott orð á sér hvað varðar umhverfisáhrif eins og rakið er í upphafi þessarar greinargerðar. Hins vegar, er ekki rétt að horfa til þeirrar sögu þegar litið er til mögulegra umhverfisáhrifa hátæknibrennslustöðvar. Betra er að horfa til reynslu af brennslustöðvum sem uppfylla núverandi losunargildi skv. BREF og eru reknar með mjög virku umhverfisstjórnunarkerfi. Til eru áhættumöt sem framkvæmd hafa verið í Belgíu, Spáni, Bandaríkjunum og Frakklandi fyrir slíkar stöðvar sýna að útsetning veldur ekki marktækum skaða á lífríki í næsta nágreni stöðvanna. [25]

# 5 MÖGULEIKAR Í HRINGRÁSARHAGKERFI




**MYND 10** Efnis- og orkustraumar sorpbrennslu Myndin miðar við magntölur tilgreindar í BREF [9], ásamt upplýsingum fengnum úr greiningum Environice. [1] og COWI [20].

## 5.1 Brunaleifar

Tegundir og magn brunaleifa fer eftir hönnun og rekstri sorpbrennslustöðvar, en flokkast í botnösku, flugösku og ketilösku.

### 5.1.1 Botnaska

Af brunaleifum er botnaska mynduð í mestu magni, en myndun botnösku frá einu tonni af brenndum úrgangi er á bilinu 150-350 kg, en líklegri eru þó gildi á neðri enda þessa bils, þ.e.a.s. 150-200 kg. Botnösku þarf að meðhöndla til að geta nýtt hana áfram sem afurð. Allar orkuframleiðandi sorpbrennslustöðvar í Evrópu nota segla til að ná járnmálmum úr botnöskunni og langflestar þeirra nota hvirfilstrauma til að ná öðrum málmum út. Margar stöðvar notast einnig við handvirka eða vélræna hreinsun til að ná úr botnöskunni hluta efnisins sem er ekki brennt, til dæmis með sigtun. Eftir þessa meðhöndluner er um 85-90% af massanum steinefni. Í töflu 14 má sjá hlutföll helstu þátta í botnöskunni.

**TAFLA 14** Samsetning botnösku úr hátæknisorpbrennslustöð skv. BREF

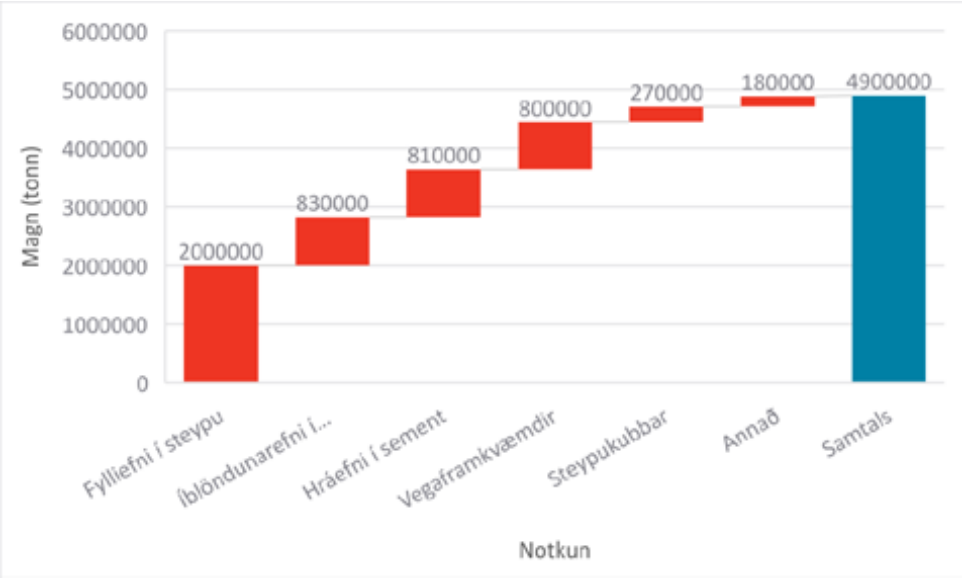
| EFNISÞÁTTUR | HLUTFALL AF MASSA (%) |
|---|---|
| Steinefni | 85-90 |
| Óbrennd efni | <3 |
| Járnmálmar | <5-10 |
| Aðrir málmar | 0,5-2 |

Í sumum sorpbrennslum erlendis er áframvinnsla botnöskunnar hluti af þeirra starfsemi. Áframvinnsla getur verið þurrhreinsun, vothreinsun eða skolun. Eins og sést í töflu 9, þá losna ýmis efni úr botnösku í frárennsli við botnöskuhreinsun þ.e. vothreinsun eða skolun. Þessi efni eru svifagnir, lífrænt kolefni, blý, ammóníum köfnunarefnissambönd, klóríð, súlföt og díoxín og fúran efni.

Eftir hreinsun/meðhöndlun getur botnaska verið dýrmætt efni, aðallega í byggingar- og samgöngumannvirki. Grófasta efnið má nota sem möl en fínna efnið í steypu. Einnig er hægt að nota meðhöndlaða botnösku sem almennt fylliefni, sem bindiefni í sement og í forsteyptar byggingareiningar. Einnig eru möguleikar á að nýta efnið í malbik, meðal annars með endurbræðslu, en það ferli gæti verið orkufrekt. Ef ekkert notagildi er fyrir botnöskuna hér á landi og ekki eru fjárhagslegar forsendur fyrir útflutningi þá verður að urða ómeðhöndlaða botnösku á urðunarstað þar sem hreinsun á sér stað á sigvatni. Mikið notagildi hefur verið fyrir botnösku innan landa Evrópusambandsins. Danmörk notar 100% af botnösku sem fellur til úr sorpbrennslum þar sem aðeins hefur verið brennt úrgangi án spilliefna, en annars er hún urðuð. Finnland er með 100% endurnýtingarhlutfall, Frakkland 87% og Ítalía 83%, restin er urðuð. Hins vegar fer allt efni frá sorpbrennslum í Svíþjóð í þekju á urðunarstöðum.

### 5.1.2 Flugaska

Notkun flugösku úr kolarorkuverum í ýmsan byggingariðnað er vel þekkt. Innan Evrópusambandsins féll til um 11,4 milljón tonn af flugösku úr kolarorkuverum árið 2016 og um 43% hennar fór í endurnýtingarferli. Mynd 11 sýnir þá notkunarflokka sem flugaskan fór í þar og sýnir fram á mögulega notkun á flugösku frá sorpbrennslu. [26]




**MYND 11** Notkun á flugösku frá kolarorkuverum í Evrópu 2016 [26]

Vegna þungmálma og díoxínefna er flugaska frá sorpbrennslustöðvum spilliefni og ekki hefur verið mikið um vinnslu á efninu til endurnýtingar. Flugaska sem myndast í rykhreinsun og við suðuketil í Arnoldstein í Austurríki er til dæmis sett aftur inn í ofninn og þannig hreinsuð af þessum efnum. [9] Hins vegar, með lokun á kolarorkuverum í Evrópu er að myndast mikil eftirspurn eftir slíku efni í ýmis hlutverk í byggingariðnaði og vegaframkvæmdum og ljóst er að leitast verður eftir því að nýta þetta efni úr sorpbrennslustöðvum í náinni framtíð.

Efnið kæmi inn í stað fylliefnis en þar sem sandur á Íslandi sinnir þessu hlutverki vel, þá er nánast engin eftirspurn eftir slíku efni innanlands. Það kemur fyrir að það vantar fylliefni, sérstaklega úti á landi þar sem eru notaðar eru færanlegar malbikunarverksmiðjur og tankar undir fylliefni. Notkun á flugösku myndi kalla á stærri tanka og notkun innanlands yrði aldrei veruleg. Mögulegt væri að flytja efnið út, ef eftirspurn þróast þannig.

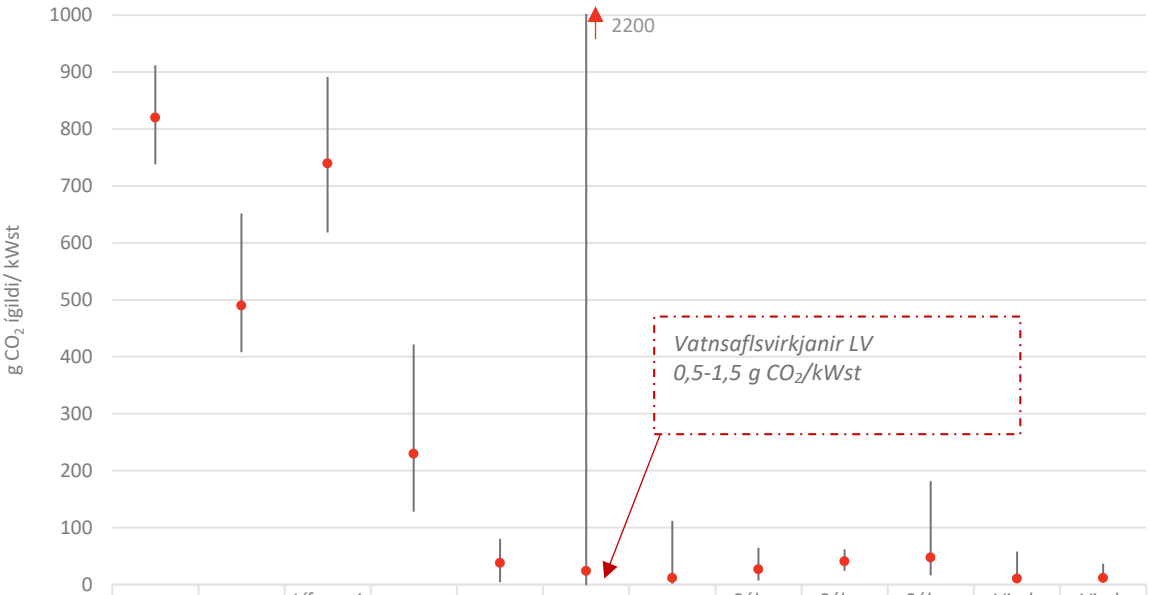
### 5.1.3 Málmar úr botnösku

Málma er hægt að enduheimta úr botnöskunni, en magn þeirra fer eftir því hversu mikið af málmum fór inn í stöðina. Með aukinni flokkun á málmum, ætti minna að enda í botnösku. Að meðaltali er um 5-10% af botnöskunni málmar sem innihalda járn, sem er að mestu brotajárn og ryðfrítt stál. Um 0.5-2% er af öðrum málmum, helst ál, kopar og látún. Þessi gildi eru meðaltöl á magni í botnösku, en tölurnar segja ekki endilega til um það hversu mikið af málmunum er hægt að vinna úr botnöskunni en slíkt má meta með útskolunarprófum á öskunni.

## 5.2 Orka

Fyrir hvert tonn sem brennt er, er miðað við myndun 1700 kWh af varmaorku og 610 kWh af raforku, þar af fara 70 kWh í eigin notkun stöðvarinnar. Er þetta því alls 2240 kWh af orkuframleiðslu. Fyrir þetta myndast 1.605 kg af $CO_2$ ígildum, eða 619 kg ef miðað er aðeins við koltvísýring af ólífrænum uppruna. Ef að losun við brunann tilheyrir orkuframleiðslu, þá væri losun því 717 g $CO_2$ /kWh (277 g

$CO_2$/kWh án koltvísýring af lífrænum uppruna) eða ef horft er aðeins á rafmagnsframleiðslu 2.960 g $CO_2$/kWh (1.146 g $CO_2$/kWh án koltvísýring af lífrænum uppruna). Þessi losun er ekki losun yfir allan vistferilin, þar sem aðeins er tekið tillit til beinnar losunar frá framleiðslu/brennslunni, en ekki er tekið með í reikninginn kolefnisspor byggingar, flutninga eða annars konar ferla. Til samanburðar er sameiginlegur losunarstuðull fyrir raforku og varmaorku á Íslandi metin um 9,8 g $CO_2$/kWh. [27] Ef borið er saman kolefnisspor við raforkuframleiðslu við vistferilsgögn frá mismunandi orkugjöfum, er nokkuð ljóst að orka framleidd í stöðinni værir ekki umhverfislega samkeppnishæf við íslenska orku. [28]




| | Kol | Gas | Lífmassi og kol saman | Lífmassi | Jarð-varmi | Vatnsafl | Kjarn-orka | Sólar-varma-orkuver | Sólar-sellur fyrir þök | Sólar-sellu-orkuver | Vind-orka, á landi | Vind-orka, á hafi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lággildi | 740 | 410 | 620 | 130 | 6,0 | 1,0 | 3,7 | 8,8 | 26 | 18 | 7,0 | 8,0 |
| Hágildi | 910 | 650 | 890 | 420 | 79 | 2200 | 110 | 63 | 60 | 180 | 56 | 35 |
| ● Miðgildi | 820 | 490 | 740 | 230 | 38 | 24 | 12 | 27 | 41 | 48 | 11 | 12 |

**MYND 12** Losun gróðurhúsalofttegunda frá vinnslu raforku með mismunandi orkugjöfum í g $CO_2$ ígilda fyrir unna kWst. Myndin sýnir miðgildi (rauður punktur), há- og lággildi frá niðurstöðum vistferilsgreininga fyrir hvern orkugjafa [28].

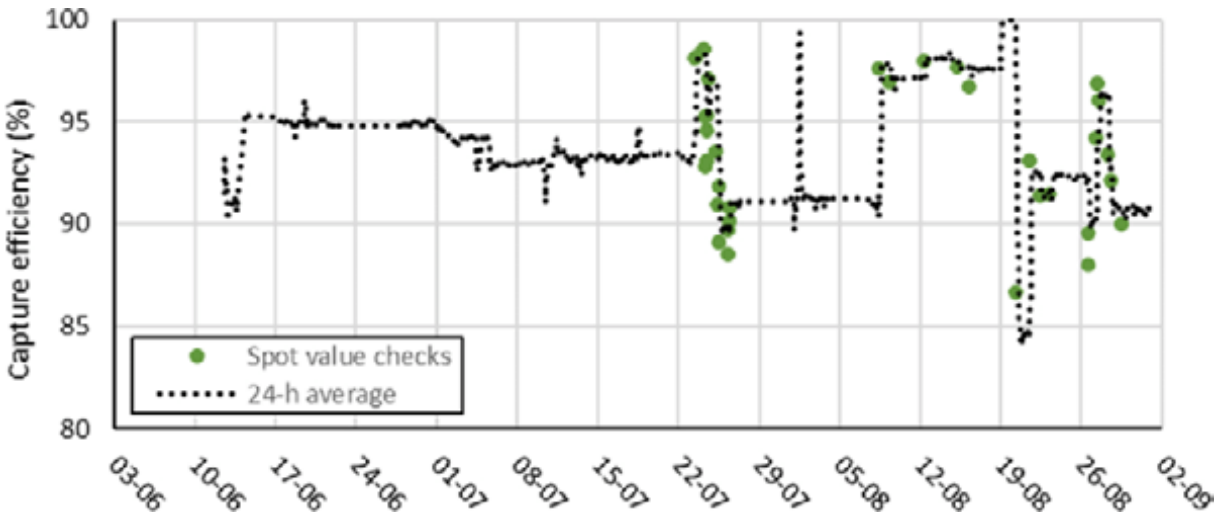
Hins vegar er ljóst að megin tilgangur sorpbrennslu er ekki orkuframleiðsla, heldur eyðing úrgangsstrauma sem geta ekki, eða eiga ekki að fara í farveg endurnýtingar eða efnislegrar endurvinnslu. Því er framleiðendaábyrgð á úrgangi þannig að það ferli sem að er til staðar tilheyrir ekki orkuframleiðslu, heldur úrgangsframleiðandanum. Eina sem telur til losunar vegna orkuframleiðslu er sá búnaður og þeir ferlar sem nauðsynlegir eru til að ná orkunni úr straumnum og færa til nýtingar. [29]

## 5.3 Föngun koltvísýrings og lækkun kolefnisspors

Með aukinni föngun á koltvísýringi í heiminum er efnasambandið að hefja vegferð sína inn úr því að vera mengandi lofttegund inn í það að verða verðmæt markaðsvara. Sorpbrennslur á almennum

úrgangi tilheyra ekki viðskiptakerfi losunarheimilda Evrópusambandsins eins og er, en ekki er óhugsandi að það gæti breyst í framtíðinni. Ef það gerist þurfa sorpbrennslur að kaupa losunarheimildir á hvert tonn, en framtíðarverð á þeim markaði hefur hækkað á þessu ári úr €30 í €60 á tonnið. Þessi aukni kostnaður gæti verið hvati til úrgangsforvarna og aukinnar flokkunar og endurvinnslu sem stendur þá fjárhagslega betur gegn sorpbrennslu en staðan er í dag. Fyrir byggingu sorpbrennslu gæti þessi aukalegi rekstrarkostnaður verið fráhrindandi eða myndi alla vega leiða til minni stöðvar til að lágmarka efni sem færi inn í hana. [30]

Í hátæknibrennslustöðvum erlendis er hafin vinna við að skoða þann möguleika að fanga koltvísýringinn sem þær losa til nýtingar eða geymslu. Fyrsta stöðin til að kanna þennan möguleika er Klemetsrud í Noregi í tengslum við Longship verkefnið sem er á vegum Norska ríkisins. Einnig er þar verið að skoða geymsluleiðir í Norður-Atlantshafinu. Árið 2016 var gerð fyrsta fýsileikakönnunin fyrir stöðina og tekin var ákvörðun árið 2018 að setja upp verkefni á 1/350 af áætlaðri endanlegri stærð með CANSOLV tækni frá Shell. Þessu tilraunaverkefni er lokið með jákvæðum niðurstöðum þar sem föngunarhlutfallið er 80-100% úr afgasstreymi upp á 750-1124 kg/klst með meðalstyrkleika $CO_2$ yfir árið upp á 11,3%. Ásamt skilvirkni ferilsins var fylgst sérstaklega með niðurbroti amínleysis og losun amínefna. [31] Amager Bakke hefur sett upp tilraunabúnað frá Union Engineering og ónefnd brennsla í Stokkhólmi er með fýsileikaskýrslu í vinnslu hjá Aker Carbon Capture. [32] [33]




**MYND 13** Árangur kolefnisföngunar í tilraunaverkefni Klemetsrud. [31]

Með þetta til hliðsjónar væri rangt að fara í hönnun á nýrri sorpbrennslustöð í dag án þess að horfa til möguleikans að setja slíkt kerfi upp, eða gera ráð fyrir að hægt sé að bæta því við. Það þýðir að hanna ekki síur sem loka algerlega á möguleikann á viðtengingu, eða velja uppsetningu orkuendurheimtar án möguleika á notkun gufunnar, því föngunarferlið þarf gufu. Sorpbrennslur með almennan úrgang eru með afgas með $CO_2$ styrkleika upp á 5-10% sem er gott bil fyrir flesta föngunartækni. Hins vegar getur verið erfitt að vera með mikinn breytileika í straum afgass út og tryggja þarf því sem einsleitastan straum efnis inn, sem auðveldara er að gera í stærri stöðvum.

Kolefnisföngunarverkefni eru oftast hönnuð með það markmið að geta fangað um 90% af $CO_2$ úr afgasstraumi og ef það er hannað fyrir fulla stærð nýrrar stöðvar á Íslandi jafngildir þetta föngun af 100% af $CO_2$ af ólífrænum uppruna og um 83,5% af $CO_2$ frá lífrænum uppruna, samtals um 189.000 tonn árlega, sem býður upp á möguleikan að starfsemin getur verið kolefnisneikvæð upp á um 108.000

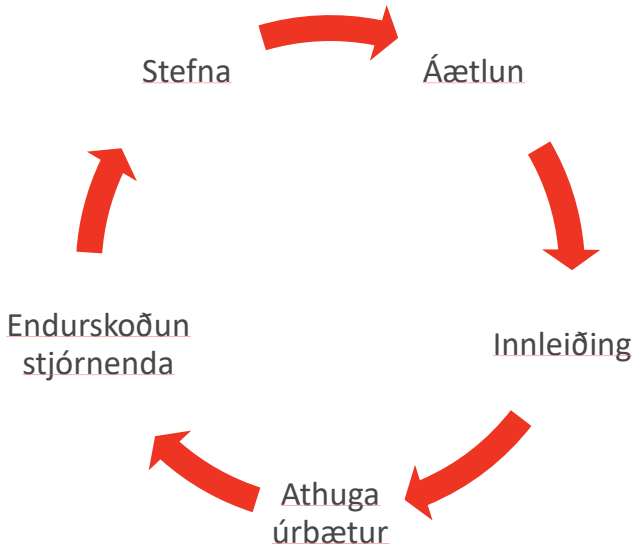
tonn $CO_2$ ígilda. Aðeins er hægt að starfa kolefnisneikvætt ef koltvísýringur er geymdur með aðferðum eins og niðurdælingu Carbfix. Ef koltvísýringur er notaður í einhverjum öðrum tilgangi, þá er endanotandi sem græðir í kolefnisbókhaldi en ekki framleiðandi.

Búnaður samanstendur af kæliturni, aðsogs og skilju turnum, ásamt geymslusvæði. Gróflega mætti áætla að þessi búnaður og uppsetning hans, án allrar jarðvinnu myndi kosta um €60 milljónir. Þetta sýnir stærðargráðu fjárfestingar eins og hún er í dag, en mun lækka á næstu árum þegar þetta verður algengara. Rekstrarkostnaður slíks búnaðs er að miklu leiti vegna notkunar á orku á formi rafmagns og gufu og fer því eftir því hvernig kaupverð væri hægt að fá fyrir þá strauma. Líklegast er að hagstæðast sé að rafmagn og gufa komi frá orkuendurheimt brennslustöðvarinnar. Aðrir stórir kostnaðarliðir eru kælivatn, amínleysir, lútur, viðhald og starfsfólk. Ef gert er ráð fyrir um €30 á MWh af rafmagni og €5 á MWh af gufu, þá er heildarrekstrarkostnaður af stærðargráðunni €4 milljónir á ári.

# 6 UMRÆÐUR OG FRAMTÍÐARHORFUR

## 6.1 Aðferðir til að draga úr neikvæðum umhverfisáhrifum

Vottuð umhverfisstjórnun skv. alþjóðlega staðlinum ISO 14001 tekur til allra mikilvægra umhverfisþátta í rekstri sorpbrennslusstöðvar og tryggir að stöðin uppfylli allar þær lagalegu kröfur sem til hennar eru gerðar. Í slíkri umhverfisstjórnun er skilgreind skýr umhverfisstefna og reglulega eru mælanleg markmið skilgreind fyrir mikilvægu umhverfisþættina í rekstrinum. Öllum ferlum er stýrt á þann hátt að lágmarka megi neikvæð umhverfisáhrif rekstursins og vöktun fer fram á þýðingamiklum umhverfisþáttum og í samræmi við allar lagalegar kröfur. Starfsmenn fá viðeigandi þjálfun og hagaðilar eru upplýstir um starfsemi stöðvarinnar. Mikilvægur hluti af rekstri umhverfistjórnunarinnar eru síðan stöðugar umbætur í kjölfar frávika sem upp kunna að koma sem og innri úttekta og rýni stjórnenda á starfseminni m.t.t. umhverfismála.




**MYND 14** Stöðugar umbætur er mikilvægur þáttur í rekstri umhverfisstjórnunarkerfis skv. ISO 14001 staðlinum en kveðið er á um í starfsleyfi sorpbrennslustöðva að vinna eftir slíku kerfi.

Þegar hanna á nýja stöð eða endurbætur, skal hafa í huga umhverfisáhrif yfir allan vistferil hennar, sem tekur með byggingarframkvæmdir, viðhald, rekstur og niðurrif. Setja skal upp skilvirka rekstraráætlun, úrgangsstjórnun og eftirlit með ferlum ásamt reglubundinni viðhaldsáætlun. Með því má tryggja samfelldan bruna sem og lágmarks niðurtíma og þar með geymslutíma úrgangs. Skilgreina þá úrgangsstrauma sem taka á til brennslu í stöðunni og viðhafa strangt gæðaeftirliti með úrgangi sem kemur til stöðvarinnar. Setja skal upp áætlun fyrir eftirlit og mælingar á helstu umhverfisþáttum sem og umhverfisvöktun. Setja skal upp skýra áætlun sem gildir fyrir rekstur við óvenjulegar aðstæður t.d. við uppstarft á ofninum eða þegar hann er keyrður niður.

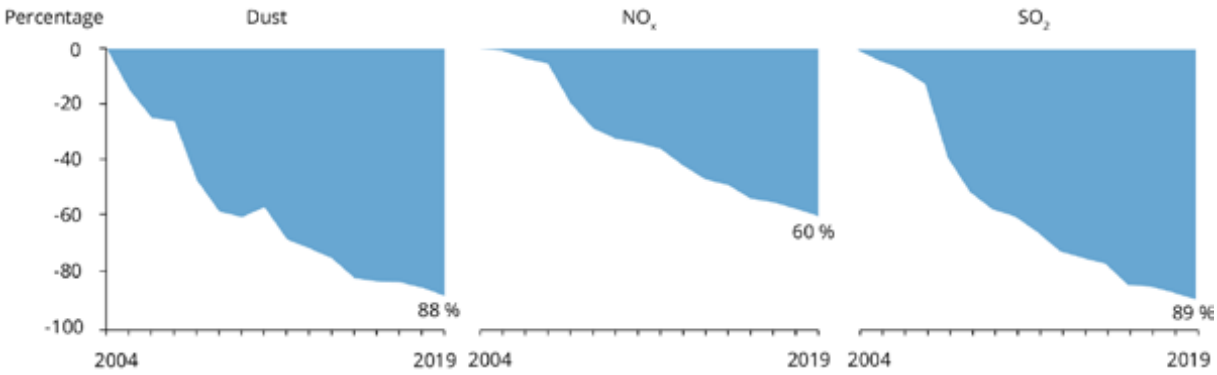
Tryggja þarf hreinsun útblásturs með ýmsum BAT aðferðum sem uppfylla losunargildi skv. BREF, t.d. hvað varðar HCl, HF, $SO_2$, Hg og fleira. Endurnotkun, endurnýjun og endurvinnsla brunaleifa skal hámörkuð og þeim brunaleifum sem ekki komast í þessa farvegi skal fargað skv. viðurkenndum aðferðum.

Sett er upp áætlun fyrir forvarnir, viðbrögð og mælingar vegna lyktarmengunar og hljóðmengunar. Megin uppspretta lyktar er úrgangsgeymslan og því er mikilvægt að útfæra vel hvernig úrgangur er geymdur, hversu mikið magn á að geyma að hámarki ásamt aðferðum til að hreinsa afloft frá úrgangsgeymslum, sérstaklega á meðan brennsla stendur ekki yfir.

Nútíma hátækni sorpbrennslur sem eru vel reknar og hafa virka umhverfisstjórnun eins og hér er lýst eiga að geta haldið í lágmarki útblæstri mengandi efna og staðsetning þeirra getur því verið í nágrenni íbúðahverfa án þess að hafa neikvæð áhrif á umhverfi og heilsu fólks.

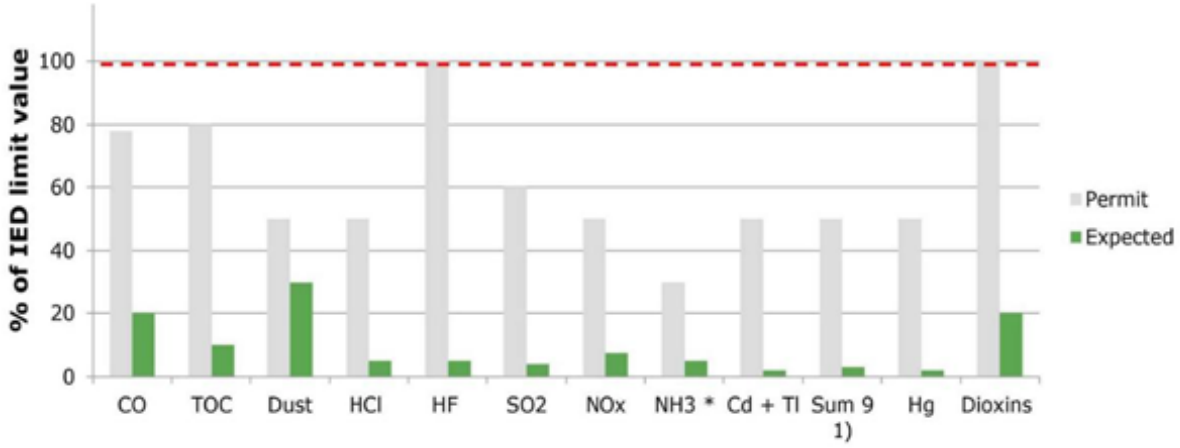
## 6.2 Þróun losunargilda sorpbrennslustöðva

Á milli áranna 2004 og 2019 minnkaði útblástur ryks stórra brennslustöðva innan Evrópusambandsins um 88%, $SO_2$ um 89% og $NO_x$ um 60%. Breytingar í Evrópsku regluverki samhliða þróun í búnaði til hreinsunar og brennslu eru stærstu ástæðurnar fyrir þessari þróun. Tvisvar á þessu tímabili urðu megin breytingar til batnaðar hvað losunargildin varðar. Annars vegar var það á tímabilinu milli áranna 2007-2009 þegar losunargildi vegna tilskipunar um stórar brennslustöðvar tók gildi árið 2007 og hrun átti sér stað í lok árs 2008. Hins vegar á árunum 2015-16 þegar losunargildi í IED tilskipun um losun frá iðnaði tók gildi.




**MYND 15** Minnkun útblásturs úr stórum brennslustöðvum innan Evrópusambandsins [34]

Það má líta þannig á að kröfur til losanna eru þrískiptar. Í fyrsta lagi eru sett fram viðmið í tilskipun ESB til iðnaðarstarfsemi (IED viðmið) (rauða brotalínan í mynd 16), í öðru lagi eru sett fram kröfur í starfsleyfi brennslunnar sem byggja á kröfum BAT (gráar súlur í mynd 16) og í þriðja lagi eru viðmið fyrir mengunarefni sem tækjaframleiðendur lofa að búnaður þeirra uppfylli (grænar súlur í mynd 16). Mynd 17 sýnir hvernig þetta kemur út hjá Amager Bakke, en þróunin er svipuð í mörgum af nýrri sorpbrennslustöðvum Evrópu.

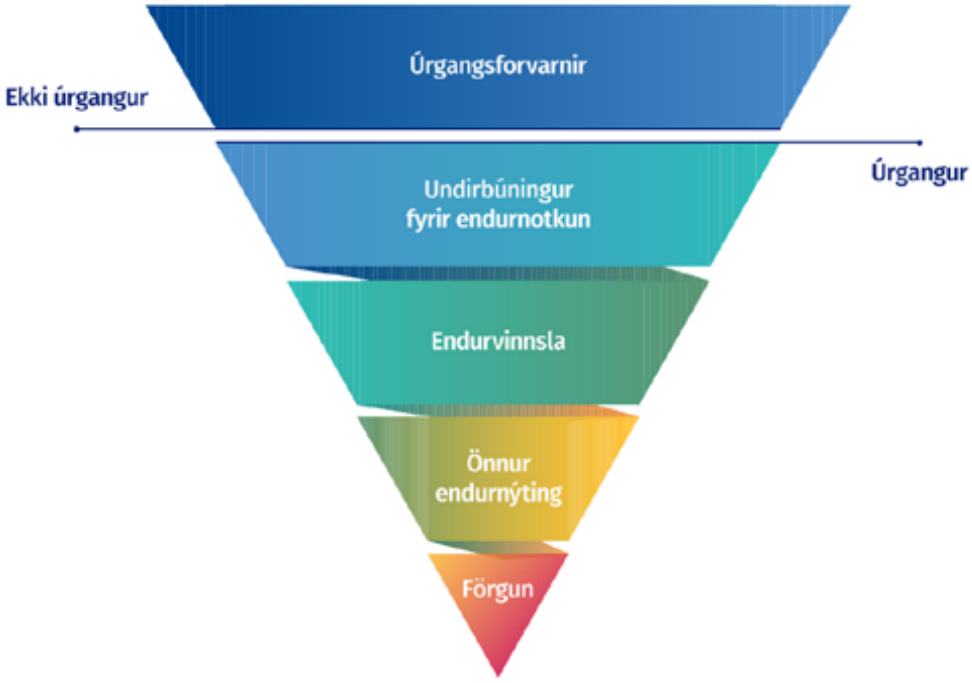



**MYND 16** Þrískipt lag losunargilda úr sorpbrennslum, dæmi tekið fyrir Amager Bakke. [35]

Það er því ljóst að brennslustöðvar í Evrópu hafa tekið miklum breytingum til batnaðar undanfarna áratugi og eru á hraðferð inn í framtíðina. Hraðar framfarir hafa verið í búnaði til brennslu og hreinsunar til að halda í við og fara fram úr vaxandi kröfum tilskipana frá Evrópuþingi og BREF skjala. Næsti vígvöllur sorpbrennsla virðist vera kolefnisföngun þar sem spurt er hvort slík starfsemi geti farið fram kolefnishlutlaus eða jafnvel kolefnisneikvæð.

## 6.3 Markmið hringrásarhagkerfisins

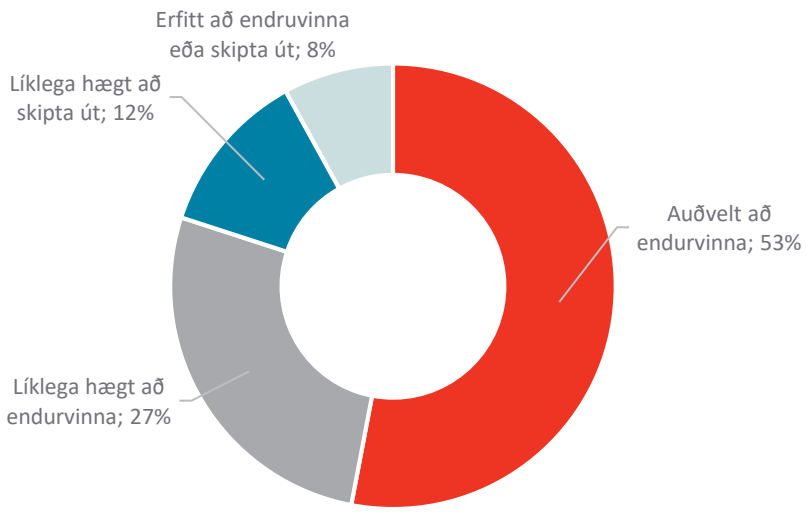
Mikilvægt er í allri áætlanagerð fyrir meðhöndlun úrgangs að horfa til úrgangsþríhyrningsins, sjá mynd 17




**MYND 17** Þríhyrningur meðhöndlunar úrgangs.

Urðunartilskipun Evrópusambandins kveður á um að einungis 10% af heildarmagni af framleiddum úrgangi árið 2035 verði urðaður. Sérstök áhersla er lögð á að lágmarka magn á lífniðurbrjótnalegu efni sem fer á urðunarstaði. Mörg lönd í Evrópu hafa náð þessum markmiðum með því að brenna úrganginn í sorpbrennslustöðvum og hefur nýbygging hátækni brennslustöðva aukist töluvert í Evrópu.

Þessi þróun hefur verið gagnrýnd þar sem meðhöndlun hátækni sorpbrennslustöðva liggur frekar lágt í úrgangsþríhyrningnum, og flokkast undir aðra endurnýtingu. Til dæmis hefur Zero Waste Europe lagt til að Evrópski lagaramminn umhverfis úrgang verði endurskilgreindur til að draga úr áherslu á urðunarforvarnir og meiri áhersla verði lögð á forvinnslu úrgangs á formi efnisendurheimtar og lífrænnar meðhöndlunar úrgangs. [36] Með þessu myndi nást meiri árangur í markmiðum Evrópusambandsins um hringrásarhagkerfið sem birtist m.a. í áherslu á aukinni endurvinnslu á almennum úrgangi, þ.e. 55% árið 2025 og 65% árið 2035 og aukinni sérsöfnun, þar á meðal plasts, pappírs, glers, málma, lífúrgangs, textíl og spilliefna. Samkvæmt markmiðum um hringrásarhagkerfið á fyrir árið 2030 endurvinnsla umbúðaefna að vera yfir 70% og hver straumur hefur sín eigin markmið þar innan. Minnka á matarúrgang um 50% fyrir árið 2030. [37] Öll þessi markmið eiga að draga úr heildarmyndun úrgangs í takt við úrgangsþríhyrninginn og stefna að því markmiði að helminga allan óendurunninn almennan úrgang fyrir árið 2030. [38] Mynd 18 sýnir niðurstöður úr könnun á samsetningu blandaðs úrgangs í Bretlandi árið 2017. [39]




**MYND 18** Niðurstöður um samsetningu úrgangs í könnun sem gerð var á blönduðum úrgangi í Bretlandi árið 2017.

Út frá niðurstöðum könnunarinnar er talið að hægt sé að endurvinna þar í landi um 80% af straumi blandaðs úrgangs, eða um 188 kg á hvern íbúa, sem skilur þá eftir aðeins 47 kg af blönduðum úrgangi á hvern íbúa.

Ísland hefur sett sér markmið um minni losun gróðurhúsalofttegunda og kolefnishlutleysi árið 2040. Með tilliti til þess er erfitt að rökstyðja það að festa ákveðna losun gróðurhúsalofttegunda til sorpbrennslu til margra ára, þar sem mikil losun verður af því ferli. Sorpbrennslur eru mikil fjárfesting og hafa líftíma í það minnsta í 25-30 ár. Skoða þarf því möguleika á föngun og nýtingu kolefnisdíoxíðs frá brennslunni.

Nú þegar unnið er að því að koma úrgangi í annan farveg en urðun þarf að huga vel að því hvernig það er best gert til að fylgja hugsun úrgangsþríhyrningsins um að draga fyrst úr myndun úrgangs og síðan að auka endurvinnslu og um leið ná þeim markmiðum sem sett eru í tilskipun um hringrásarhagkerfið.

Hátækni sorpbrennslustöð sem uppfylla þarf allar nútíma og einnig framtíðar kröfur um útblástursgildi krefst mikillar fjárfestinga. Innbyggður er ákveðinn freistnivandi um að brenna meira magni úrgangs til að fjárfestingin borgi sig. Til að draga úr áhættu varðandi það að ná ekki markmiðum hringrásarhagkerfisins er mikilvægt að rýna vel í þá stærð og afkastagetu sem valin er fyrir hátækni sorpbrennslustöðina.

# 7 . HEIMILDIR


[1] Environice, „Hátæknibrennslustöð á Íslandi 2030. Hverju þarf að Brenna?,“ 2021.

[2] Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, „Reglugerð um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnaeftirlit (550/2018),“ 2018.

[3] European Parliament, „Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste,“ 2000.

[4] Umhverfisráðuneyti, „Reglugerð um brennslu úrgangs (739/2003),“ 2003.

[5] European Parliament, „Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control),“ 2010.

[6] Umhverfis- og Auðlindaráðuneyti, „Reglugerð um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnaeftirlit (550/2018),“ 2018.

[7] Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, „Reglugerð um (1.) breytingu á reglugerð nr. 550/2018 um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnaeftirlit. (639/2018),“ 2018.

[8] ESWET, „Waste Incineration BREF: One Year Later - ESWET Webinar,“ 2021.

[9] G. C. J. G. B. S. H. S. R. Frederik Neuwahl, „Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration," European Commission, 2019.

[10] European Parliament, „Directive (EU) 2015/2193 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from medium combustion plants," 2015.

[11] Umhverfis- og auðlindaráðuneyti, „Skipulagsreglugerð (90/2013)".

[12] Umhverfisstofnun, „National Inventory Report - Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2019," 2021.

[13] Vestfirska Fréttablaðið, „Forsaga fyrirhugaðrar sorpbrennslu á Suðurtanga á Ísafirði," *Vestfirska Fréttablaðið,* mars 1993.

[14] Teiknistofan Eik, „Aðalskipulag Ísafjarðarbæjar 2008-2020," Ísafjarðarbær, 2009.

[15] Ríkisendurskoðun, „Sorpbrennslur með undanþágu frá tilskipun ESB," 2011.

[16] Umhverfisstofnun, „Umhverfisstofnun," 24 mars 2011. [Á neti]. Available: https://ust.is/umhverfisstofnun/frettir/stok-frett/2011/03/24/Maelingar-a-dioxini/.

[17] Umhverfisstofnun, 2011. [Á neti]. Available: https://ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Nidurfelld-starfsleyfi/B_nr_352_2011.pdf.

[18] Umhverfisstofnun, „Niður stöður úr mælingum á díoxínum í jar ðvegi," 2011.

[19] IPCC, „IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories," 2018.

[20] COWI, „Technical Solutions for a Waste-to-Energy Plant," 2021.

[21] Flowvision, „Waste-to-Energy,“ 2021. [Á neti]. Available: https://flowvision-energy.com/waste-to-energy/.

[22] J. D. G. C. B. C. V. Jo Van Caneghem, „NOx reduction in waste incinerators by selective catalytic reduction (SCR),“ *Journal of Cleaner Production,* pp. 4452-4460, 2016.

[23] Resource International, „Greining á þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi,“ 2020.

[24] Miljødirektoratet, *Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Fortum Oslo Varme AS,* 2019.

[25] E. de Titto og A. Savino, „Environmental and health risks related to waste incineration,“ *Waste Management and Research,* b. 37, nr. 10, 2019.

[26] ECOBA, „Utilisation,“ 2021.

[27] Umhverfisstofnun, „Losunarstuðlar,“ 2021.

[28] Bruckner, Bashmakov, Mulugetta, Chum, d. l. V. Navarro, Edmonds, Faaij, Fungtammasan, Garg, Hertwich, Honnery, Infield, Kainuma, Khennas, Kim, Nimir, Riahi, Strachan, Wiser og Zhang, „Energy Systems. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,“ Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 2014.

[29] EPD International, „Product Category Rules (PCR) for Electricity, Steam and Hot Water Generation and Distribution,“ EPD, 2020.

[30] Zero Waste Europe, „Waste Incineration under the EU ETS – An assessment of climate benefits,“ 2021.

[31] J. &. Z. R. &. T. J. &. T. M. &. A. F. &. T. L. &. N. C. &. M. T. &. W. A. &. Z. L. &. B. C. &. Z. A. Fagerlund, „Performance of an amine-based CO2 capture pilot plant at the Klemetsrud waste incinerator in Oslo, Norway,“ *International Journal of Greenhouse Gas Control,* b. 106, p. 103242, 03 2021.

[32] Industry and Energy, „Waste to energy plant installs carbon capture,“ 2021.

[33] Aker Carbon Capture, „Our Key Projects,“ 2021.

[34] European Environment Agency, „Emissions and energy use in large combustion plants in Europe,“ 2021.

[35] Ramboll, „Expected impact of the WI BREF on the market and its influence outside Europe,“ 2021.

[36] Zero Waste Europe, „Building a bridge strategy for residual waste - Material REcovery and Biological Treatment to manage waste within a circular economy,“ 2020.

[37] European Parliament, „Circular economy: More recycling of household waste, less landfilling,“ 2018.

[38] European Comission, „Circular Economy Action Plan For a Cleaner and more Competitive Europe,“ 2021.

[39] WRAP, „National Municipal Waste Composition, England 2017,“ 2020.

[40] CEWEP, „Workshop on Implementation of BAT Conclusions for Waste Incineration,“ Brussel, 2019.

09.11.2021

# Hátæknibrennslustöð

*Helstu umhverfisþættir*

**Helga Jóhanna Bjarnadóttir**
Efna- og umhverfisverkfræðingur



# Efnistök

- Samantektin er hluti af  forverkefni um innleiðingu innleiðingu nýrrar framtíðarlausnar til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi í stað urðunar.
- Umfjöllunarefni;
  - Lagalegur rammi um hátæknibrennslustöð
  - Yfirlit yfir fyrri sorpbrennslur á Íslandi
  - Þýðingarmiklir umhverfisþættir í rekstri sorpbrennslu
  - Nýting afurða



# Umhverfisáhrif og nýtingarmöguleikar

**Helstu umhverfisþættir**

- Losun í andrúmsloft
- Losun í vatn
- Umhverfisáhrif flutninga
- Hljóðvist
- Lykt
- Sjónræn áhrif
- Áhrif á lífríki
- Áhrif á samélag, fólk og heilsa

**Nýting afurða**

- Orka
- Botnaska
- Flugaska
- Koltvísýringur



# Lagagrunnur sorpbrennslustöðva

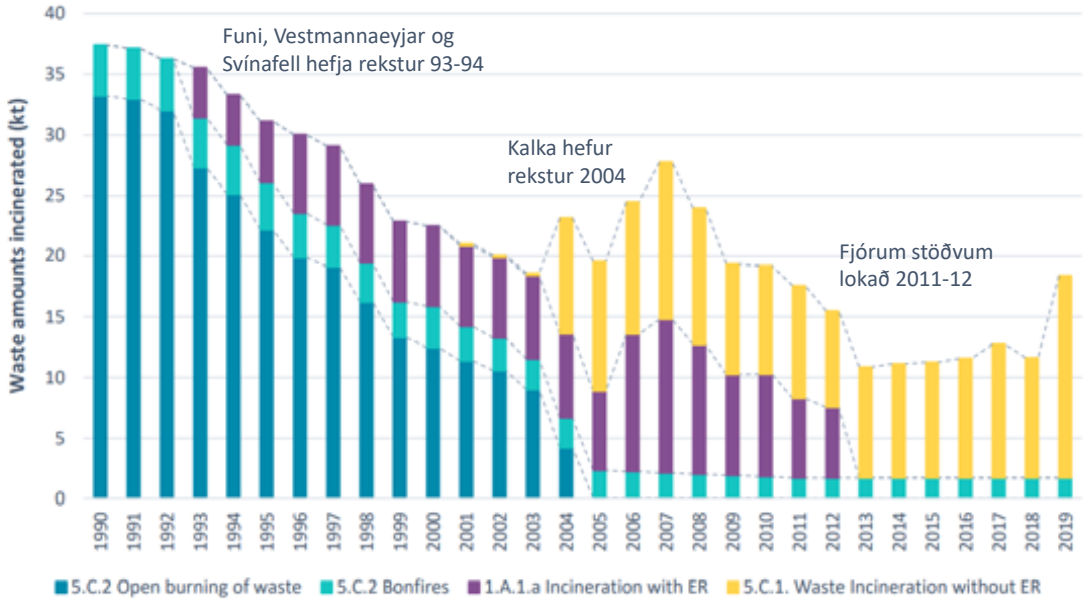
*Sorpbrennslustöð með afköst meira en 3 tonn úrgangs á klst.*

- Sorpbrennslur skulu vera staðsettar á skipulagssvæði sem skilgreint sem athafna- og iðnaðarsvæði og er krafist deiliskipulags fyrir svæðið
- Framkvæmdin er háð lögum um mat á umhverfisáhrifum nr. 111/2021
- Starfsleyfi skv. reglugerð 550/2018 um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnaeftirlit
- Uppfylla gildandi lög og reglugerðir á starfssviði sínu
- Rekstraraðili skal nota bestu aðgengilegu tækni (BAT) við nýtingu á auðlindum svo sem orku, en einnig gagnvart mengunarvörnum.
- Innleiða skal virka umhvefisstjórnun skv. ISO 14001 staðlinum
- Uppfylla þarf viðmið BAT um losun í andrúmsloft og vatn varðandi alla helstu umhvefisþætti rekstursins

# Þróun sorpbrennslu á Íslandi

Brennslustöðvar starfræktar 1993-2012;

- Stóðust ekki viðmiðunarkröfur ESB frá 2000 og ísl. rg. frá 2003 vegna ófullkomnar brennslu og hreinsibúnaðar.
- Störfuðu á undanþágum 2002-2012 þar til þær voru aflagðar.
- Styrkur PCDD/F mældist margfaldur miðað við viðmunarmörk og fundust efnasamböndin í umhverfi brennslustöðva.
- Erfiðleikar með að uppfylla aðrar losunarkröfur.



# Losun í loft

*Áhrifavaldar fyrir losun efna við bruna í sorpbrennslustöð*

| Losun | Samsetning úrgangs | Gerð, gæði rekstur og ofns | Gerð, gæði og rekstur hreinsibúnaðs |
|---|---|---|---|
| Díoxín/Fúran (PCDD/F) | X | X | X |
| CO og VOC | X | X | |
| Ryk | | | X |
| HCl, HF, $SO_2$, $NO_X$ | X | | X |
| Málmar | X | | X |

# Kröfur í BREF (BAT) og virkni hreinsibúnaðar

| Mæliþáttur | Lægra gildi | Hærra gildi | Hærra gildi* | Mælingartímabil | Lágmarks krafa til mælinga | Virkni hreinsibúnaðar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ryk (mg/Nm$^3$) | 2,00 | **5,00** | 5,00 | Daglegt meðaltal | Samfelld | <5 mg/m3 með pokasíu |
| Cd/Tl (mg/Nm$^3$) | 0,005 | **0,02** | 0,02 | Meðaltal yfir sýntökutímabil | Reglubundin – sex mánuðir | 93%+ með virku kolefni |
| Sb/As/Pb/Cr/Co/Cu/Mn/Ni/V (mg/Nm$^3$) | 0,01 | **0,30** | 0,30 | Meðaltal yfir sýntökutímabil | Reglubundin – sex mánuðir | 95%+ með virku kolefni |
| HCl (mg/Nm$^3$) | 2,00 | **6,00** | 8,00 | Daglegt meðaltal | Samfelld | 2-8 með hálfþurri hreinsun |
| HF (mg/Nm$^3$) | | **<1** | 1,00 | Daglegt meðaltal eða meðaltal yfir sýntökutímabil | Samfelld[1] | <1mg með hálfþurri hreinsun |
| $SO_2$ (mg/Nm$^3$) | 5,00 | **30,00** | 40,00 | Daglegt meðaltal | Samfelld | 30-70 með hálfþurri hreinsun |
| $NO_x$ (mg/Nm$^3$) | 50,00 | **120,00** | 150,00 | Daglegt meðaltal | Samfelld | 75% með SNCR |
| CO (mg/Nm$^3$) | 10,00 | **50,00** | 50,00 | Daglegt meðaltal | Samfelld | Ekkert lagt til |
| $NH_3$ (mg/Nm$^3$) | 2,00 | **10,00** | 10,00 | Daglegt meðaltal | Samfelld | |
| TVOC (mg/Nm$^3$) | 3,00 | **10,00** | 10,00 | Daglegt meðaltal | Samfelld | |
| PCDD/F (ng I-TEQ/Nm$^3$) | 0,01 | **0,04** | 0,06 | Meðaltal yfir sýntökutímabil | Reglubundin – sex mánuðir | 0,5-2kg/t kolefni nær losun <0,06 ng/Nm3 |
| PCDD/F (ng I-TEQ/Nm$^3$) | 0,01 | **0,06** | 0,08 | Meðaltal yfir lengra sýntökutímabil | Samfelld einu sinni á mánuði[2] | |
| PCDD/F+PCB (ng WHO-TEQ/Nm$^3$) | 0,01 | **0,06** | 0,08 | Meðaltal yfir sýntökutímabil | Reglubundin – sex mánuðir | |
| PCDD/F+PCB (ng WHO-TEQ/Nm$^3$) | 0,01 | **0,08** | 0,10 | Meðaltal yfir lengra sýntökutímabil | Samfelld einu sinni á mánuði[3] | |
| Hg (mg/Nm$^3$) | 0,005 | **0,020** | 0,020 | Daglegt meðaltal eða meðaltal yfir sýntökutímabil | Samfelld[4] | 95% - 30µg/Nm3 |
| Hg (mg/Nm$^3$) | 0,001 | **0,010** | 0,01 | Meðaltal yfir lengra sýntökutímabil | Reglubundin – sex mánuðir | |

* Hærra gildi fyrir stöðvar í núverandi rekstri

1 Mælingar á HF mega vera reglubundnar á sex mánaða fresti ef sýnt er fram á stöðugleika í mælingum

2 Mælingar á PCDD/F mega vera reglubundnar á sex mánaða fresti ef sýnt er fram á stöðugleika í mælingum

3 Mælingar á PCB-DL mega vera reglubundnar á sex mánaða fresti ef styrkur PCB < 0,01 ng/m$^3$

4 Mælingar á Hg mega vera reglubundnar á sex mánaða fresti með lengra sýnatökutímabili ef sýnt er fram á lágt innihald Hg

# Losun í loft

*Erfiðustu losunarþættir hjá Kölku*

| Losunarþáttur | Meðaltal* | Hæsta viðmiðunargildi í BAT | Yfir gildi |
|---|---|---|---|
| Ryk (mg/Nm3) | 21,75 | 5,00 | 335% |
| Cd/Tl (mg/Nm3) | 0,00 | 0,02 | 0% |
| Sb/As/Pb/Cr/Co/Cu/Mn/Ni/V (mg/Nm3) | 0,56 | 0,30 | 87% |
| HCl (mg/Nm3) | 0,45 | 8,00 | 0% |
| HF (mg/Nm3) | 0,50 | 1,00 | 0% |
| SO2 (mg/Nm3) | 0,00 | 40,00 | 0% |
| NOx (mg/Nm3) | 301,65 | 150,00 | 101% |
| CO (mg/Nm3) | 22,85 | 50,00 | 0% |
| NH3 (mg/Nm3) | Ekki mælt | 10,00 | |
| TVOC (mg/Nm3) | 0,25 | 10,00 | 0% |
| PCDD/F (ng I-TEQ/Nm3) | 0,15 | 0,08 | 81% |
| Hg (mg/Nm3) | 0,00 | 0,020 | 0% |

*Meðaltal mælinga í útblæstri Kölku frá október 2016 og desember 2017

# Losun í frárennsli

Minna vægi í hálfþurri hreinsun

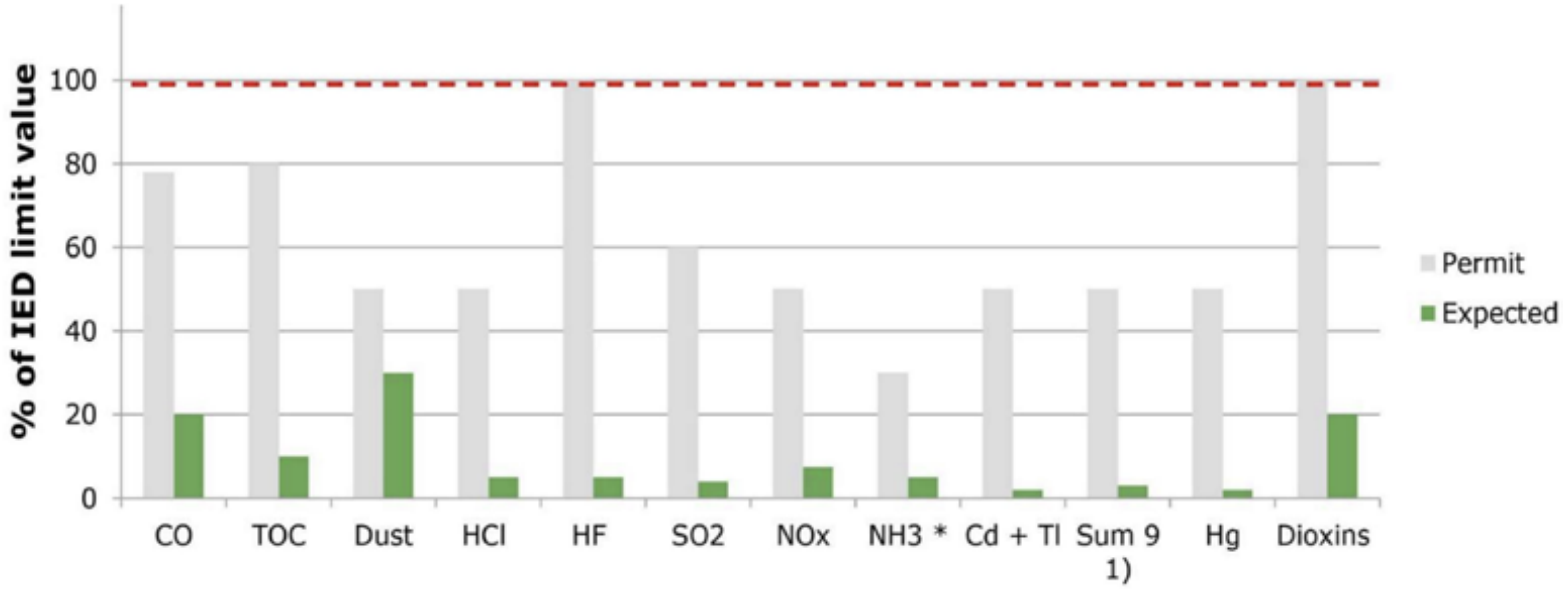
Hefur ekki verið útfærð

| LOSUNARÞÁTTUR | LÁGGILDI | HÁGILDI | UPPRUNI* | MÆLINGARTÍÐNI |
|---|---|---|---|---|
| Svifagnir - TSS (mg/L) | 10 | 30 | Afgashreinsun<br>Botnöskuhreinsun | Daglega<br>Mánaðarlega |
| Lífrænt kolefni - TOC (mg/L) | 15 | 40 | Afgashreinsun<br>Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega<br>Mánaðarlega |
| As (mg/L) | 0,01 | 0,05 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Cd (mg/L) | 0,005 | 0,03 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Cr (mg/L) | 0,01 | 0,1 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Cu (mg/L) | 0,03 | 0,15 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Hg (mg/L) | 0,001 | 0,01 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Ni (mg/L) | 0,03 | 0,15 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Pb (mg/L) | 0,02 | 0,06 | Afgashreinsun<br>Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega<br>Mánaðarlega |
| Sb (mg/L) | 0,02 | 0,9 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Tl (mg/L) | 0,005 | 0,03 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Zn (mg/L) | 0,01 | 0,5 | Afgashreinsun | Mánaðarlega |
| Ammonium-nitrogen - NH4-N (mg/L) | 10 | 30 | Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega |
| Klóríð (Cl-) | | | Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega |
| Sulphate - $SO_4^{2-}$ (mg/L) | 400 | 1000 | Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega |
| PCDD/F (ng I-TEQ/L) | 0,01 | 0,05 | Afgashreinsun<br>Botnöskuhreinsun | Mánaðarlega<br>Sex mánaða fresti |

*Efni með uppruna í afgashreinsun eiga aðallega við um vothreinsun. Ekki eru losuð efni í frárennsli í þurrum eða hálfþurrum hreinsibúnaði

# Mikil þróun í losunargildum

## Þrjú mismunandi losunargild fyrir nýlega hátækni brennslustöð




Dæmi tekið fyrir Amager Bakke í DK





# Samfélag, fólk og heilsa

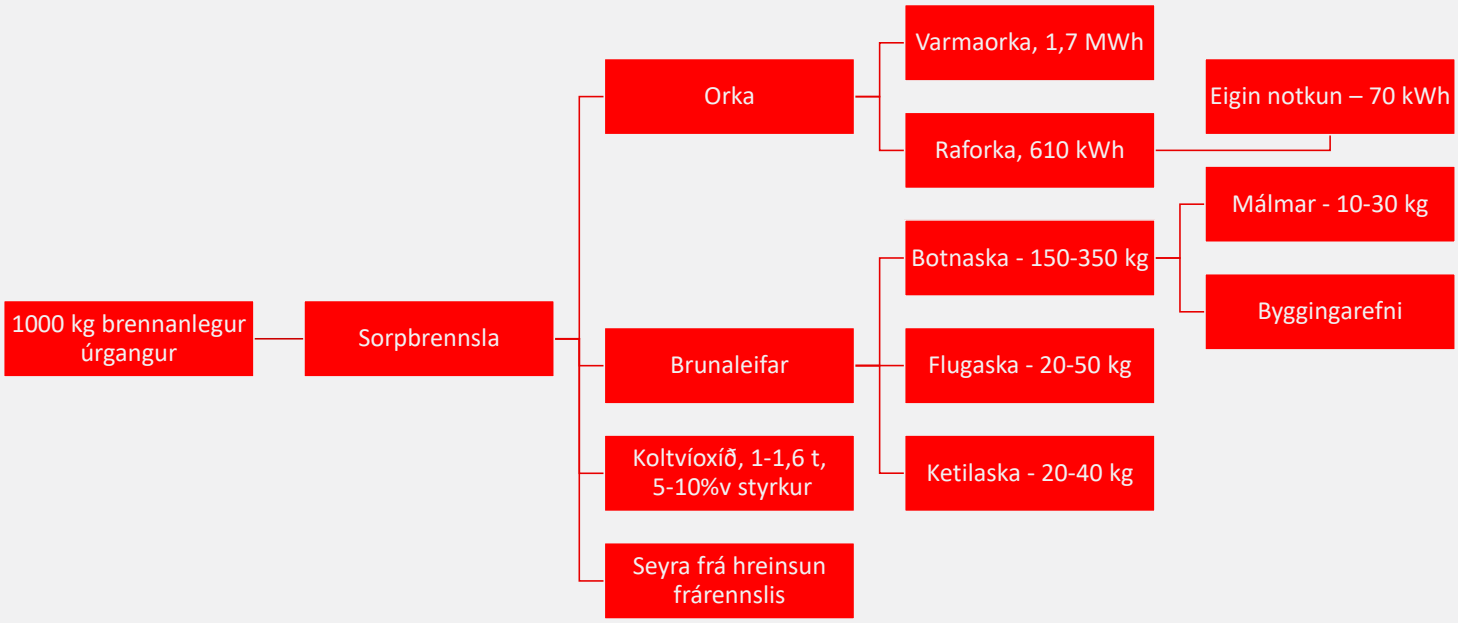
- Hávaði
  - Hljóðstig við mörk iðnaðarlóðar -70 dB
  - Við  húsvegg á íbúðarsvæðum 55 dB hámark
  - Staðarval mikilvægt
- Lykt
  - Ekki kröfur í BAT
  - Fornvarnir, viðbrögð og mælingar eru lykilþættir
- Heilsa
  - Rannsóknir hafa ekki sýnt fram á skaðleg áhrif á heilsu fólks eða lífríki miðað við góðan rekstur á nútíma sorpbrennslu
- Reynsla komin á rekstur stöðva nálægt byggð
- Virk umhverfisstjórnun skiptir höfuðmáli við stýringu þessara málaflokka.






Brennslustöðvar sem hafa afkastagetu upp á um 100 þús. tonn á ári

# Hringrásarhagkerfið – nýtingarmöguleikar



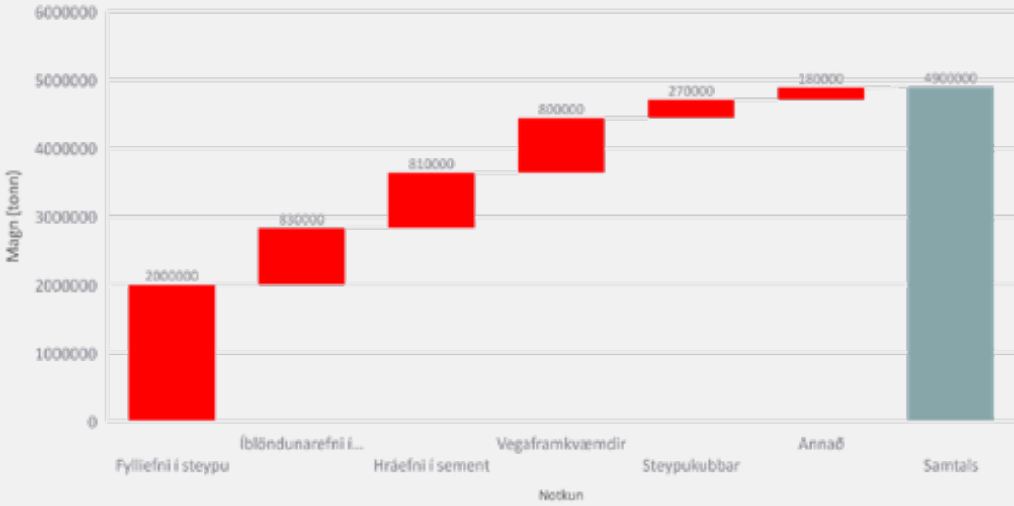
# Nýtingarmöguleikar ösku

## Botnaska

- Nýtanleg eftir hreinsun og geymslu
- Mikið notagildi innan ESB
- Endurnýtingarhlutföll
  - Danmörk: 100% frá stöðvum sem brenna aðeins úrgangi án spilliefna, en annars urðað
  - Finnland: 100%
  - Frakkland: 87%
  - Ítalía: 83%
  - Svíþjóð 100% í þekju á urðunarstöðum

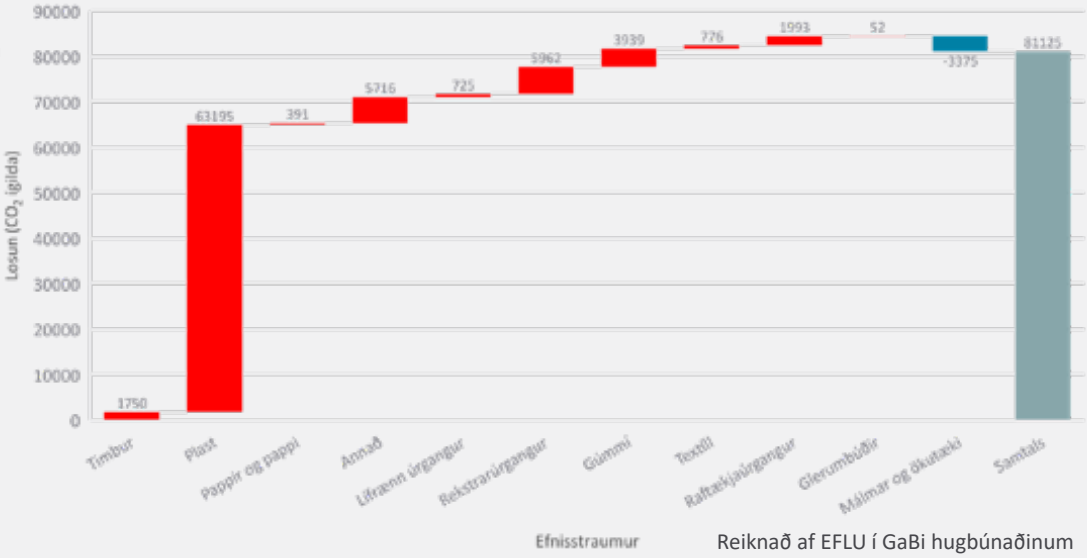
## Flugaska

- 43% nýting frá kolarorkuverum
  - Eftirspurn aukist og uppsprettum fækkar
  - Hreinsun nauðsynleg en ekki stunduð í dag



# Gróðurhúsalofttegundir frá hátæknibrennslustöð

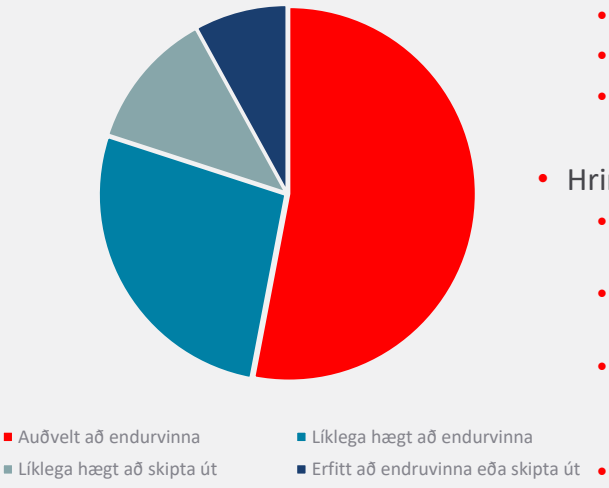
- Brennsla á 131.087 t úrgangs m.v. samsetningu Environice
  - 1,6 $tCO_2$ íg/t
  - 0,6 $tCO_2$ íg/t af ólífrænum uppruna
- Kolefnisföngun á tilraunaskala er hafin
- Styrkur er 5-10% í útblæstri
  - 11,3% ársmeðaltal FVO
- Möguleikar eru á kolefnishlutlausum eða neikvæðum rekstri
- Sorpbrennslur utan ETS




Reiknað af EFLU í GaBi hugbúnaðinum

# Mikilvægt að horfa til úrgangsþríhyrningsins

*Markmiðum ESB mismunandi*




- Urðunartilskipun
  - Hámark 10% af heild 2035
  - Veldur aukningu á brennslu
  - Brennsla mikil fjárfesting og langtímaskuldbinding
- Hringrásarhagkerfið
  - Markmið um 65% endurvinnslu 2035
  - Helminga óendurunninn blandaðan úrgang 2030
  - Könnun UK: 80% endurvinnanlegt í blönduðum úrgangi
  - Minnkar úrgangsmagn sem fer í brennslu
- Markmið um minnkun losunar GHL
  - Kolefnishlutleysi 2040 á Íslandi
  - Sorpbrennsla veldur losun $CO_2$
- Rekstur má ekki gera erfiðara fyrir að framfylgja umhverfismarkmiðum í meðhöndlun úrgangs
  - Mikilvægt að byggja ekki of stóra brennslu
  - Zero Waste Europe leggur til aukna áherslu á MRBT (Efnisendurheimt og lífræn meðhöndlun) frekar en orkuendurheimt



**Helga Jóhanna Bjarnadóttir**
Sviðsstjóri Samfélagssviðs

Helga.j.bjarnadottir@efla.is
665 6109
/helga-johanna-bjarnadottir
Efla.is

# VIÐAUKI

# Minnisblað um staðarval fyrir úrgangsbrennslu á Íslandi

**Október 2021**

**Páll Jensson prófessor**
**Heiðar Snær Jónasson rekstrarverkfræðingur**

# Minnisblað um staðarval fyrir sorpbrennslu

## 1. Inngangur

Staðarval (e. Facility Location) er þekkt og algengt viðfangsefni í Aðgerðarannsóknum. Venjulega er byggt á bestunarlíkani sem tryggir staðsetningar með sem mesta hagkvæmni í flutningum. Í þessu tilviki einfaldast málið því gefin er sú forsenda að aðeins verði byggð ein stór sorpbrennsla fyrir allt landið. Einnig voru gefnar upp fimm mögulegar staðsetningar, þ.e.

Álfsnes
Helguvík
Straumsvík
Þorlákshöfn
Grundartangi

Markmiðið hér er að bera þessa kosti saman m.t.t. flutninga á brennanlegu sorpi frá hinum ýmsu upprunasvæðum. Notaður er mælikvarðinn „eknir tonn-kílómetrar á ári“ þannig að bæði magn og vegalengdir skipta hér máli. Miðað er við stöð sem brennir 130 þús. tonnum af brennanlegu sorpi á ári. Ekki er gert ráð fyrir flutningum til baka né heldur skipaflutningum enda hvorugt í hendi á þessu stigi máls.

## 2. Gagnavinna

Fyrstu tölur miðuðust við þau svæði sem liggja vestan við loftlínu Gilsfjarðar og Markafljóts með íbúa sem eru fleiri en 1.000. Þannig var horft til um 78,8% Íslendinga eða 290.652 af 368.792. Boðið var upp á möguleikann að greina fjöldann eftir aldri og var þá miðað við þrjá hópa: 0 til 14 ára, 15 til 64 ára og 65 ára og eldri. Þær tölur voru sóttar af *Hagstofu Íslands* og tóku fyrir helstu íbúakjarna á því svæði. Til samanburðar var jafnframt horft til talna frá *Þjóðskrá Íslands* sem veitti svipaðar niðurstöður. Þar sem tölur *Hagstofu Íslands* buðu upp á fleiri svæði var ákveðið að styðjast við þau gögn.

Akstursvegalengdir á milli ákveðinna svæða reyndust ekki vera til staðar á vefsíðum sem þóttu áreiðanlegar heimildir að undanskilinni *Vegagerðinni* en þar var einungis að finna takmarkaðan hluta þeirra vegalengda sem þurfti fyrir verkefnið. Því var ákveðið að styðjast við *Google Maps* en fyrst um sinn voru upplýsingar um þær vegalengdir, sem *Vegagerðin* birti, skoðaðar og reyndust gögnin frá Google Maps áreiðanleg. Þannig var kílómetrafjöldi milli hinna fimm mögulegra staðsetninga og helstu íbúakjarna fundinn. Þegar valið var hvaða punkt skyldi styðjast við til að meta vegalengdir var horft til þess punkts sem metinn var sem þungamiðja hvers svæðis, þ.e. sá punktur sem væri þyngdarpunktur sorps þess svæðis.

Þegar fram komu þær viðbótarupplýsingar að taka landið í heild sinni voru gögn frá *Hagstofu Íslands* sótt aftur og í stað þess að taka alla þá staði 113 sem Hagstofan bauð upp á voru helstu bæjarkjarnar hvers landshluta nýttir og þeir staðir sem voru nálægir lagðir saman. Forsendan sem var gefin var sú að allir þessir staðir myndu senda sorpið til þessara helstu staða eða íbúakjarna þar sem því yrði safnað upp og svo sent til einna af þeim fimm staðsetningum sem koma til greina. Þannig voru t.d. íbúatölur Eskifjarðar, Reyðarfjarðar, Seyðisfjarðar, Djúpavogs o.fl. lagðar við íbúatölu Egilsstaða. Á endanum voru staðirnir samtals 25 í stað 113.

Um magn brennanlegs sorps var byggt á sömu forsendum og Stefán Gíslason gaf sér, þ.e. að það sé í beinu hlutfalli við íbúafjölda upprunasvæða.

## 3. Gögnin

Gagnavinnan leiddi í ljós eftirfarandi, kílómetrar eru litaðir með ljósgrænum lit og kjarnar utan SV hluta landsins (Markarfljót – Gilsfjörður) eru grænlitaðir:

| Upprunastaði | Íbúafjöldi | Álfsnes | Helguvík | Straumsvík | Þorláksh | Grundart | Ekin tonn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reykjavík | 133.191 | 22,6 | 50,9 | 29,8 | 52,6 | 49,2 | 46.950 |
| Kópavogur | 38.300 | 22,2 | 46,8 | 25,7 | 49,4 | 48,8 | 13.501 |
| Hafnarfjörður | 29.687 | 27 | 40,2 | 19,5 | 54,2 | 54,2 | 10.465 |
| Keflavík og Nj | 19.791 | 62,4 | 4 | 25,1 | 80,5 | 88,9 | 6.976 |
| Akureyri | 34.547 | 370 | 434 | 402 | 422 | 343 | 12.178 |
| Garðabær | 15.096 | 24,4 | 45,4 | 24,2 | 49,5 | 51 | 5.321 |
| Mosfellsbær | 13.066 | 6,6 | 61 | 39,8 | 52,2 | 33,2 | 4.606 |
| Selfoss | 12.629 | 62,9 | 98,9 | 77,8 | 28,6 | 89,5 | 4.452 |
| Akranes | 7.800 | 32,4 | 93,3 | 72,2 | 84,8 | 19 | 2.750 |
| Vík | 12.699 | 192 | 230 | 198 | 157 | 219 | 4.476 |
| Seltjarnarnes | 4.715 | 24,9 | 53,9 | 32,7 | 54,8 | 51,4 | 1.662 |
| Grindavík | 3.535 | 66,2 | 27,5 | 29 | 58,1 | 92,7 | 1.246 |
| Hveragerði | 2.776 | 51,4 | 87,4 | 66,2 | 21,3 | 78 | 979 |
| Ísafjörður | 10.135 | 435 | 451 | 467 | 487 | 408 | 3.573 |
| Egilsstaðir | 11.387 | 618 | 634 | 650 | 605 | 591 | 4.014 |
| Álftanes | 2.536 | 31,1 | 47,9 | 18,5 | 57,7 | 57,8 | 894 |
| Snæfellsnes | 3.785 | 118 | 181 | 149 | 170 | 90,8 | 1.334 |
| Borgarnes | 2.877 | 59,6 | 75,4 | 90,6 | 111 | 32,1 | 1.014 |
| Sandgerði | 1.874 | 71,2 | 55,5 | 34,7 | 89 | 97 | 661 |
| Þorlákshöfn | 1.903 | 57,9 | 84,9 | 64,3 | 0,5 | 84,5 | 671 |
| Garður | 1.744 | 72,2 | 56,5 | 35,7 | 90 | 98,9 | 615 |
| Vogar | 1.251 | 51,9 | 18,3 | 13 | 75,6 | 76,8 | 441 |
| Stykkishólmu | 1.442 | 155 | 217 | 195 | 208 | 128 | 508 |
| Hvolsvöllur | 1.024 | 113 | 106 | 119 | 77,7 | 139 | 361 |
| Ólafsvík | 1.002 | 178 | 194 | 209 | 230 | 150 | 353 |

Dálkurinn „Ekin tonn“ er fenginn með því að gengið er út frá heildarmagninu 130.000 tonn á ári sem brennt verður í sorpbrennslunni, og þessu magni er deilt niður á upprunasvæðin eftir íbúafjölda.

## 4. Niðurstöður

Fyrir hverja mögulega staðsetningu fyrir sorpbrennslustöð er dálkurinn „Ekin tonn“ margfaldaður með akstursvegalengd í km og niðurstaðan verður tonnkílómetrar eknir á ári. Þá er margfaldað með kostnaði á tonn-km sem metinn er á 22 kr/tonn-km. til að fá heildarkostnað í m.kr. á ári. Niðurstöður hvað flutningahagkvæmni varðar eru þessar:

| | | | Álfsnes | Helguvík | Straumsvík | Þorlákshöfn | Grundartangi | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Þús Tonnkílómetrar eknir á ári | | | 12.763 | 16.084 | 13.814 | 16.078 | 14.885 | |
| Kostn kr/tonn-km | 22 | | 281 | 354 | 304 | 354 | 327 | mkr/ári |
| Viðbótarkostn mv bestu lausn | | | | 73 | 23 | 73 | 47 | mkr/ári |

## 5. Önnur sjónarmið

Hér hefur verið gerð grein fyrir flutningahagkvæmni hinna fimm mögulegu staðsetninga fyrir sorpbrennslustöð. Ákvarðanir um staðarval byggja oftast á fleiri sjónarmiðum eða viðmiðum en flutningahagkvæmninni eingöngu. Á stuttum hugarflugsfundi stýrihóps þessa verkefnis komu fram eftirtalin hugsanleg önnur sjónarmið:

Fjarlæð frá íbúabyggð (m.a. vegna lyktar og sýnileika)
Hluti af iðngarði og orkutengingar klárar
Kostnaður vegna efnisflutninga
Staða deiliskipulags (öruggt iðnaðarsvæði til framtíðar)
Afstaða nærsamfélagsins
Nálægð við höfn
Öryggismál v. þungaflutninga í gegnum þéttbýli
Tekjumöguleikar v. sölu á orku
Aðgengi að réttu vinnuafli
Möguleikar á afsetningu CO2
Jarðskjálfta- og eldgosahætta

Athugandi er hvort beita mætti aðferðafræði eins og svokallaðri AHP aðferð ("Analytic Hierarchy Process") til að leggja mat á þessi mismunandi viðmið og hvaða áhrif það hefði á samanburð hinna fimm valkosta. AHP aðferðin var valin í fyrsta áfanga Rammaáætlunar ríkisstjórnar um samanburð virkjanakosta og er henni ágætlega lýst í skýrslu Rammaáætlunar.

**Heimildir:**


Fjöldi íbúa eftir byggðakjarna, sótt af Hagstofu Íslands:
https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Ibuar/Ibuar__mannfjoldi__2_byggdir__Byggdakjarnar/MAN030101.px
Spá um mannfjölda, sótt af af Hagstofu Íslands:
https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Ibuar/Ibuar__mannfjoldaspa/MAN09010.px/table/tableViewLayout1/?rxid=cf61d710-7a3a-4b81-95e3-3dfbd48ac8bd
Fjöldi íbúa eftir stöðum, sótt af Þjóðskrá Íslands:
https://www.skra.is/um-okkur/frettir/frett/2021/01/04/Ibuafjoldi-eftir-sveitarfelogum-januar-2021/
Vegalengdir til samanburðar, sótt af Vegagerðinni:
http://www.vegagerdin.is/vegakerfid/vegalengdir/
Skýrsla rammaáætlunar um virkjanakosti:
https://www.ramma.is/rammaaaetlun/adferdafraedi/itarefni/

# VIÐAUKI

# Minnisblað um arðsemimat á sorpbrennslu á Íslandi

**Nóvember 2021**

**Páll Jensson prófessor**
**Heiðar Snær Jónasson rekstrarverkfræðingur**

# Minnisblað um arðsemimat á sorpbrennslu á Íslandi

## 1. Inngangur

Hér verður gerð grein fyrir arðsemimati eða fjárhagslegum fýsileika þess að reisa sorpbrennslustöð á Íslandi. Gefin er sú forsenda að byggð verði ein brennslustöð fyrir allt landið og er miðað við stöð getur afkastað 130 þús. tonnum af brennanlegu sorpi á ári en brennir að jafnaði 100 þús tonnum á ári. Um staðarval fyrir slíka stöð er fjallað í öðru minnisblaði. Gert er ráð fyrir einkafyrirtæki sem greiðir tekjuskatt eins og önnur fyrirtæki. Sett er fram reiknilíkan í Excel þar sem auðvelt er að setja inn nýjar forsendur og gera næmnigreiningar. Allar upphæðir eru í þúsundum eða milljónum Evra á föstu verðlagi dagsins í dag og án virðisaukaskatts. Um gerð líkansins má lesa í heimildum 1-3.

## 2. Tölulegar forsendur

Sett er fyrst fram grunntilvik en síðar verða ýmsar sviðsmyndir kannaðar og nokkur sértilvik. Byggt er á tölulegu mati COWI verkfræðistofunnar (sjá heimild 4) á stofnkostnaði og rekstrarkostnaði sem og tekjumöguleikum. Einnig er stuðst við mat forráðamanna Sorpu.

Stofnkostnaður samkvæmt COWI er sem hér segir, nema kostnaður við land/lóð upp á 22.000 $m^2$ er metinn af höfundum, sem einnig settu fram forsendur um dreifingu stofnkostnaðar yfir þriggja ára byggingatíma. Útreikninga vegna stofnkostnaðar má sjá í töflu 1.

**Tafla 1: Stofnkostnaður**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Investment Costs (CAPEX)** | | | | | Exchange Rate | 150 |
| | **KEUR** | | | | | **KEUR** |
| | | **2021** | **2022** | **2023** | **Total** | **Total** |
| | Civil Works | 44.290 | | | 44.290 | |
| | Land | 4.000 | | | 4.000 | |
| **Buildings** | | **48.290** | **0** | **0** | **48.290** | **48.290** |
| | Boiler | | 46.760 | | 46.760 | |
| | Flue Gas Treat | | 16.484 | | 16.484 | |
| | Auxilaries | | 6.759 | | 6.759 | |
| | Turbine | | | 24.778 | 24.778 | |
| | El, grid, distrib | | | 15.309 | 15.309 | |
| **Equipment** | | **0** | **70.003** | **40.087** | **110.090** | **110.090** |
| **Other** | Project Admin | 2.000 | 2.000 | 1.070 | 5.070 | **5.070** |
| | **Total CAPEX KEUR** | **50.290** | **72.003** | **41.157** | **163.450** | **163.450** |
| | | 31% | 44% | 25% | | |
| | Exchange Rate | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| | **Total CAPEX MIKR** | **7.544** | **10.800** | **6.174** | **24.518** | |

Rekstrarkostnaður er samkvæmt mati COWI sá sem sýndur er í töflu 2:

**Tafla 2: Rekstrarkostnaður**

## Operating Costs (OPEX)

| | Optimistic | Pessimistic | | Most likely | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Var+Fixed** | 22 | 25 | Euro/tpa | 23,5 | |
| **Maint** | 20 | 30 | Euro/tpa | 25,0 | |
| **Fly ash** | 15 | 25 | Euro/tpa | 20,0 | |
| **OPEX** | 57 | 80 | Euro/tpa | **68,5** | |
| **Tpa** | 100.000 | 100.000 | | **100.000** | |
| **Total OPEX MEUR** | **5,7** | **8,0** | **MEuro/year** | **6,9** | **MEuro/year** |
| Exchange Rate | 150 | 150 | | **150** | |
| **Total OPEX MIKR** | **855** | **1.200** | **MIKR/year** | **1.028** | |

Tekjuhlið sorpbrennslunnar skiptist í þrennt: Hliðgjöld (e. Gate Fee), sala á heitu vatni og sala á rafmagni. Magntölur fyrir framleitt heitt vatn og rafmagn eru byggðar á skýrslu COWI en einingarverð á viðtölum við hérlendra aðila.

**Tafla 3: Tekjur Sorpbrennslunnar**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Gate Fee** | | | | | |
| | Unit Price | 40 | IKR/kg | | |
| | Volume | 100 | Mill kg/year | | |
| | Revenue | 4.000 | MIKR/year | 26,7 | MEUR/year |
| **Hot Water** | | | | | |
| | Unit Price | 50 | IKR/m3 | | |
| | Volume | 4,8 | mill m3/year | | |
| | Revenue | 240 | MIKR/year | 1,6 | MEUR/year |
| **Electricity** | | | | | |
| | Unit Price | 4,2 | IKR/kWh | | |
| | Volume | 80.000.000 | kWh/year | | |
| | Revenue | 336 | MIKR/year | 2,2 | MEUR/year |
| **Total Revenue** | | **4.576** | **MIKR/year** | **30,5** | **MEUR/year** |

Allra mikilvægasta forsendan hér eru hliðgjöld sem eru metin á 40 IKR/kg af brennanlegu sorpi.

Aðrar forsendur eru metnar af höfundum, þ.á.m. forsendur um fjármögnun, að höfðu samráði við Ragnar Rafnsson. Gert er ráð fyrir 30 ára áætlunartíma, 8% ávöxtunarkröfu á heildarfjármagn og 12% ávöxtunarkröfu á eigið fé. Reiknað er með lántöku upp á 80% fjármagnsins til 20 ára á 8% lánsvöxtum. Rekstrarfjárþörf (e. Working Capital) nemur 14 MEUR vegna lánsvaxta á byggingartímanum svo **heildarfjárþörf er 177 MEUR.**

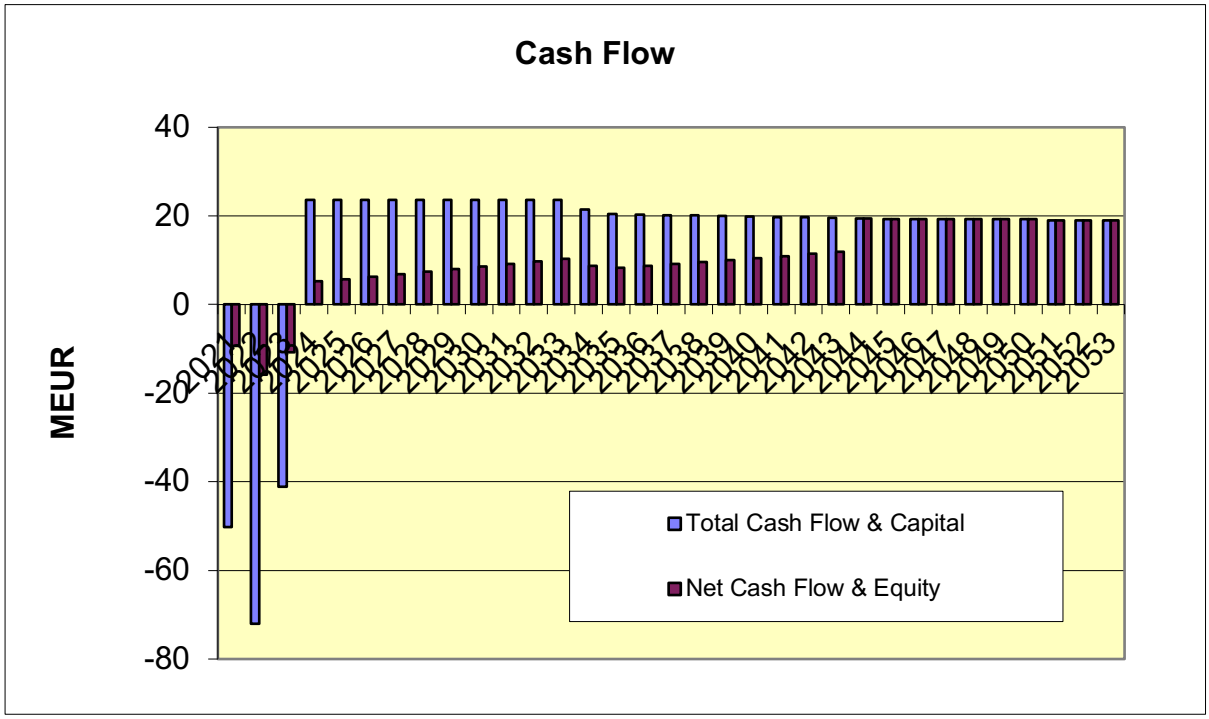
## 3. Niðurstöður

Alla útreikninga arðsemilíkansins má sjá í viðauka. Megin niðurstöður fyrir grunntilvikið sem lýst er hér að framan eru þessar:

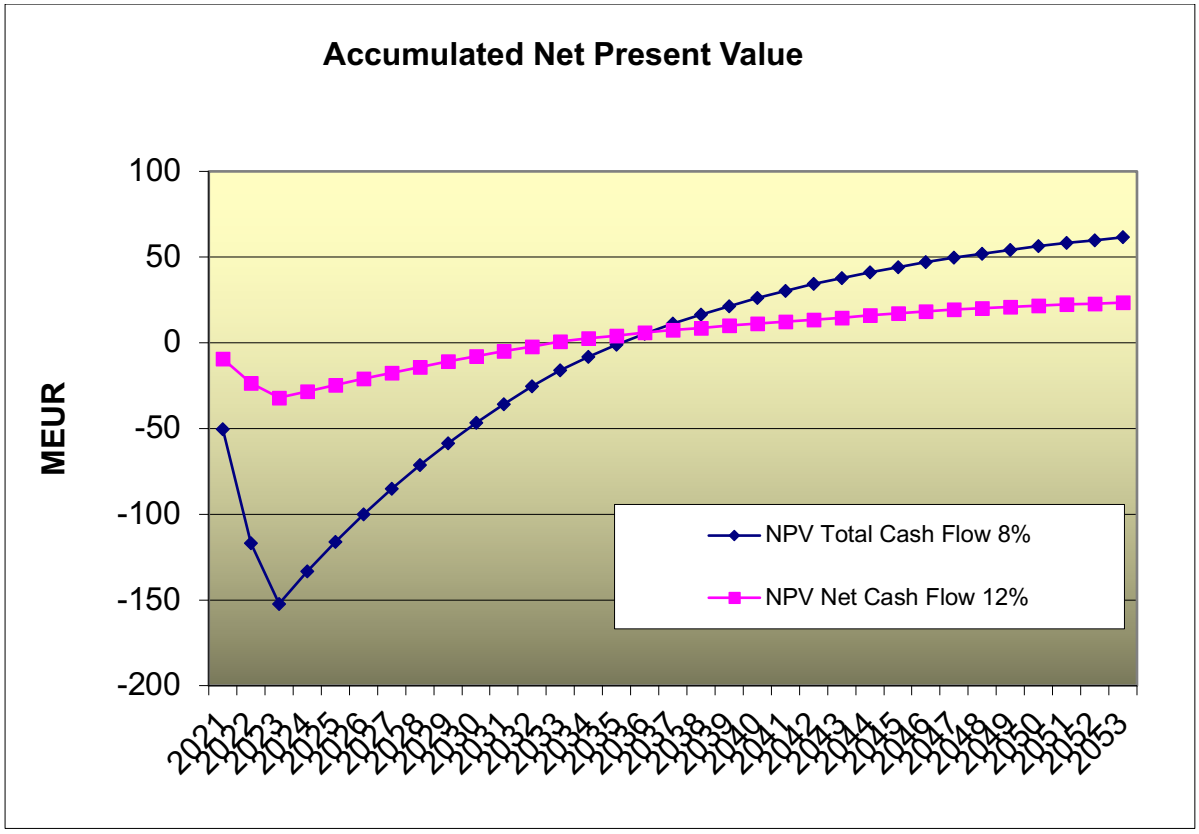
**Heildarnúvirði fjármagns er jákvætt upp á 62 MEUR og núvirði eigin fjár er einnig jákvætt upp á 23 MEUR**. **Innri vextir heildarfjár eru 12%** og **innri vextir eigin fjár eru 18%**, hvoru tveggja vel yfir ávöxtunarkröfum sem eru 8% og 12%.

Allar kennitölur sýna viðunandi afkomu, t.d. er skuldaþekja (e. Debt Service Coverage) yfir 1,5 öll ár lánstímans nema hún er undir fyrstu fjögur rekstrarárin. Svokallað „Loan Life Cover Ratio“ er yfir 1,5 öll árin. Lausafjárhlutfall er ávallt yfir 1,5 nema fyrsta rekstrarárið.

Hér á eftir fara línurit sem sýna þróun fjárstreymis og núvirðis og innri vaxta yfir áætlunartímann:

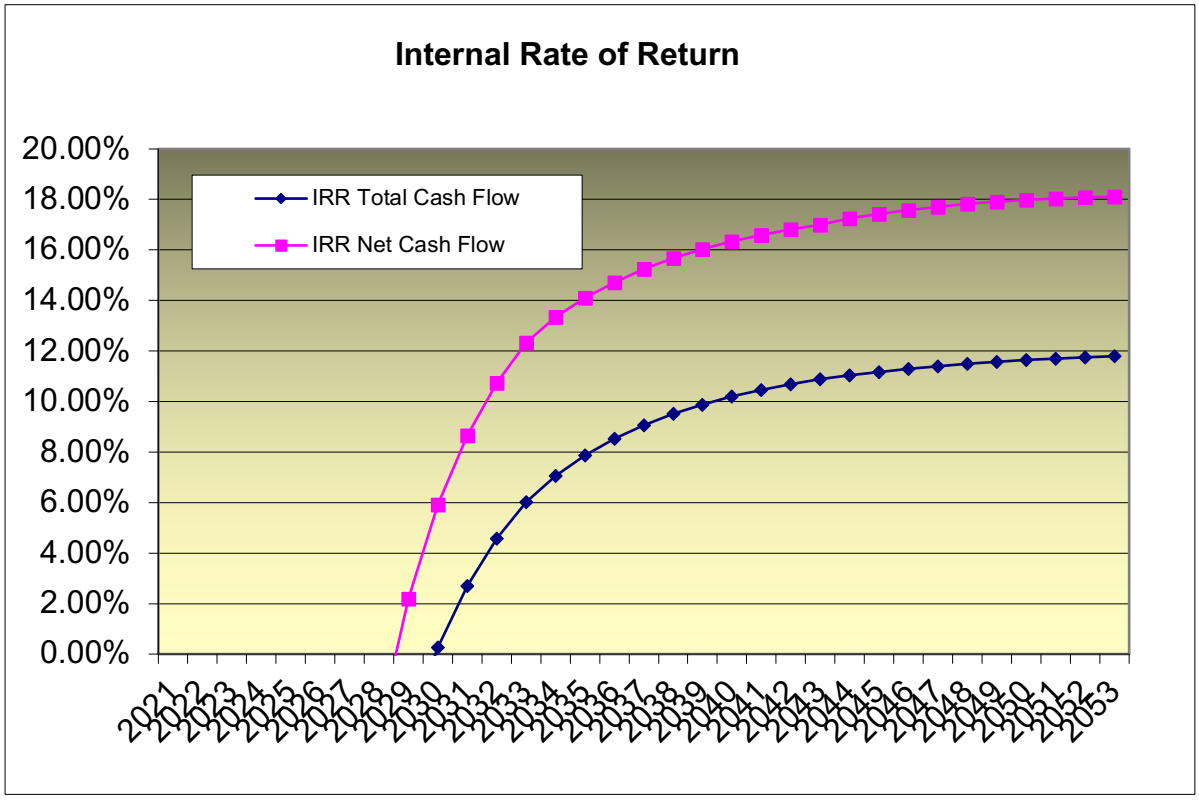



**Mynd 1: Fjárstreymi**




**Mynd 2: Uppsafnað núvirði**

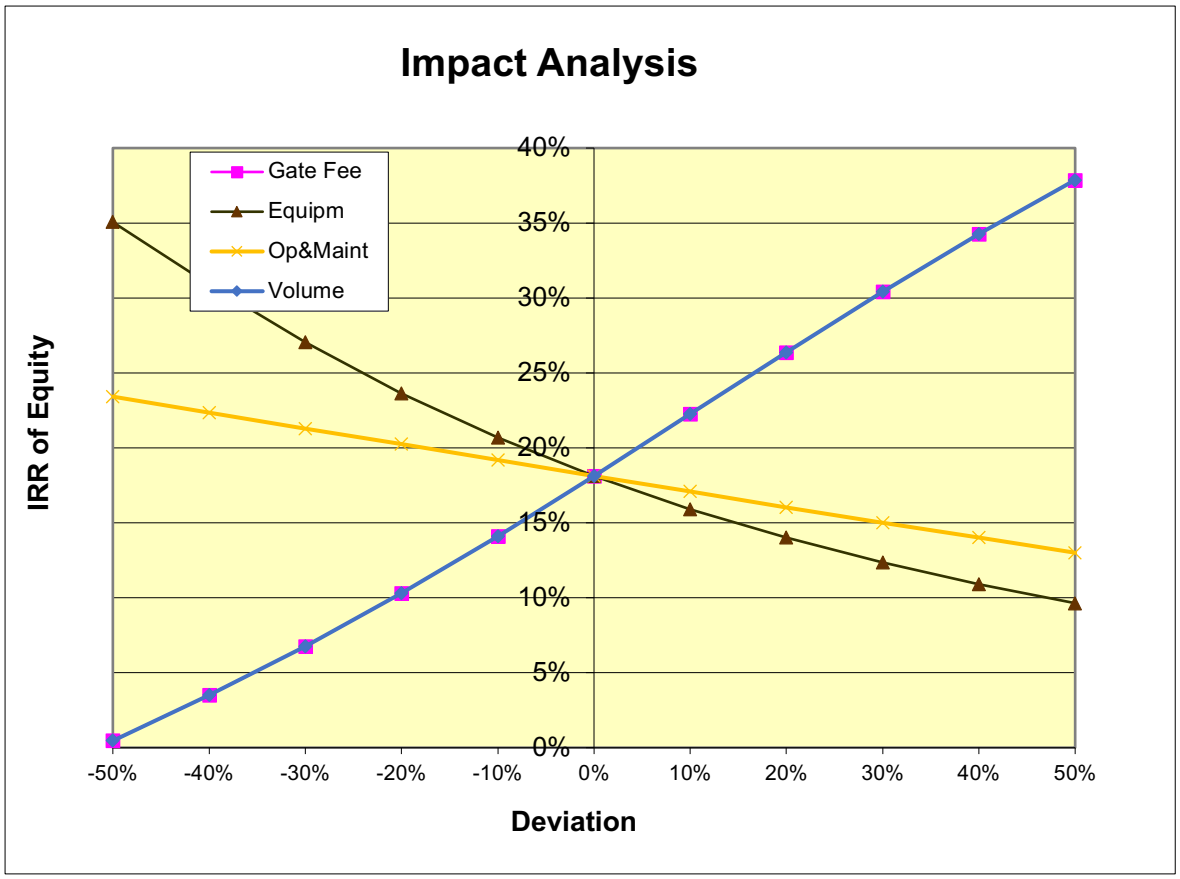
Á þessari mynd sést að eigið fé hefur verið endurheimt eftir 10 ár í rekstri auk 3ja ára í byggingu.




**Mynd 3: Innri vextir**

## 4. Fjárhagsleg áhætta

Til að gera grein fyrir fjárhagslegri áhættu var gerð næmnigreining m.t.t. nokkurra mikilvægra þátta, þ.e. hliðgjalds, magns sorps, stofnkostnaðar véla og tækja og reksturskostnaðar. Niðurstaðan sést á mynd 4:




**Mynd 4: Næmnigreining**

Hér kemur m.a. fram að þó magn sorps eða hliðgjald lækki um 15%, þá eru innri vextir eigin fjár enn yfir ávöxtunarkröfunni 12%. Jafnframt sést að 30% hækkun á stofnkostnaði véla og tækja slær arðsemina ekki út. Sama er að segja um 50% hækkun á rekstrarkostnaði. Þessar hækkanir eru vel yfir þeim óvissumörkum sem COWI gaf sér.

Næmnigreiningin hér að ofan hefur þann annmarka að aðeins er hægt að skoða breytingu á einni forsendu í einu. Þess vegna var gerð sviðsmyndagreining þar sem eftirfarandi sviðsmyndir voru skoðaðar:

- Sviðsmynd 1: Bæði stofnkostnaður véla og reksturskostnaður hækkað um 10%
- Sviðsmynd 2: Bæði stofnkostnaður véla og reksturskostnaður hækkað um 20%
- Sviðsmynd 3: Bæði stofnkostnaður véla og reksturskostnaður hækkað um 30%

**Tafla 4: Niðurstöður sviðsmyndagreiningar**

| Sviðsmyndir | | Grunntilvik | 10% hækkun | 20% hækkun | 30% hækkun: |
|---|---|---|---|---|---|
| **Forsendur:** | | | | | |
| | Vélar | 100% | 110% | 120% | 130% |
| | Rekstur | 100% | 110% | 120% | 130% |
| **Niðurstöður:** | | | | | |
| | IRR_Heild | 12% | 11% | 10% | 9% |
| | IRR_Eigið_fé | 18% | 15% | 12% | 10% |

Eins og hér kemur fram þá þarf meira en 20% hækkun bæði á stofnkostnað véla og tækja sem og á reksturskostnað til að arðsemin verði óviðunandi.

## 5. Sértilvik

Reiknað var það sértilvik að fjárfest yrði í CO2 vinnslu upp á viðbótar 60 MEUR og einnig var 4 MEUR/ári bætt við rekstrarkostnað. Við þessar hækkanir varð brennslan óarðbær en ef hliðgjald var hækkað um 10 kr/kg upp í 50 kr/kg þá dugði það til að brennsla með CO2 vinnslu væri arðbær.
Þá var einnig reiknað það sértilvik að sleppa túrbínu og selja ekki rafmagn. Þetta breytti nánast engu hvað arðsemina varðar.
Þessu til viðbótar voru gerðir útreikningar á því hversu hátt hliðgjald þyrfti að vera ef gengið væri út frá öðrum rekstrarformum sorpbrennslunnar en einkafyrirtæki. Niðurstöður voru sem hér segir:

1. **Svokallað PPP verkefni þar sem lánsvextir eru 3,5% og arðsemiskrafa eigin fjár 12%: Hliðgjald yrði að vera 29 kr/kg.**
2. **Opinbert verkefni þar sem lánsvextir 0,95% og arðsemiskrafa eigin fjár 7,3%: Hliðgjald yrði að vera 19 kr/kg.**

## 6. Lokaorð

Í þessu minnisblaði hefur verið gert arðsemimat á stofnun og rekstri sorpbrennslu á Íslandi. Niðurstöðurnar eru þær að ef miðað er við **hliðgjald upp á 40 kr/kg** brennanlegs sorps þá er brennslan ótvírætt arðbær. Jafnvel verulegar hækkanir á stofnkostnaði sem og rekstrarkostnaði breyta ekki þessari niðurstöðu. Þá er vakin athygli á niðurstöðum sértilvika hér að ofan, einkum þar sem skoðuð eru önnur rekstrarform en einkafyrirtæki.

**Heimildir:**


1. *Jensson, P.: Profitability Assessment Models.* In: Workshop on Fisheries and Aquaculture in Southern Africa: Development and Management. Windoek, Namibia. ICEIDA and UNU-FTP, August 21-24 2006.
2. *Jensson, P.: The Use of Financial Feasibility Analysis for Project Selection*, with Svavarsson, S.G. Presented at the 26th EURO-INFORMS Conference in Rome, July 1-4 2013.
3. *Anna Regína Björnsdóttir: Financial Feasibility Assessments. Building and Using Assessment Models for Financial Feasibility Analysis of Investment Projects. 2010.* *https://skemman.is/handle/1946/4452*
4. *COWI: Technical solutions for a Waste-to-Energy plants and Cost estimate.* Report 2021.


**Viðaukar: Excel arðsemilíkanið**

# G

# VIÐAUKI



EY
Building a better working world

# Financing options for a Waste-to-Energy plant in Iceland

**17 November 2021**

# Contents page


| Chapter Title | Page |
| --- | --- |
| Executive summary | 03 |
| Introduction | 04 |
| Public parties | 06 |
| Private parties | 13 |
| The ways forward | 22 |
| Appendix | 24 |

# Executive summary

The results of this pre-feasibility study on the financing options for a waste-to-energy plant in Iceland shows that the project is very feasible at this stage of the process, but definitive answers are restricted by the fact that further research and qualitative data is needed. Public parties and investors were contacted and interviewed to give insights into their opinions and requirements on this project and similar projects. Domestic and foreign investors that were interviewed were also gauged about their interest into investing the project and the overall response was very positive albeit with the caveat that more preparation work needs to be done before a definitive investment decision can be made.

The focus from both public parties and private parties that were interviewed were mostly on the same aspects of the project with the possible waste contracts and gate fees being the most important aspects of the project to both parties. From the public parties' point of view, the aim would be to try to minimize the amount of waste that will be contractually locked in as well as to minimize the gate fees. As the sale of the energy and other products from operations will not be sufficient to meet the required return of debt and equity holders, the gate fees will be critical to the investors as well. The cost of the financing is likely to be heavily tied to the amount of waste supply and the duration of the contract with high amount of waste supplied and long-term contract, lowering the cost of financing.

The ways forward in the immediate term calls for the public parties to define their vision and goals for the project. We propose that an SPV should be set up that includes the current owners, that a dedicated working group is initiated and that they engage in an initial structuring phase. At the end of this phase, the sponsor will have clear outputs that allows for a decision of the commercial and procurement structure that they want to follow. Having an upfront strategic phase to better consider the economic environment, delivery options and the procurement structure, means that one can later develop an appropriate program plan with this in mind. By structuring the approach in stages, we think the sponsor will get the benefit of holding the project working group and their advisers to account for outputs against key timelines and testing working with the working group before committing to a longer term partnership.



# 1 Introduction

## Introduction

The creation of a pre-feasibility study for a high-tech waste incineration plant in Iceland has been agreed upon by four municipal waste management entities. These entities are: Sorpsamlögin SORPA bs., Sorpurðun Vesturlands hf., Sorpstöð Suðurlands bs., and Kalka sorpeyðingarstöð sf., as well as the Ministry for the Environment and Natural Resources in Iceland with The Icelandic Association of Local Authorities also being a part of the project. The steering committee of the prefeasibility study for the project consists of Jón Viggó Gunnarsson, Jón Valgeirsson, Steinþór Þórðarson, and Eygerður Margrétardóttir, with Helgi Þór Ingason being the project leader.

The purpose of this pre-feasibility study is to create a detailed document that describes the main requirements for the construction of a high-tech waste-to-energy plant and can be used as a key document to move the project into the next phase of the project.

EY in Iceland was approached to assess options for financing the project. The scope of EY's assessment included:

- How should the report be structured in order to be useful for financing the next steps?
- Analyze government involvement, e.g., regarding possible concessions, legislation or other relevant factors
- Present possibilities regarding financing, examine e.g., PPP models and highlight the pros and cons and propose favorable path forward
- Give an overview of promising ways to build the organization that will be the owner of the plant and will be responsible for its construction
- Highlight the advantages and disadvantages of the participation of different parties, e.g., foreign parties and private parties
- Carry out a preliminary survey of the willingness of private parties, investment funds and other potential investors to participate

To capture the key deciding factors for the most suitable financing methods clearly, i.e., the desired level of involvement of public and private parties including their desired risk tolerance, requirements and other factors, the report was built upon conversation with relevant parties accompanied by insight from EY experts and is structured as follows:

- Public parties
- Private parties
- The ways forward

Please note that all items within the scope of EY's assessment are included within this structure.



# 2 Public parties

## Public parties

The public parties in this case refers to the Icelandic government, Icelandic municipalities on the southwestern part of Iceland and public Icelandic institutions. The involvement of public parties in the project is highly relevant to the financing options as they have significant control over key inputs into the project e.g., the waste contracts, the gate fees for disposal of waste, operating license for an incineration and potential concessions . These are also the public parties that are responsible for this sector within government.

Preliminary interviews were conducted to better understand the potential involvement of public parties. Preliminary interviews were conducted with representatives of major stakeholders of the project:

- The Ministry for the Environment and Natural Resources, Guðmundur B. Ingvarsson, Kjartan Ingvarsson, 10.11.2021
- The Icelandic Association of Local Authorities, Eygerður Margrétardóttir, Guðjón Bragason, 11.11.2021
- Municipality Credit Iceland Plc., Óttar Guðjónsson, Þórdís Sveinsdóttir, 11.11.2021
- Sorpsamlögin SORPA bs.,

The public parties that were interviewed were chosen on the basis that these are the parties that are involved with the creation of the pre-feasibility study and are the public parties that are most impacted by the realization of the project. It is important to note that the interviews were only preliminary.

In order for the public parties to give concrete answers the project must be more clearly defined i.e., the pre-feasibility study must be complete . The common thread in the interviews with the public parties was also that they required more detailed information to be able to provide better thoughts and requirements for a project such as this.

At a high-level however, the gate fees and the security of the volume of waste were of most interest to the public parties at this stage. Below are the items that have been highlighted during the interviews and insights from EY research for the assessment.

Expected waste volume

# 91-121.000

Expected tons per year to be incinerated

The waste contracts will be important to the public parties as there is significant risk in contractually locking in a predetermined volume of waste to be provided to incineration. One risk is that too much waste would be going to incineration just to meet the predetermined volume that could possibly be dealt with in another way. Another risk could come in the form of the waste contracts being long term and future recycling technology improvements not being able to be implemented due to the necessary volume that would need to be supplied to incineration due to contractual obligations.

Another aspect of the waste supply that needs to be researched further is how early and if the Icelandic government will meet their recycling goals. According to prior research it is expected that incinerable waste per year will be between 270 and 320 thousand tons for the next 25 years. Of this amount there will be 91 to 121 thousand tons per year that will go to incineration with the rest being recycled according to the recycling goals of the Icelandic government (Guðmundsdóttir, Eldjárn Vilhjálmsson, & Bergþórsdóttir, 2021).

According to this research there is also a best-case and a worst-case scenario in this same research where the volume of waste could be anywhere between 34 to 183 thousand tons per year to be incinerated (Guðmundsdóttir, et al., 2020).

Certainty must be obtained on both the timing and amount of waste amount that needs to be incinerated as the waste contracts that are likely to be made will require a set amount of waste being supplied over a long period. Furthermore, these same contracts will decrease the cost of financing for the incineration plant by lowering the risk associated with running a plant below capacity.

The opinions of the public parties that were contacted underlined the importance of this aspect of the project and its relationship with the government's circular economy plans for waste management. The waste amount of 91 to 121 thousand tons per year was expected to be correct from the public parties' viewpoint and therefore that amount could likely be contractually supplied without much concern for the future impact on the circular economy and possible technological advancements in recycling. Too much waste is going into landfill according to the public parties that were interviewed and the objective of reducing landfill is one of the key aspects of the governments circular economy plans for waste management. A landfill tax is expected to increase certainty on the amount of waste that would go to incineration. It was noted that flexibility in the amount of waste that was contractually obliged would be preferred to avoid being subject to the abovementioned risks.

A related topic arose in our conversations with the public parties around the waste amount that would need to be incinerated and if the possibility of shipping the incinerable waste to other countries to a waste-to-energy plant might be viable. A common consensus was that it is preferable to have a plant in Iceland, especially as costs related to exporting waste are only expected to increase in the coming years and it is more environmentally friendly than exporting waste to other countries but it was still a topic worth noting and might need to be researched further as a sideview in the next phase of the project.

> A gate fee is the service payment per ton that is paid by the municipality to the plant for receiving the waste (Cho, 2016)

The waste contracts are directly linked to the gate fees as the sale of energy products from the operations will not be sufficient to meet the investors required return and therefore a gate fee will have to bridge that gap. The higher the amount of waste that is contractually obliged, the less the gate fees will be. The influence on gate fees will be critical to the public parties in this project. The possibility of overblown gate fees to be paid to a private party due to improper research is something the public parties need to be vary of. The more control and influence the private party will have on the gate fees might increase the likelihood of the gate fees being unfavorable to the public parties, which in turn would come down on the end consumer.

The public parties that were contacted were aware of the importance of the gate fees to the project but had an open mind towards the topic at this stage of the project as no qualitative data has been presented and therefore it is hard for them to give an opinion on the matter.

The financing of the project will be of significant importance for the public parties. Public parties need to decide whether they want to involve private financing and if so when during the project lifecycle. Risk is higher in the early stages and decreases as more certainty of the project return is gained over the project lifecycle. Multiple aspects need to be considered regarding the private financing of the project such as the type of investors that might invest in the project with the public parties, whether these investors are domestic or international, when in the project stage they come in and the structure of the financing of the project. The public parties that were contacted were open to look towards private financing options but could not give definitive answers on that front at this stage of the project.

> A municipality can put up its revenues as a security for loans granted by Municipality Credit Iceland and for guarantees it provides according to the Local Government Act. A company must be fully owned by public entities for it to be eligible for such a loan with the guarantee expiring and the loan from the Municipality Credit Iceland loan default if the ownership is transferred in any form to a private entity (Alþingi, 2021)

Municipality Credit Iceland Plc. could be a possible avenue of financing for this project if the municipalities choose to do so and does seem to bear the least financing cost but excludes private financing. The size of the project would mean that it is possible that the project would not be fully financed by this avenue and could be an interesting option for early-stage financing but a definitive answer on that front is not available at this stage. This possibility would only be possible if the municipalities would adhere to the Local Government Act regarding guarantees, loans and ownership as this might prevent private participation at some stages in the project. The project would then need to be refinanced as a part of the private partner coming in as a part or sole investor.

The ownership structure of the plant at any point during the construction, operations and going forward is of interest to the public parties. If for instance, the public parties decide on a PPP structure of this project then there are multiple ownership options to choose from. These options are detailed in chapter 6.1.3 in the Appendix.

The public parties that were contacted noted that they were not focusing particularly on the potential ownership of the plant or the project at this stage and said that this would be looked at further down the road. They were mainly seeking to be involved in some capacity to gain knowledge and insight into the project, to make sure that the project would be realized and would fit into the government's circular economy plans for waste management. It was however mentioned by some of the public parties that they were inclined to go with a PPP model if possible, but it would depend on if any private involvement would negatively affect potential financing as formerly mentioned, constraining the future ability to recycle or other aspects.

## Restrictions on landfill through tax and laws as well as restrictions on the export of waste through tolls and laws are tools that the government could use to incentivize waste-to-energy supply

In addition  to the interviews, the involvement of public parties through concessions was also assessed as they can have a significant impact on the feasibility of the investment case for the project. Various concessions could be available to the project depending on the nature of the contract, the delivery model, and the general project approach. Potential concessions for a waste-to-energy plant in Iceland were discussed with the governmental body and the possibility of obtaining them.

Our findings were that 'Green' concessions have a strong possibility of being accepted. Current laws in Iceland regarding new investments enable companies to apply for concessions for installation of new projects, operations foreign to Iceland, or project that include an independent addition to a pre-existing project . Laws require that at least 75% of investment costs be financed without any government aid and that at least 20% be financed through the entity that is applying for the concession. Concessions are only granted for an applicant's specific investment project but do not apply to other operations under the applicant's entity. Concession agreements are valid for a maximum of 20 years from the day they are signed.

## Key considerations from public parties

### Waste contracts

Waste amount that would be supplied needs to be well defined and based on and backed up by thorough research, preferably flexible and without contradicting or competing with the government's circular economy plans for waste management

### Gate fees

The gate fees need to be identified, fair and structured so that they will not be too high and will not unfairly affect the end consumer

### Financing

Financing of the project and the ownership structure needs to be clear, with the public parties being open to the possibility of private funding

## Other considerations for the public parties

### Permits

Identify and obtain the required permits and licenses for the project to be realized

### Ownership

Decide on the ownership of the project at various stages through the project

### Strategy

To advance the project the public parties must define their vision and goals for the project as that will lay the foundation for the rest of the process

*See chapter 4*

### Legal

Identify the legal and policy requirements for the project and how they can affect the economics of the project

### Next steps

Decide on how to move the project forward to the next phase

*See chapter 4*



# 3 Private parties

## Private parties

The private parties in this case refers to strategic and financial investors, and financial institutions and pension funds. The private parties are expected to be crucial when it comes to financing of the project and can bring knowledge and experience in various stages of the project. Following is a description of these key private parties and the requirements they make for participation in the project.

## 3.1 Strategic and financial investors

Strategic investors are investors that invest in companies that offer them strategic advantages and/or synergies. These investors are usually operating in the same or a similar industry as the company they invest in. Strategic investors for this project are likely to be operating in industries like the waste-to-energy sector, the renewables sector, the waste management sector and the energy sector. Examples of strategic investors include Renewi, a company that owns multiple types of recycling plants around Europe and seeks to be a global leader in recycling. Tradebe, which like Renewi runs multiple recycling plants around Europe is one of the leading companies in hazardous waste management in Europe. Both companies operate waste-to-energy plants and both are in the short list for potential investors in the Appendix.

Financial investors are investors that use their financial expertise to identify profitable projects, manage the projects' risks and increase their returns. These investors tend to have specialized knowledge in the sector they are investing in and target a certain range of return on their capital. One example of a financial advisor is STAR Capital which is a private equity firm that is focused on developing strategic asset-based businesses in Western Europe and is on the short list for potential investors in the Appendix (STAR Capital, 2021). These kinds of investors would be interested in coming in early in the process and generally looking at exiting their investment in 3-5 years.

Another category of financial investors are infrastructure funds. These kinds of investors would usually be more of a long-term investor open to invest in any stage of the project. They generally invest in public assets and services that societies rely on for work, life and travel. Some examples of investments by these types of funds are waste management companies, oil and gas pipelines, airports, education services, energy companies, roadworks and communication services. An example of an infrastructure fund who invest in waste management is Icon Infrastructure. Icon invests in infrastructure assets in Europe and North America within the water, transportation, energy generation, distribution and storage sectors and is on the short list of potential infrastructure fund investors in the Appendix (Icon Infrastructure, n.d.).

## 3.2 Financial institutions and pension funds

The role of financial institutions such as banks in infrastructure development is usually in the form of debt financing. Generally, there are two types of debt financing in greenfield projects such as this. Predominantly these projects are financed with direct project loans, but project bonds have been growing in popularity (OECD, 2015). Debt financing typically makes up a large part of the financing required for these types of projects (e.g., 85%) with the remainder coming from other investors in the form of equity.

Pension funds have been entering the world of infrastructure development as they seek to diversify their portfolios. Some pension funds such as the US pension fund CalPERS have a certain infrastructure allocation in their investment strategy and invest in infrastructure either through infrastructure funds or directly e.g., co-investing with specialist funds (OECD, 2009). The leading countries in pension fund investment in infrastructure are Australia and Canada.

In Australia, most of the investment is indirect where the government buys a stake in infrastructure funds which invest directly in infrastructure projects. The direct investment way is more prevalent in Canada with for example, the Canadian pension fund OOTP investing directly in infrastructure. OOTP has invested in multiple airports in Europe and owns a stake in Copenhagen Airport (Viðskiptaráð Íslands, 2021). In Iceland, pension funds have typically been involved in infrastructure projects directly or through investment vehicles, e.g., with fourteen Icelandic pension funds owning a Jarðvarmi slhf. that invested recently in HS Orka (Arctica Finance, 2019). In October of 2021, Ardian Infrastructure reached  an agreement with Síminn to acquire 100% of Míla, which is the largest telecommunications infrastructure service provider in Iceland (Ardian, 2021). The Icelandic pension funds will have the opportunity to invest in Míla through an infrastructure fund that they own which is operated by Summa Asset Management (Ægisson, 2021).

## 3.3 Investor interest and concern for project financing

To get a better understanding of the potential involvement and main concerns of the previously mentioned private parties, we reached out to a select few of them and interviewed. A description of the methodology for identifying the parties and the parties themselves is available in the Appendix. The investors that were interviewed for insights and concerns are the following:

- STAR Capital
- Icon Infrastructure
- Daimyo
- Íslandsbanki
- Arion Banki
- Bio Energy Alternative Fuels
- Pension Fund of Commerce
- Greene.es
- Vauban Infrastructure Partners
- Landsbankinn
- Birta Pension Fund

International EY experts were also contacted to give insights into the thought process of investors and the public parties and highlight important aspects that are required for a successful completion of a project such as this. During the work, including the interviews, multiple concerns and requirements were raised. For simplicity the requirements were categorized into two categories, requirements that focus mainly on the operational side of the project and requirements that focus mainly on the financial side of the project. Please note that these are preliminary requirements.

At a high-level however, permits, gate fees and the security of the volume of waste were of most interest to investors at this stage. A letter of intent from the government, the involvement of the municipalities and the location of the plant were also topics that were frequently mentioned by investors in our conversations.

> It was clear from all interviews that investors required more detailed information to be able to provide meaningful insights into their approach and requirements for a project such as this

The timing of when investors wanted to get involved in the project varied from immediately to not until operations have commenced. The same can be said about the level of involvement and influence on the development of the project, with some investors wanting to fund and guide the project while others were content with funding it and being a part of the process. The size of the project versus the complexity of the project was a sticking point to some investors. They voiced their opinion that the project might be too cumbersome in relation to the expected payoff if the municipalities and the government did not streamline the process enough. In general, it was clear that investors were interested and flexible on multiple aspects of the structure of the project.

### 3.3.1 Operational requirements

Although all the operational requirements are directly related to the financial requirements in the broad context, certain requirements on the operational aspects are needed for investors to be interested in the project.

An operational requirement that investors assess early on is if the insights into what the required permits and licenses for the project are and whether they have been obtained e.g., permits to operate a waste-to-energy plant and environmental permits. From our conversations with investors this is imperative knowledge for the investment decision along with a clarification of all legal and commercial requirements surrounding the deal. Investors mentioned that they would want to know what operational permits, environmental permits and other permits are required for the project and if they have already been secured. Investors also commented on the location of the plant, if it had been chosen and voiced the importance of the plant being close to a connection to a power grid.

The waste contracts are also important to investors and the willingness of public parties to commit to long-term waste contracts i.e., a certain amount of waste is supplied to the plant for waste-to-energy production. This aspect of the project was a key factor in determining the viability of the investment according to the investors that we spoke to. On the topic of securing a set amount of waste to be provided for incineration, some investors, as well as an EY expert, mentioned that a thorough analysis should be in place of the Icelandic waste management system and the broader effects of the general economy before development of a waste-to-energy plant is commenced as the maturity and future development of this will greatly affect the project.

The sale of the energy, heat, bottom ash, fly ash and process steam from the operations is also of interest to investors and the willingness of public parties to commit to long-term contracts in these matters was mentioned as a way to increase the feasibility of the project to investors.

### 3.3.2 Financial requirements

Every investor has certain financial requirements that need to be met for an investment to be made. The government can increase the chances of an investment by offering certain incentives for investors e.g., by providing them with certain grants or tax breaks. The gate fees for the project were of much interest to the investors and will be a crucial factor for them to determine the viability of an investment in the project.

> As the sale of energy, heat, ash and steam will likely not provide enough cash flows to meet the required rate of return for investors, they would need to be compensated in the form of a set gate fee

The gate fees and the waste contracts are critical for the investors like it is for the public parties and these aspects will need to be researched in order to mitigate environmental and financial risks associated.

Some investors have certain limits on the size and length of a project and some have a certain IRR thresholds that need to be obtainable. Like many possible requirements that investors have on projects such as this, the particulars could not be discussed as further information on the project was needed. Investors are flexible in this aspect like most others but could not give a direct answer nor a range as they would want to look at qualitative data on the project beforehand.

The deal structure is of interest to investors with some investors having a particular debt to equity ratio in mind. The investors that were interviewed and had opinions on the deal structure also had a preferred lender and an established idea on the rates that would be on offer. None of the investors that were interviewed had restrictions on possible partners for the investment.

Like other investors, the financial institutions that were contacted showed interest in investing in the project and were flexible on most fronts. The preference of a government guaranteed loan was raised but they also declared that they would still be interested even if the government only guaranteed half of it.

The financial institutions showed much interest in getting involved in the project during the development phase of the project and get involved as early as possible. Another possible avenue of financial institution financing going forward would be to look at the Nordic Investment Bank and the European Investment Bank as both institutions offer financing for infrastructure projects such as this.

Currency risk as well as inflation risk was raised by investors and they suggested linking the deals to a major currency such as the US dollar or the Euro would be preferrable in a deal such as this. A foreign investor would also want to hedge against inflation as well as the currency which could be in favor of working with a domestic investor.

## 3.4 Foreign vs. domestic investors

Due to the public nature of the project, it is important to consider the involvement of domestic investors versus foreign investors. The key benefit of having domestic investors is that the proceeds of the project are kept within the Icelandic community.

The main drawbacks of having domestic investors are a lack of specialized knowledge in waste-to-energy projects and high-risk exposure of the Icelandic economy.

The benefits of having foreign investors are several including specialized knowledge in waste-to-energy projects, foreign direct investment into the Iceland economy and minimal project risk assumption of the Icelandic economy.

One of the main downsides of having foreign direct investors is that the proceeds of the project are most likely moved out of the country as well as the commercial effects of the currency and inflation hedge that a foreign investor is likely to demand. It will be important to take the advantages and drawbacks of foreign and domestic investors into account in the next part of the project.

## Key requirements from investors

### Waste contracts

Volume of waste to be incinerated into the plant would need to be as secure as possible and preferably long term

### Gate fees

The gate fees need to be identified and specified as they form a crucial part of the viability of the possible investment

### Permits

All operational and environmental permits need to be identified and obtained

### Legal

The legal framework of the project and all legal requirements need to be identified and managed early on

### Sale of products

The sale of energy and other products from operations need to be clear and preferably long term

## Key requirements from financial institutions

### Guarantees

A government guaranteed loan is preferred for the development phase. Full guarantee is preferred. A half guarantee is still of interest.



# 4 The ways forward

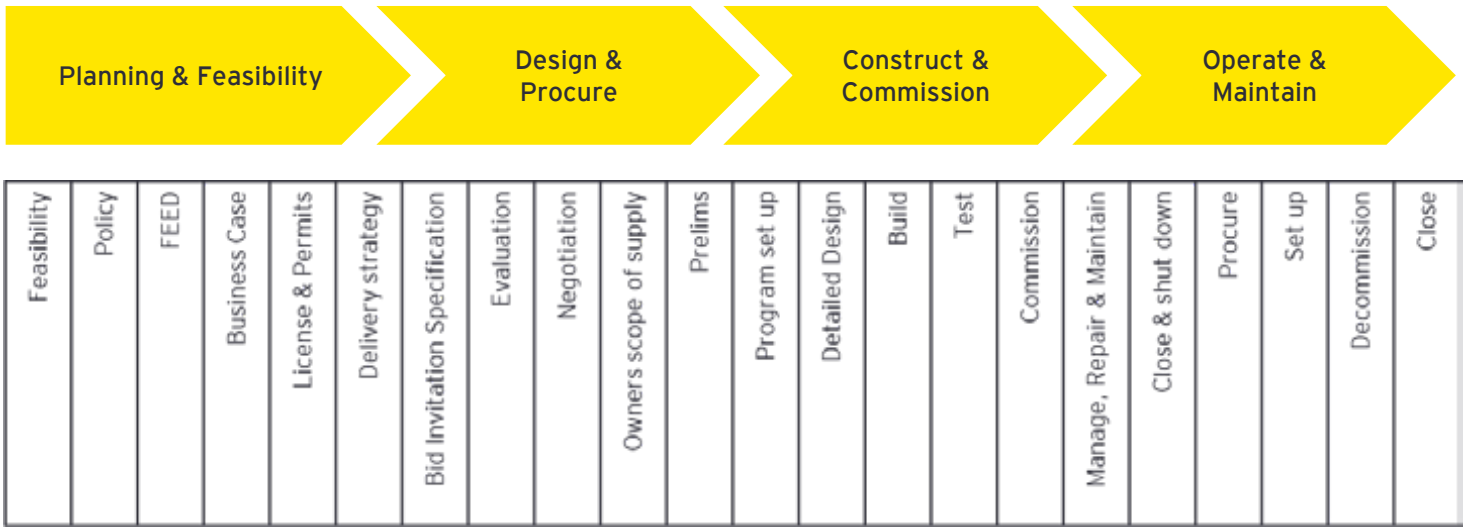
## The ways forward

As highlighted in previous chapters, public parties require more detailed information to make informed decisions on how their involvement in the project should be including requirements and guarantees. The same applies to private parties. To advance the project the public parties must define their vision and goals for the project as that will lay the foundation for the rest of the process.

We propose a set up of a SPV including the current owners of this report as well as possible additions from other public parties to engage in an initial structuring phase and initiating a dedicated working group to set the foundation for success. In our experience, to set up a successful major infrastructure project, an initial structuring phase is required that examines delivery and commercial options to build stakeholder support and specify the route to delivery. This would include design project scope, specification, business case and project risk management, delivery / procurement options. This provides the current owners the maximum optionality.

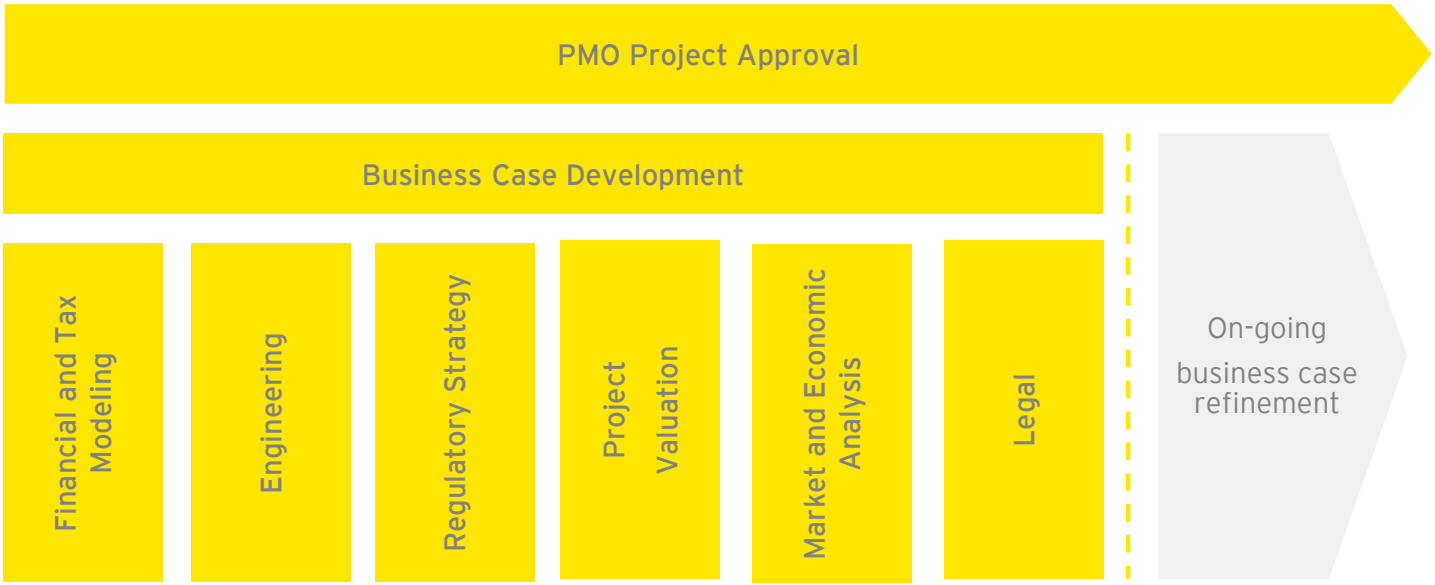
At the end of this phase, the sponsor will have clear outputs that allow the sponsor and any relevant stakeholders to take a decision of the commercial and procurement structure that they want to follow based on financial, market and operational data and their risk appetite and objectives. Based on the discussions with the above mentioned stakeholders and investor as well as our experience, having an upfront strategic phase to better consider the economic environment, delivery options and the procurement structure (e.g. concession, JV, traditional supplier procurement) means that one can later develop an appropriate program plan with this in mind. By structuring the approach in stages, we think the sponsor will get the benefit of holding the project working group and their advisers to account for outputs against key timelines and testing working with the working group before committing to a longer term partnership.

The project can be set up once the public parties have defined their vision and goals for the project. An example of a project set up can be found here below:



The initial structuring phase will work through most of the Planning & Feasibility stage of the above setup as well as through most of the items in the below Business Case example setup. Key deliverables in of the initial structuring phase will include Strategic options and market analysis reports including an economic impact assessment analysis, possible affects of current maturity of the waste management value chain, Procurement Design Principles report (incl. delivery structure and procurement strategy options) and a presentation describing options for legal and tax structuring of the report.

Each phase in the project set up on the last page has a certain list of work criteria that must be done in order to finish each phase. The initial structuring phase will go into all of the below steps as much as makes commercial sense at the time which will then be further refined through the process.




After the initial structuring stage the sponsor can execute the steps in the diagram in the opposite page in multiple ways depending on their desired involvement, ownership and influence on the project. One such way would be to bring in an unbiased development partner/working team where the public parties would get expert input into the procurement part of the project i.e., when contractors are hired for financing, design, construction and operations.

The main advantages of this option include

- Maximum control over the project
- Strong negotiation position as the public parties have a clear understanding of the impact of all the project's main inputs including the gate fee

The main disadvantages of this option include

- Maximum assumption of risk
- Maximum time investment
- Responsible for securing funding. This part can be mitigated to a large extent as a financial institution has highlighted their interest in providing funding for this part of the project given that the government guarantees the loan. The benefit for the financial institution is that they are in a driving seat with regards to learning from the project and being a part of it at later stages

Another example would be to involve a private partner into development phase with development experience. The aim of having an investor is to get someone to finance the whole or some development of the project. This option has several sub-options that stem from the investor taking over everything very early to the investor working with the public parties to procure suitable financing, design, construction and operating partners.

The main advantages of this option include

- Minimum time investment
- Minimum assumption of risk

The main disadvantages of this option include

- Minimum control over the project
- Weak negotiation position as the public parties have not been heavily involved in the process



# 5 Appendix

## Appendix

The Appendix is split up into 5 different sections. The first part details different delivery models that have and can be used for a project such as this. The second part explains at a high level what project finance is. The third part details the Special Purchase Vehicle (SPV) on different stages in its life cycle. The fourth part shows the methodology behind the long and short list creation of the relevant investors that were contacted. The final part lists the references used in the report.

## 5.1 Delivery models

Multiple delivery models have been used successfully for the business planning, design, construction and operation of waste-to-energy plants. The most suitable delivery model for this project will depend on the risk appetite of the government and their ability to finance the project. Following is an overview of several feasible delivery models, the traditional delivery model, the alliance model and the public private partnership model. Below is also a graph that highlights the risk exposure of the different models. Each model will be clarified further in the section below and thoughts added on the main advantages and disadvantages of each model.

Some of the public parties that were contacted have raised their preference for a PPP model but the main consensus of the public parties at this stage are flexible towards how exactly the project is executed as long as it is realized. Without a concrete vision from the public entities on the execution of the project at this stage, it is not timely to recommend any one delivery model at this moment in time.

### 5.1.1 Traditional Delivery Model

Two of the most common project delivery methods for construction are the Design-Bid-Build method and the Design-Build method. The former separates the design phase, the bidding phase and the construction phase. The state separately engages a design team to develop the design documentation used to tender the construction contract. The successful contractor must deliver the work for the fixed tender price, assuming there are no state variations. The latter method is the same as the former, but the state only engages with one entity for both designing and constructing instead of the state engaging with separate teams. The traditional delivery model is regarded as the best project delivery method for projects that are uncomplicated and routine, timeframes for design and construction are known and sufficient, the client is willing to take on all the design risk, a large number of potential bidders are expected and there is a need for certainty over the cost of the project when the contract is awarded. (New Zealand Government Procurement, 2019)

There are multiple advantages and disadvantages with the traditional delivery method. Some notable advantages include the simplicity of the process with design and construction taking part sequentially, the possibility for the government to participate in the design process, the usually reliable cost commitment, the clarity of reliability and responsibility during the process and the lower price obtained through competitive bidding. (Capital Impact Partners, n.d.)

Some of the disadvantages with this method are the long timeline of the process, that any delays in each of the phases sets back the whole project due to its linearity, the construction costs not being known until the design phase is complete, any modifications in the design can lead to change orders from contractors as they compete on the lowest bid3, that only one design is developed which provides less likelihood of achieving an innovative design which maximizes operational benefits and that the builder has no input during the design and development process.

### 5.1.2 Alliance Contract

Another form of a project delivery method is the alliance contracting where two parties cooperate on delivering a project. The state shares all the risks with the contractor in a relationship culture which encourages a "no blame" approach for issues and instead seeks to foster a 'solutions'-based culture.1 This method is usually better suited to more complex projects than the traditional delivery method and can be appropriate when there is likely to be a long-term relationship between the two parties. (CMS, n.d.)

Notable characteristics of the alliance contracting method are three with the first being that the project is done by one team from start of the project and until completion. The second characteristic of the method is that both parties choose representatives to create teams that govern the project, giving both parties an input in each phase of the project. The third characteristic is that there is only one outcome of the project as both parties take decisions on a "best for project" basis and either succeed or fail together. (Chua & Green, 2018)

One of the main advantages with the alliance method is the flexibility of the process where both parties can get a quick start on the project as the design and construction phase are not constraint to linearity and ongoing modifications to each phase are possible with minimum delay. Another advantage is the increased efficiency in the project that stems from the shared responsibility of the parties and their incentive to settle conflicts and solve problems together with a shared interest in mind.

Disadvantages of this method come in the form of the requirement that both parties are genuinely committed to openness and collaboration, that the price risk as well as the overall design and fit for purpose lies with the state and that some alliance contracts do not fully clarify the risk allocation between the parties.

### 5.1.3 PPP

The most common form of private participation in infrastructure investment is the Public Private Partnership, most commonly known as PPP (Gamma, 2016). Out of the three models mentioned so far, PPP is the only one that involves private financing with the other two being financed by the government. In the PPP delivery model, the state typically engages a consortium of parties to design, build, finance and assume responsibility for facilities maintenance and asset replacement for the project over a defined period which usually lasts for 20 to 30 years. The private entity in this model takes on most of the risk in financing, designing, constructing, maintaining and operating the project during its lifetime.

The PPP model has been successfully used in the past in the Nordic countries with examples being the Hamina-Vaalina section of the E18 highway in Finland, the Grimstad-Kristianstad road in Norway and the Karolinska Solna hospital in Sweden.7 The PPP model has also been used in the waste-to-energy sector as in 2017, a waste-to-energy plant started operations in Poznan, Poland (Marguerite, 2017). The plant was built by the utilities company SUEZ with funding from the EU and has an estimated annual revenue of around €34 million (Suez in North America, n.d.). There are multiple types of PPP delivery models with the most common being: BT (Build-Transfer), BOT (Build-Operate-Transfer), BOOT (Build-Own-Operate-Transfer) and BOO (Build-Own-Operate) (Gamma, 2016).

| Public-Private-Partnership | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contract type** | **DBFO** | **BT** | **BOT** | **BOOT** | **BOO** |
| **Construction** | Private | Private | Private | Private | Private |
| **Operation** | Private | Public | Private | Private | Private |
| **Ownership** | Public | Public | Private during construction – Public after construction | Private during construction – Public after construction | Private |

BT (Build-Transfer)
This type of PPP involves the private entity managing the construction and transferring it to the public entity once construction is complete at a predetermined fee. The private entity bears the construction risk while the public entity bears the operational and shareholder risk. The construction is privately financed and the ownership of the asset at completion is public (Gamma, 2016).

BOT (Build-Operate-Transfer)
Similar to the BT model, the BOT model involves the private entity managing the construction and transferring ownership of the asset at completion, but the private entity also manages the asset after construction for a fee through a concession period. The public entity takes over the management duties after the concession period has ended. The risk allocation is same as before except the operational risk is shifted over to the private entity. The construction and the operations in this model are privately financed during the concession period (Gamma, 2016). This model has recently been used in waste-to-energy projects in China in Wuzhou and Qingdao with construction starting in 2018 and 2019 and both projects having a 30-year concession period. (Zhan, 2021)

BOOT (Build-Own-Operate-Transfer)
The change from the BOT model stems from the ownership of the asset being with the private entity during the concession period and the private entity collects the operational profits. Ownership of the asset is transferred to the public entity at the end of the concession period. The construction, operational and ownership risks all lie with the private entity while the shareholder risk only comes into the picture for the public entity after the concession period. As with the BOT model, the construction and the operations are privately financed during the concession period in this model. In a 2016 report done by Gamma Capital Management, this model was recommended for all of the infrastructure projects that could be on the horizon for the government, e.g., The Reykjavik City Line, The New State Hospital and The Sundabraut Link. (Gamma, 2016).

BOO (Build-Own-Operate)
The BOO model shares the same characteristics with the BOOT model except the ownership of the asset is never transferred to the public entity. The private entity bears all the risk in this model as well as the entire project being entirely privately financed (Gamma, 2016).

DBFO (Design-Build-Finance-Operate)
The DBFO model is the same as the BOT and BOOT models in most phases except that ownership of the asset is always with the public entity and the private entity receives service payments from the public entity during the life of the project. The steady cash flows make this an attractive option for the private sector while the public sector is able to reduce its long-term risk. (Service Works Global, n.d.)

Advantages of PPP
Some of the main advantages of using a PPP model can be categorized into financial advantages and efficiency advantages. Financial advantages come in the form of an alternative method for financing infrastructure as privately financed infrastructure development enables governments to allocate their budget elsewhere. This may also accelerate infrastructure development as the project is not dependent on fiscal regulations or budgetary restrictions. Efficiency advantages can be divided into six different factors, cost management, life cycle management, risk management, innovation, reliability and effectiveness and utilization.

- Cost management refers to the advantage of a higher flexibility in negotiation with subcontractors and lack of pressure from a social and political standpoint on staff numbers and employment framework
- Life cycle cost management advantages come in the form of the private entity being compensated by payments over the lifetime of the project that are subject to deductions for poor performance and/or poor quality of the asset and service. The private entity is therefore incentivized to look for long-term cost savings in the overall life cycle cost so that it avoids the risk of cost overruns

- Risk management is usually considered to be more efficient in the private sector. The management of the time risk is transferred to the private entity through the payment mechanism and therefore it is incentivized to have the infrastructure available for service in time as scheduled
- The innovation advantages can be observed in the way the private entity seeks to apply innovative methods and techniques in order to maximize output and cost-effectiveness in order to meet the performance orientated PPP contracts
- Reliability and effectiveness advantages are seen in how the private entity provides additional certainty in the timing of the project (time reliability) and how it maintains a reliable and quality service level
- The utilization advantage comes through the private entity incentivizing the public use of infrastructure in projects that rely significantly on user payments. Through this proactive operation of the asset by the private entity it can increase its economic utilization

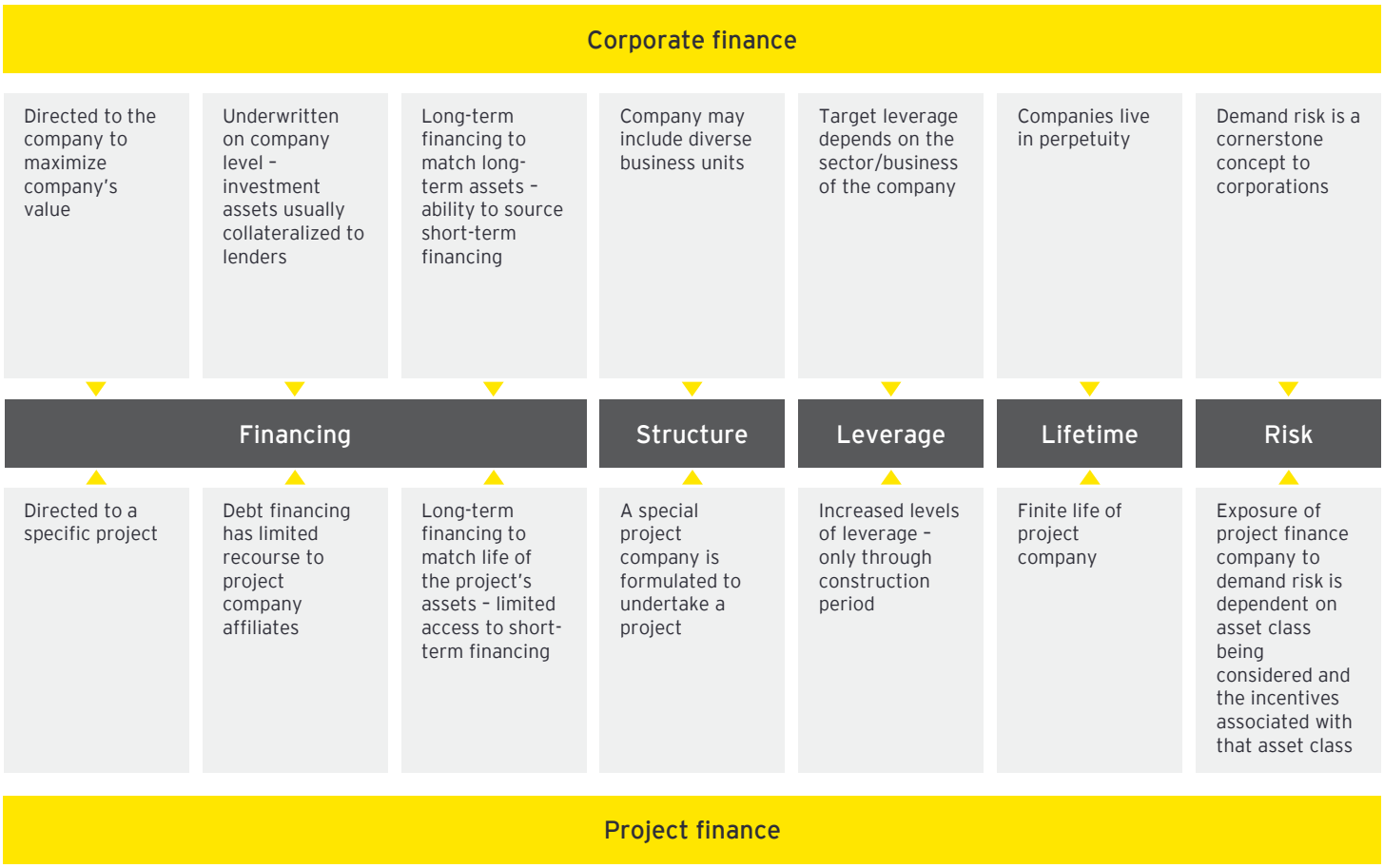
The list above is not exhaustive and other advantages and benefits can be observed with the use of PPP models e.g., "demonstration effects" where the public sector innovates their current operations through learnings from the private sector in PPPs. (APMG International, n.d.)

Disadvantages of PPP

Despite its rising popularity and multitude of advantages, there are some disadvantages to the PPP model. One example is that PPPs are more complex and require better preparation than traditional procurement methods which can lead to governments wasting time and resources into PPP projects that are more suitable to a traditional procurement method. Another example is the potential increased government costs to the private entity in the form of a risk premium if the procurement contract or process is poorly structured or managed or if the project is unsuitable for a PPP solution. The contract itself can be a pitfall of a PPP project if it is not structured to prevent both a lack of competition after the awarding of the contract and a rigidity in budget management by allowing changes in the contract. (APMG International, n.d.)

## 5.2 Project finance

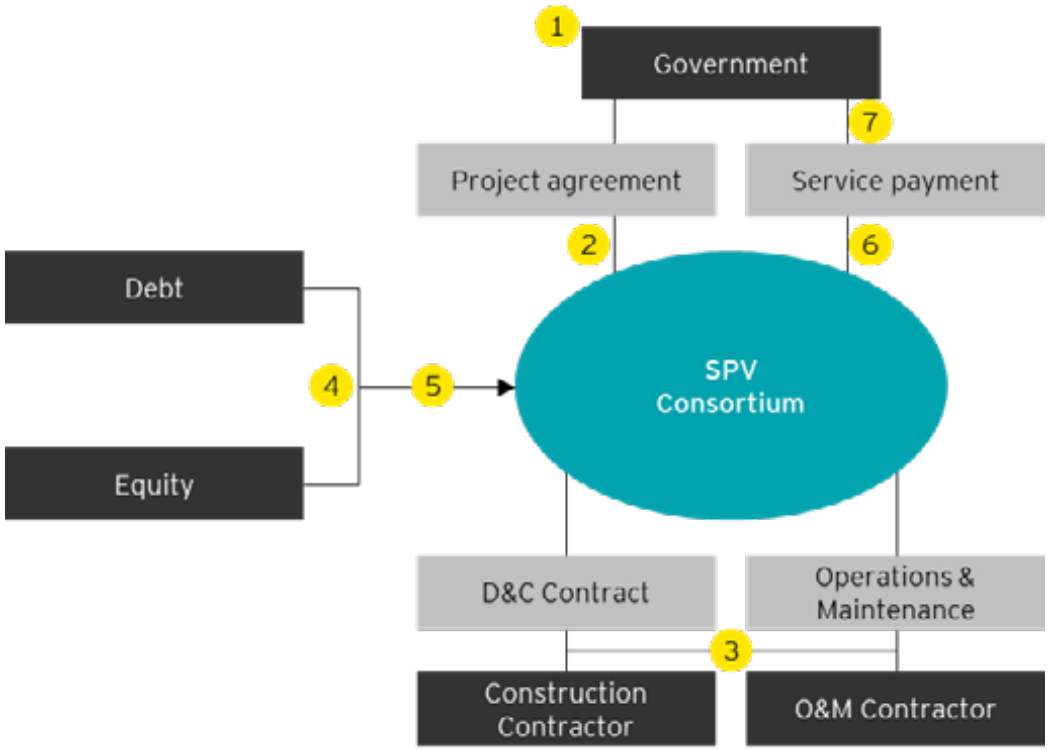
Project finance is commonly used in order to finance long-term infrastructure projects. The loan structure in this process is reliant on the cash flows of the project for the repayment of the loan with the borrower being a special purpose vehicle. The project's assets, rights and interests are also held as a secondary collateral in what is called a non-recourse loan (Hayes, 2021). As a special purpose vehicle is set up for the project, the lenders have no claim on the assets of the company that is sponsoring the project. This is a key feature of project financing and significantly reduces the exposure of the corporate entity to the effects of a default. Another feature of project finance that sets it apart is that it has no terminal value as the cash flows of the project during the concession time should repay the loan principal, interest and compensate the equity investors. At the concession end the government takes over the project, the cash flows to the private entity seize and there is no sale at the end of the project which would generate an influx of cash (Pearce, n.d.).



Although project finance is used in waste-to-energy projects there are some risks that are specifically related to the waste-to-energy sector. Waste-to-energy tend to have high failure rates which can influence the opinion of investors and since waste-to-energy projects usually have little or no marketable assets or real estate, a failed project is likely to be a complete write-off (KleanCapital, n.d.). The choice of the EPC is vital as the EPC needs to have the financial capacity to offer performance guarantees and the operator must be able to demonstrate ongoing operating capability. Choosing EPC and O&M contractors for a project such as this that has experience in waste-to-energy projects of this size is therefore highly beneficial.

## 5.3 SPV

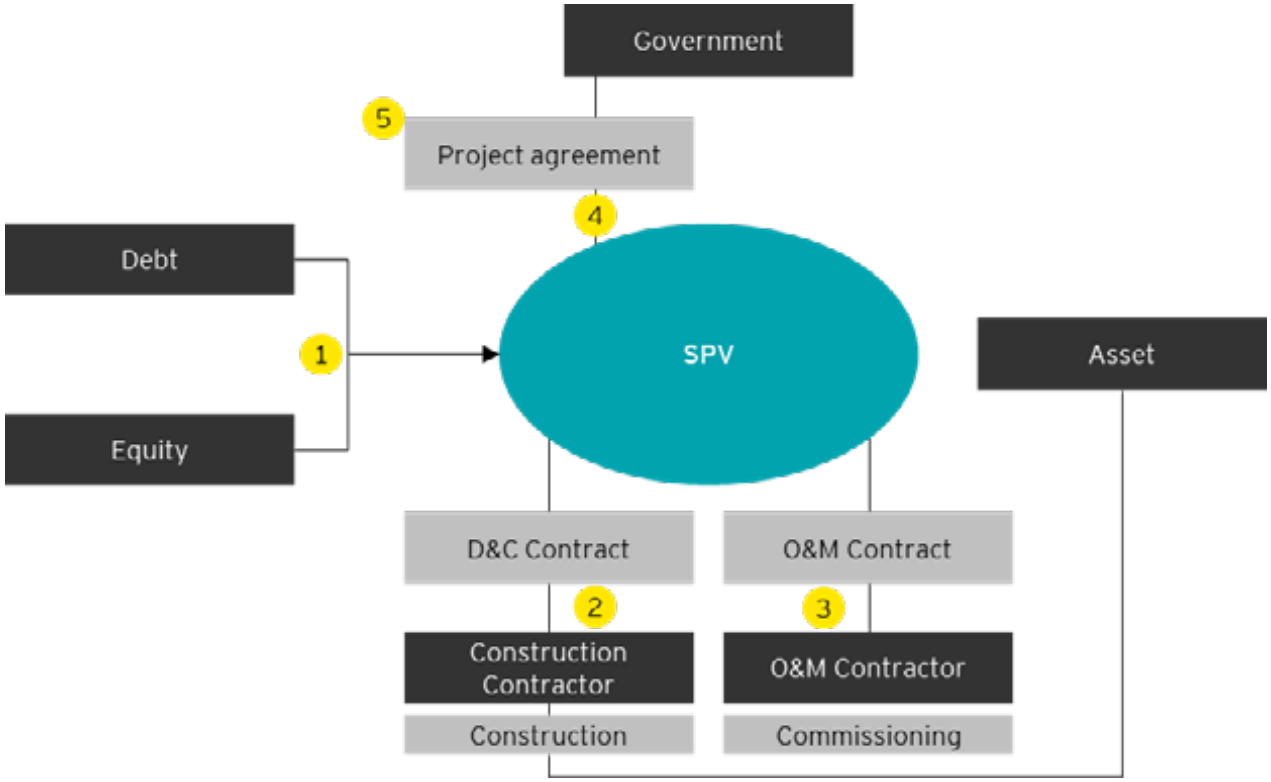
This chapter shows 4 stages of a special purpose vehicle in a project such as this given that it would develop into a PPP delivery model: The procurement stage, construction stage, operations stage and term end. An additional fifth scenario is proposed which is intended to show how a waste-to-energy project structure could look like.



Procurement

At the procurement stage the government sets the outcome that it wants to achieve while the private sector pulls the contractors together to achieve this. Financiers play an important assurance role in undertaking due diligence on the SPV/consortium as they are at risk if the project does not work. The cost to the government is determined through the net present value of the service payments bid.

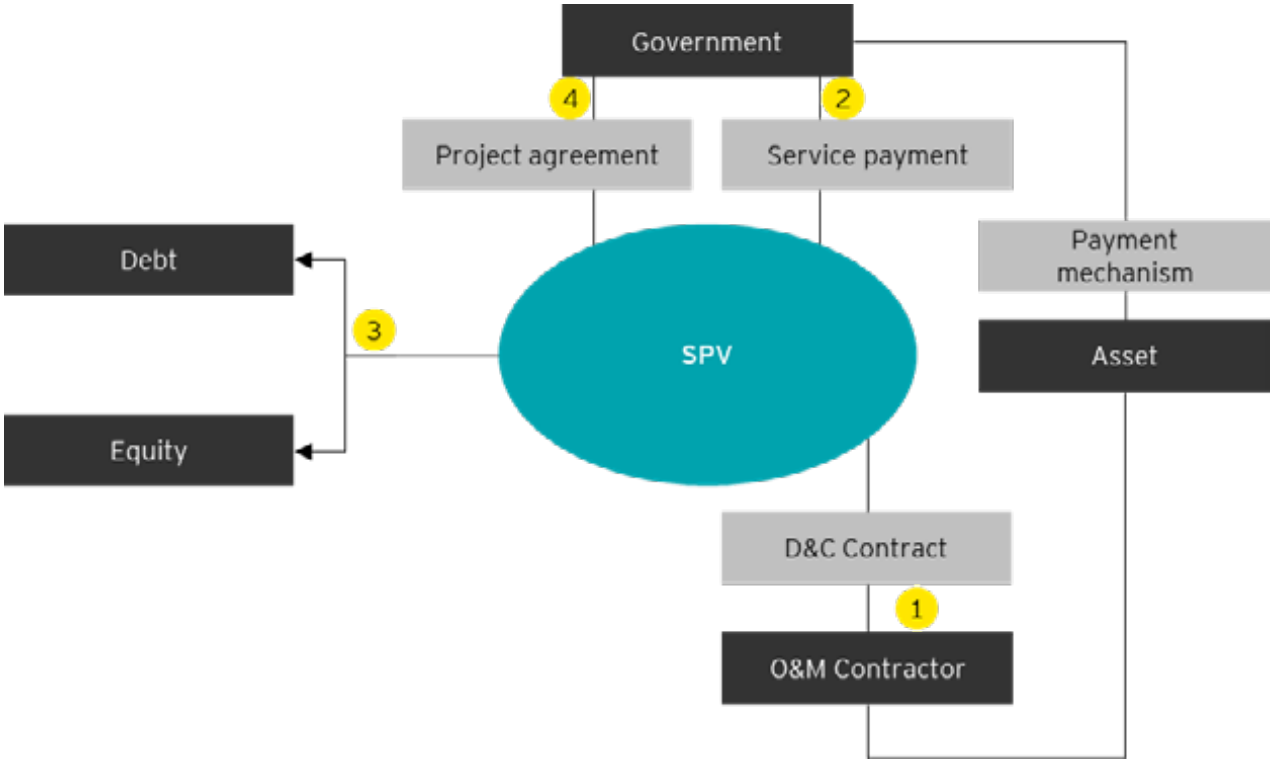
1. Government is the 'purchaser' of infrastructure. It tenders for a PPP setting out the outcomes it seeks to achieve, its preferred allocation of risk and how payments will be made/abated for performance
2. Consortium forms – typically comprising a D&C contractor, an operations and maintenance (O&M) contractor as well as financiers (debt and equity), a financial advisor typically pulls together all these parties
3. Sub-agreements are entered with the contract price agreed to
4. Debt and equity undertake due diligence and based on this provide a cost of finance (for example, debt margin and required IRR)
5. The financial advisor plays a role in reflecting the contractual provisions as well as the debt and equity structure into a financial model and in iteratively working with all consortium members to optimize the design to achieve a value for money solution
6. The consortium bid back a service payment, (which is provided as part of an underlying financial model), a suite of documents detailing their solution, as well as a project agreement document and sub-agreements
7. The financial advisor interrogates the models to understand what the bids comprises, understand the assumptions and where financial models are normalized to undertake a like comparison




Construction

The government does not pay until the project is complete/in operations.

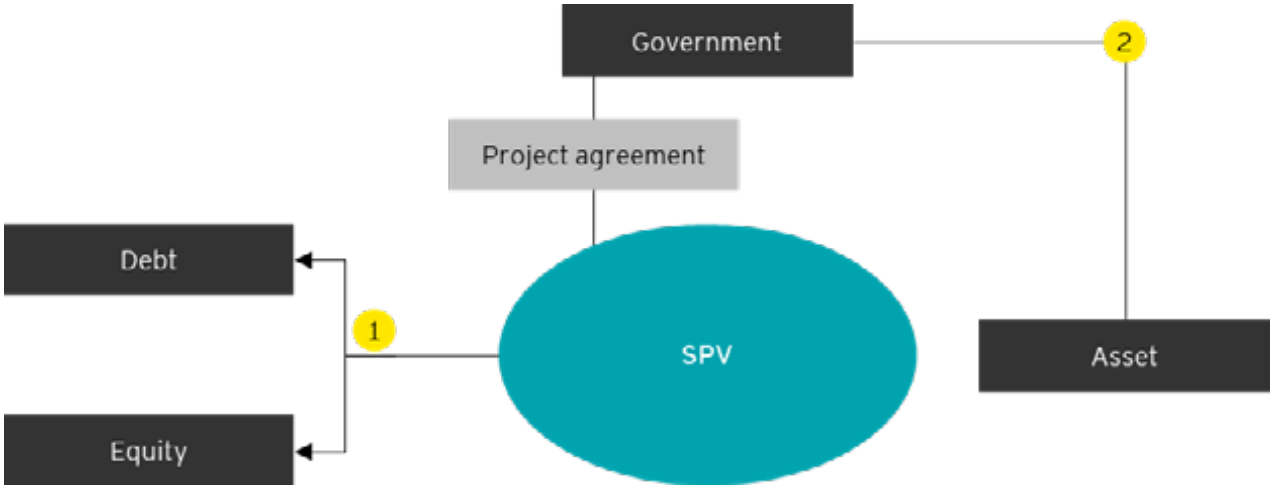
1. The SPV will draw down on finance from debt and equity providers (typically the cheapest finance). For example, debt will be drawn first and equity last to lower the overall cost of finance
2. The SPV, combined with financiers oversee construction. Lenders will typically release funds as the construction is completed
3. The O&M contractor along with the D&C will commission the asset
4. Government does not make service payments until the asset is commissioned
5. The project agreement sets out how the government and the SPV interact including the default and termination events




Operations

The debt and equity owners are paid based on the operational performance, so they have a strong incentive to consider a solution which will deliver the required performance. There is also an incentive to optimize whole of life costs as they will be paid over the life of the contract (15-50 years). There is strong incentive to improve performance as poor performance will reduce equites return.

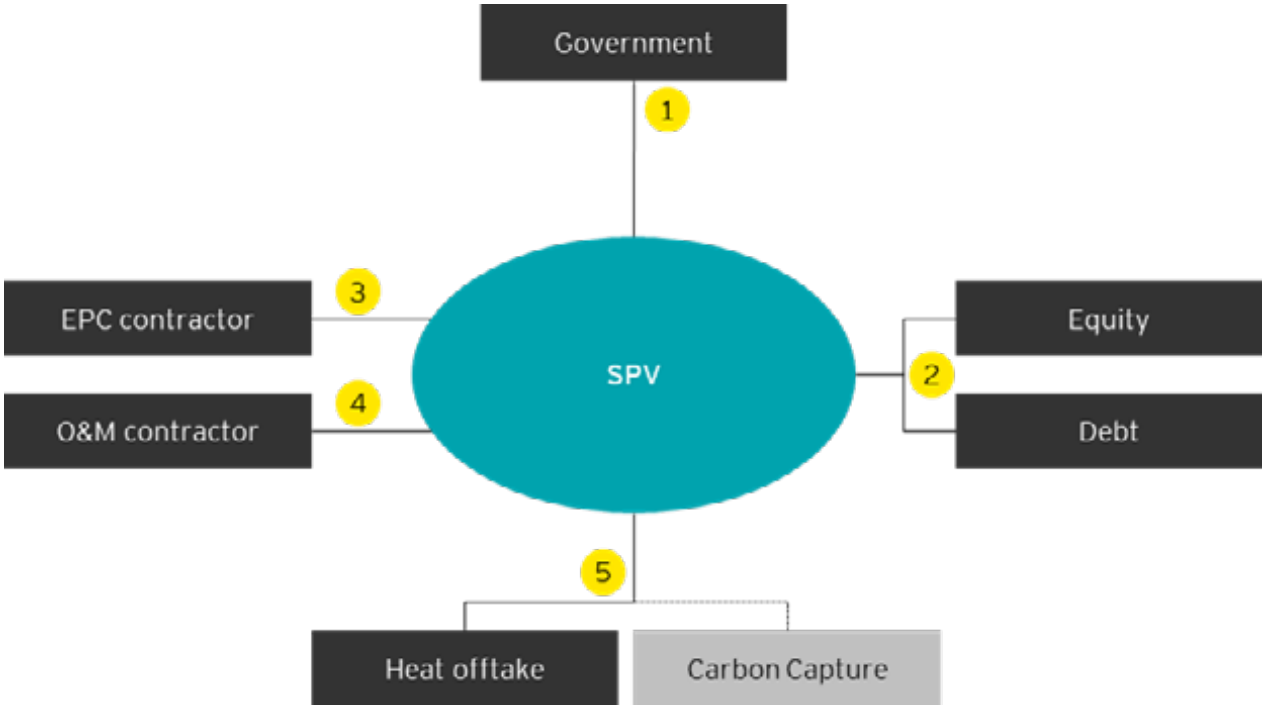
1. The O&M contractor operates the asset to the agreed specifications
2. The government pays the SPV a service payment which is based on how well the asset is meeting the agreed specifications. The service payment is adjusted through the payment mechanism
3. The SPV uses service payments to pay the O&M contractor, repay debt owners and pay equity owners their return. Equity gets paid last and is subjected to the greatest variability in its return. However, in compensation equities owners receive a higher return than debt owners
4. The project agreement will continue to define the relationship between government and the SPV including events of default and termination




Term end

The government will typically require a hand back bond or compliance with an asset management plan. This is to ensure that the asset is handed back in the agreed condition. At the term end, the government may retender to an operator or it may revert to government control/operations.

1. At the end of the term, debt and equity owners will have been repaid (debt will typically need to be fully repaid in advance of the term end. This is called a debt tail)
2. The asset will return to the government (typically there will be hand back conditions or a hand back bond to ensure it is handed back in a satisfactory condition)




Possible waste-to-energy structure

There is not one definitive structure on how a waste-to-energy project structure should look like but there are some similarities that have been summarized in the model above (Obermeier, 2020).

1. The government in the model above would have multiple responsibilities. It would be responsible for the PPP contract, waste supply to the SPV and the service payments in the scenarios above which would be in the form of gate fees. It would also have to provide necessary permits and lease out the land for the plant if applicable
2. Like in the scenarios previously mentioned the debt and equity holders are paid back from the service payments provided through Gate fees and the sale of the energy provided by the plant. Note that the government can be equity holder
3. The EPC contractor is responsible for the engineering, procurement and the construction of the plant
4. The O&M contractor commissions and then operates the asset to the agreed specifications
5. A power purchase agreement for the heat offtake is agreed upon and provides payment for the sale of energy from the plant. A possible carbon capture element could be set in place in order for the plant to be more environmentally friendly

## 5.4 Long and short list of investors

A long list and a short list with potential investors for the project was created. The long list was constructed by conducting a search of companies that operate within the industries of "Solid waste collection, treatment and disposal services, Refuse systems, Remediation services, Recycling Facilities, Hazardous waste collection, treatment and disposal services" or had expressed interest in these industries. Of these investors, only investors or companies located in Europe, The United States, and Canada were included. This resulted in a total of 9400 entities of both financial and strategic investors. Due to the high number of entities the list was not included as a part of this report. The long list is available upon request.

The short list was created by narrowing down the results of the search for the long list. The industry criteria were kept the same but the location criteria were narrowed down to developed countries of Europe, as well as the United States and Canada. A condition was added that entities on the list were required to have participated in a waste-to-energy, W-t-E, or incineration project in the past. Additionally, a criterion was added which stated that the entities had to be currently operating. With these adjustments the list included only 89 strategic investors and 38 financial investor results. After more thorough research six prominent companies were selected as potential interviewees for the project, three of which can be considered strategic investors and three of which can be considered as financial investors. It must be stated that this was only a desktop research and can be built upon and/or expanded when moving forward.

| Company name | Buyer type | Location | Related Investments |
|---|---|---|---|
| NIBC Infrastructure Partners | Financial | European developed markets | A Portfolio of Three Operational Wind Farms (Current Investment); ACORN OakNorth Holdings Ltd. (Current Investment); Aldesa Construcciones S.A., 46MW Solar Portfolio Consisting Nine Solar Sites in Andalucia, Spain (Current Investment); Electrawinds Biostoom NV (Current Investment); FIWA II + III Umspannwerk GmbH (Current Investment); FIWA II and FIWA III and FIWA II + III Umspannwerk GmbH (Current Investment); FIWA II Projektgesellschaft mbH & Co. KG (Current Investment); FIWA III Projektgesellschaft mbH & Co. KG (Current Investment); Global PVQ SE (Current Investment); Greenview Environmental Limited (Current Investment); i-Optics B.V. (Current Investment); Indaver Deutschland GmbH (Prior Investment); KG Allgemeine Leasing GmbH & Co. and E.ON Energy Projects GmbH, Merinda Wind Farm Portfolio (Current Investment); OakNorth Bank plc (Current Investment); Portfolio of Social Infrastructure and Renewable Assets of NIBC European Infrastructure Fund (Prior Investment); Portfolio of Three Operational Wind Farms (Current Investment); Vopak Terminal Eemshaven B.V. (Prior Investment); Welcome Break Group Limited (Current Investment); Welcome Break Holdings Ltd. (Prior Investment) |
| New Energy Capital Partners LLC | Financial buyer | United States and Canada | 66-mile, 345 kV Single-Circuit Transmission Line (Current Investment); AltAir Fuels LLC (Prior Investment); BioFuel Energy, LLC (Prior Investment); Biofuels Point Loma LLC (Current Investment); BlueWave Solar, LLC (Prior Investment); Celina Solar Project I, LLC (Current Investment); Clean Energy Collective, LLC (Prior Investment); Cypress Creek Renewables, LLC (Prior Investment); EcoPlexus, Inc. (Current Investment); Energy and Power Solutions, Inc. (Prior Investment); FLS Energy Inc. (Prior Investment); Gardner Capital, Inc. (Current Investment); Greenville Steam Company (Prior Investment); Hecate Energy LLC (Current Investment); Iroquois Bio-Energy Company, LLC (Prior Investment); Mid Atlantic Biodiesel Company, LLC (Prior Investment); Natural Systems Utilities, LLC (Current Investment); New Columbia Solar, Inc. (Current Investment); Pine Gate Renewables, LLC (Prior Investment); Renewable Properties, LLC (Prior Investment); Southern Current LLC (Current Investment); SunEast Development LLC (Current Investment); SunEdison, Inc. (Prior Investment); The Andersons Albion Ethanol LLC (Prior Investment); The Andersons Clymers Ethanol LLC (Prior Investment); Trident Power (Prior Investment); Turning Point Energy, LLC (Current Investment); United States Solar Corporation (Current Investment); Ygrene Energy Fund, Inc. (Current Investment) |
| STAR Capital Partnership LLP | Financial Buyer | European developed markets | Abellio GmbH, Geschäftsführung (Prior Investment); Alloheim Senioren-Residenzen GmbH (Prior Investment); ASL Aviation Holdings Designated Activity Company (Current Investment); Befesa Steel Services GmbH (Prior Investment); Blohm + Voss GmbH (Prior Investment); Blohm + Voss Industries GmbH and Blohm + Voss Repair GmbH and Blohm + Voss Shipyards Gmbh (Current Investment); Blohm + Voss Oil Tools GmbH (Prior Investment); Blohm + Voss Repair GmbH (Current Investment); CAE Training & Services UK Ltd. (Prior Investment); ElecLink Limited (Prior Investment); Eversholt Investment Limited (Prior Investment); General Secure Logistics Services (Current Investment); Globalways AG (Prior Investment); GlÜCkauf Sondershausen Entwicklungs- Und Sicherungsgesellschaft Mbh (Prior Investment); GWE Gesellschaft für wirtschaftliche Energieversorgung mbH (Prior Investment); Hawksford Trust Company Jersey Limited (Current Investment); INEXUS Group Limited (Prior Investment); Kennet Equipment Leasing Limited (Current Investment); Lead Luxembourg 2 S.à r.l (Current Investment); Magnesium Solutions Europe Gesellschaft Mit BeschrÄNkter Haftung (Prior Investment); MPC Container Ships ASA (Current Investment); pepcom GmbH (Prior Investment); Rail Operations (UK) Limited (Current Investment); SAS Flight Academy AB (Prior Investment); Secondary Market Infrastructure Fund UK LP (Prior Investment); SKF Marine GmbH (Prior Investment); SkyFive GmbH (Current Investment); SR Technics Switzerland AG (Prior Investment); STAR Asset Finance Limited (Current Investment); STAR Mayan Limited (Current Investment); Synergy Health Managed Services Limited (Current Investment); Twinwoods Heat & Power Limited (Current Investment); Windhoist Holdings Limited (Current Investment) |

| Company name | Buyer type | Location | Related Investments |
|---|---|---|---|
| Renewi plc | Strategic buyer | European developed markets | AB Civiel Beheer BV, Hazardous Waste Treatment Facility in Netherlands (Merged Entity); Avondale Environmental Limited (Prior Subsidiary/Operating Unit); Babcock Environmental Engineering Ltd (Current Subsidiary/Operating Unit); Caird Bardon Ltd (Prior Subsidiary/Operating Unit); Eden Waste Recycling Limited (Merged Entity); energen biogas ltd (Prior Subsidiary/Operating Unit); FCC Waste Services (UK) Ltd (Prior Subsidiary/Operating Unit); HIRT Combustion Engineers Inc. (Prior Subsidiary/Operating Unit); John W Hannay & Co Limited (Current Subsidiary/Operating Unit); John W Hannay & Co., Limited (Current Subsidiary/Operating Unit); Kluivers Totaal Recycling en Vernietiging B.V. (Current Subsidiary/Operating Unit); Orgaworld B.V. (Current Subsidiary/Operating Unit); Renewi Argyll & Bute Limited (Current Subsidiary/Operating Unit); Renewi Canada (Prior Subsidiary/Operating Unit); Renewi Commercial BV (Current Subsidiary/Operating Unit); Renewi Holdings Limited (Current Subsidiary/Operating Unit); Renewi Valorisation & Quarry Nv (Current Subsidiary/Operating Unit); RetourMatras B.V. (Current Investment); Reym B.V. (Prior Subsidiary/Operating Unit); Rotie B.V. (Current Subsidiary/Operating Unit); Shanks Cumbria Ltd. (Current Subsidiary/Operating Unit); Shanks Development B.v. (Current Subsidiary/Operating Unit); Shanks Environmental Services Ltd (Current Subsidiary/Operating Unit); Shanks Finance Limited (Current Subsidiary/Operating Unit); Shanks Group plc, 11 facilities in England and Scotland (Prior Subsidiary/Operating Unit); Shanks Group Plc, Landfill Assets (Prior Subsidiary/Operating Unit); Shanks Group, Majority Assets of Hazardous Waste Operations (UK) (Prior Subsidiary/Operating Unit); Shanks Hainaut s.a. (Prior Subsidiary/Operating Unit); Shanks Transport (Current Subsidiary/Operating Unit); Shanks Vlaanderen NV (Current Subsidiary/Operating Unit); Shanks Waste Management Limited (Current Subsidiary/Operating Unit); Shanks Waste Solutions (Merged Entity); Shanks Wood Products nv (Current Subsidiary/Operating Unit); Smink Beheer B.V. (Current Subsidiary/Operating Unit); Stordeur (Current Subsidiary/Operating Unit); Subordinated Debt and 80% of East London Waste Authority and Dumfries and Galloway PFI Contracts (Prior Subsidiary/Operating Unit); Theys Collecte (Current Subsidiary/Operating Unit); United Utilities Group PLC, UK PFI Waste Business (Merged Entity); Van Gansewinkel Groep B.V. (Current Subsidiary/Operating Unit); Waste Management Inc., Netherlands Waste Services Operations (Merged Entity); Westcott Park Anaerobic Digestion Facility Of Renewi plc (Prior Subsidiary/Operating Unit) |
| Tradebe Management SL | Strategic buyer | European developed markets | Certain Assets of Comsa Medio Ambiente, S.L. (Merged Entity); Ecologica Iberica Y Mediterranea SA (Current Subsidiary/Operating Unit); Ecowaste Southwest Limited (Current Subsidiary/Operating Unit); Fragmentadora Sa (Extinguida) (Current Subsidiary/Operating Unit); Grupo Paruvi (Current Investment); Lunagua S.L. (Current Subsidiary/Operating Unit); Pyros Environmental Limited (Current Subsidiary/Operating Unit); TRADEBE Environmental Services, LLC (Prior Subsidiary/Operating Unit); Tradebe Environmental Services, LLC (Current Subsidiary/Operating Unit); Tradebe Limited (Current Subsidiary/Operating Unit); Tradebe S.a.r.l (Current Subsidiary/Operating Unit); Tradebe Treatment and Recycling, LLC (Current Subsidiary/Operating Unit); TWG Tanklager Wilhelmsburg GmbH (Current Subsidiary/Operating Unit); Willacy Oil Services Ltd (Current Subsidiary/Operating Unit) |
| GreenE Waste to Energy SL | Strategic buyer | European developed markets | Greene Waste to Energy International, SLU (Pending Acquisition/Investment) |

A long list and a short list with potential infrastructure funds for the project was created. The long list was constructed by conducting a search of funds that operate within the industries of "Waste-To-Energy", "Renewables" or had invested in these industries. Only funds from Europe or North America were included in this list. From the databases that were used for this research, 84 promising infrastructure funds were included in the long list. The long list is available upon request.

The short list was picked by looking at the size of the fund, if it had been involved in a waste-to-energy deal and if the fund is investing in Europe. A connection to the Nordic countries was also looked at with a few of the funds having invested in multiple Nordic countries with two of the funds having already invested in Iceland. It must be stated that this was only a desktop research and can be built upon and/or expanded when moving forward.

| Fund | Region | Sectors |
|---|---|---|
| iCon Infrastructure | Europe, North America | Transmission, Waste-to-energy, Renewables, Gas Transmission, Biomass, Transport, Water, Hydro, Photovoltaic, Solar, Onshore Transmission, Infrastructure |
| Ardian Infrastructure | Europe | Transmission, Waste-to-energy, Renewables, Wind, Transport, Hydro, Photovoltaic, Solar, Onshore Transmission, Onshore wind, Infrastructure |
| 3i Group | Europe | Transmission, Waste-to-energy, Renewables, Gas Transmission, Emergency Services, Transport, Broadband, Water, Onshore Transmission, Communications, Education, Infrastructure |
| Macquarie Infrastructure Partners | Multiple | Renewables, Power |
| Vauban Infrastructure Partners | Europe | Renewables |
| Ancala Partners | Europe | Renewables, Transport, Utilities, Telecommunications |
| Copenhagen Infrastructure Partners | Asia Pacific, Europe, North America | Renewables |
| Iona Capital | Europe | Renewables, Biomass, Infrastructure |

## 5.5 References


Alþingi. (2021, October 15). 2011 nr.138 Sveitarstjórnarlög. Retrieved from Alþingi: https://www.althingi.is/lagasafn/pdf/151c/2011138.pdf

APMG International. (n.d.). 5. When to Use PPPs: Motivations and Caveats. Retrieved from APMG International: https://ppp-certification.com/ppp-certification-guide/5-when-use-ppps-motivations-and-caveats

APMG International. (n.d.). 5.4. Disadvantages and Pitfalls of the PPP Option. Retrieved from APMG International: https://ppp-certification.com/ppp-certification-guide/54-disadvantages-and-pitfalls-ppp-option

Arctica Finance. (2019, May 23). Jarðvarmi eykur við hlut sinn í HS Orku. Retrieved from Arctica Finance: https://www.arctica.is/frettir-og-utgafa/jardvarmi-eykur-vid-hlut-sinn-i-hs-orku

Ardian. (2021, October 25). Ardian to acquire Míla, Iceland's largest telecoms infrastructure company. Retrieved from Ardian: https://www.ardian.com/press-releases/ardian-acquire-mila-icelands-largest-telecoms-infrastructure-company

Capital Impact Partners. (n.d.). Project Delivery Options: Pros and Cons. Retrieved from LISC: https://www.lisc.org/media/filer_public/ea/36/ea36eeda-4969-401a-a6b7-8f47dc801644/er1_project_delivery_options_-_pros_and_cons.pdf

Cho, R. (2016, October 18). Putting Garbage to Good Use with Waste-to-Energy. Retrieved from State of the Planet: https://news.climate.columbia.edu/2016/10/18/putting-garbage-to-good-use-with-waste-to-energy/

Chua, M., & Green, N. (2018, April 5). Alliance contracting: key ingredients to a successful alliance. Retrieved from Roads & Infrastructure Australia: https://roadsonline.com.au/alliance-contracting-key-ingredients-to-a-successful-alliance/

CMS. (n.d.). What is alliancing? Retrieved from CMS: https://cms.law/en/int/publication/contract-alliancing-in-construction/contents/what-is-alliancing

Gamma. (2016). Infrastructure investment in Iceland. Retrieved from Gamma: https://www.gamma.is/media/skjol/GAMMA---Innvidir_x28.pdf

Guðmundsdóttir, G. F., Eldjárn Vilhjálmsson, D., & Bergþórsdóttir, I. A. (2021, Júní 16). Sorporkustöð á Suðurnesjum. Retrieved from Kalka Sorpeyðingarstöð: https://www.kalka.is/static/files/Ymislegt/sorporkustod-a-sudurnesjum.-skyrsla-resource-international-16.06.21.pdf

Guðmundsdóttir, G., Eðvaldsson, K., Eldjárn Vilhjálmsson, D., Jónsson, J. Ö., Bergþórsdóttir, I. A., & Pétursdóttir, S. (2020, September 29). Greining á þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi. Retrieved from Stjórnarráð Íslands: https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Greining%20%C3%A1%20%C3%BE%C3%B6rf%20sorpbrennslust%C3%B6%C3%B0va%20%C3%A1%20%C3%8Dslandi.%20%C3%BAtg%C3%A1fa%20nr.2.1%20afhent.pdf

Hayes, A. (2021, August 20). Project Finance. Retrieved from Investopedia: https://www.investopedia.com/terms/p/projectfinance.asp

Icon Infrastructure. (n.d.). About Us. Retrieved from Icon Infrastructure: https://www.Iconinfrastructure.com/about-us/

KleanCapital. (n.d.). Waste to Energy Funding. Retrieved from KleanCapital: https://kleancapital.com/cleantech/waste-to-energy/

Marguerite. (2017, March 2017). Energy from Waste plant in Poznan starts operations. Retrieved from Marguerite: https://www.marguerite.com/2017/03/energy-from-waste-plant-in-poznan-starts-operations/

New Zealand Government Procurement. (2019, October). Traditional Delivery Model. Retrieved from New Zealand Government Procurement: https://www.procurement.govt.nz/assets/procurement-property/documents/traditional-delivery-model-construction-procurement.pdf

Obermeier, T. (2020, December 1). People first: PPP-WtE Projects and the Circular Economy. Retrieved from United Nations Economic Commission for Europe: https://unece.org/sites/default/files/2020-12/WP_PPP_2020_Session_II_Waste-to-Energy-Thomas%20Obermeier.pdf

OECD. (2009, January). Pension Fund Investment in Infrastructure. Retrieved from OECD iLibrary: https://doi.org/10.1787/227416754242

OECD. (2015). Infrastructure Financing Instruments and Incentives. Retrieved from OECD: https://www.oecd.org/pensions/private-pensions/Infrastructure-Financing-Instruments-and-Incentives.pdf

Pearce, K. C. (n.d.). Project Finance vs Corporate Finance. Retrieved from Wall Street Prep: https://www.wallstreetprep.com/knowledge/corporate-finance-vs-project-finance/

Service Works Global. (n.d.). Types of PPP Contracts. Retrieved from Service Works Global: https://www.swg.com/can/insight/ppp-resources/types-of-ppp-contracts/

STAR Capital. (2021). About us. Retrieved from STAR Capital: https://www.star-capital.com/about-us/

Suez in North America. (n.d.). At Poznan, in Poland, waste is converted to electricity to meet the growing needs of the population. Retrieved from Suez in North America: https://www.suez-na.com/en-us/our-offering/success-stories/our-references/poznan-energy-from-waste

Viðskiptaráð Íslands. (2021, January 28). Fjárfest í samvinnu. Retrieved from Viðskiptaráð Íslands: https://www.vi.is/skodanir/fjarfest-i-samvinnu

Zhan, E. (2021, June 22). Practice of PPP Model in Waste-to-Energy Industry. Retrieved from United Nations ESCAP: https://www.unescap.org/sites/default/d8files/event-documents/Eric%20Zhan_Practice%20of%20PPP%20Model%20in%20Waste-to-Energy%20Industry_session%202.pdf

Ægisson, H. (2021, October 20). Verðmiðinn á Mílu yfir 70 milljarðar og lífeyrissjóðir geta keypt fimmtungshlut. Retrieved from Vísir: https://www.visir.is/g/20212171665d

**EY** | Building a better working world

EY exists to build a better working world, helping to create long-term value for clients, people and society and build trust in the capital markets.

Enabled by data and technology, diverse EY teams in over 150 countries provide trust through assurance and help clients grow, transform and operate.

Working across assurance, consulting, law, strategy, tax and transactions, EY teams ask better questions to find new answers for the complex issues facing our world today.




EY refers to the global organization, and may refer to one or more, of the member firms of Ernst & Young Global Limited, each of which is a separate legal entity. Ernst & Young Global Limited, a UK company limited by guarantee, does not provide services to clients. Information about how EY collects and uses personal data and a description of the rights individuals have under data protection legislation are available via ey.com/privacy. EY member firms do not practice law where prohibited by local laws. For more information about our organization, please visit ey.com.

© 2021 EYGM Limited.
All Rights Reserved.

ey.com



Building a better working world

# Samantekt á greiningu fjármögnunarmöguleika vegna hátæknisorpbrennslustöðvar á Íslandi

**18 nóvember 2021**



# Samantekt

Skýrslan sem þessi samantekt byggir á er til þess fallin að varpa ljósi á þá fjármögnunarmöguleika sem standa í boði fyrir hátæknisorpbrennslustöð á Íslandi, sem og lykilforsendur til þess að slík stöð sé reist sé hún fýsilegur kostur. Tilgangur skýrslunnar er einnig sá að hún gæti nýst sem lykilgagn til þess að fylgja verkefninu í næsta fasa.

Á þessu stigi er ljóst að gríðarlegur áhugi er til staðar meðal hestu fjárfesta og fjármögnunaraðila en frekari upplýsinga yrði þó krafist af hálfu fjárfesta og utanaðkomandi aðila til þess að hægt væri að ræða ákjósanlega skipulagseiningu og uppsetningu á helstu þáttum verkefnisins. Nauðsynlegt er því að fara í stefnumótun þar sem lagður er grunnur að þeirri vinnu sem framundan er og þeirri uppsetningu sem krafist er svo unnt sé að koma verkefninu nær því að verða að veruleika.

Skoðaðar voru ýmsar skipulagsleiðir sem notaðar hafa verið í innviðaverkefnum víða um heim en einnig var rætt við sérfræðinga EY sem hafa tekið þátt í slíkum verkefnum. Kostir og gallar voru dregnir fram fyrir þær skipulagsleiðir sem voru kynntar en áhersla var lögð á samvinnuleið (PPP), þar sem sú leið hefur gagnast í verkefnum sem þessu víða um heim.

Farið var yfir mögulegar uppsetningar verkefnisins, sem og uppsetningu á sértæku eignarhaldsfélagi (SPV), og hvernig breytingar geta orðið á mismunandi stigum verkefnisins. Þessar hugmyndir voru einnig aðlagaðar sérstaklega að sorpbrennsluverkefni líkt og því sem þessi skýrsla snýr að.

Viðtöl voru tekin við bæði opinbera aðila og einkaaðila til þess að gera grein fyrir forsendum þeirra vegna þátttöku í verkefninu og gera grein fyrir áhættuþoli þeirra, kröfum, og öðrum tengdum þáttum.

Þeir opinberu aðilar sem rætt var við voru þeir sem standa að verkefninu ásamt öðrum tengdum hagsmunaaðilum. Til að nálgast ákjósanlegustu mögulegu fjárfestana var stuðst var við alþjóðlega gagnabanka sem EY hefur aðgang að til þess að útbúa lengri lista yfir mögulega fagfjárfesta. Sá listi var byggður á þeim forsendum að þeir hefðu fjárfest í samskonar verkefnum, í samskonar iðnaði. Þessi listi var síðan styttur með frekari skilyrðum t.a.m. eftir staðsetningu fjárfestinga þeirra sem og þrengri skilgreiningu á þeim iðnöðum sem þeir hafa fjárfest í. Nálgast var þessa aðila og tekin voru viðtöl við þá. Einnig var rætt við helstu fjármálastofnanir og lífeyrissjóði hérlendis.

Helstu snerti fletir sem komu upp í þessum samtölum voru þeir sömu hjá bæði opinberu aðilunum sem og einkaaðilunum á þessu stigi verkefnisins. Umræður snerust einna helst um úrgangssamninga, hliðgjöld (gate fees) og fjármögnun.

Umsamið úrgangsstreymi sem fer til vinnslunnar þarf að vera byggt á og stutt af ítarlegum rannsóknum sérfræðinga. Frá sjónarhorni opinberu aðilanna skal úrgangsstreymið helst vera sveigjanlegt og ekki stangast á eða fara á bóg við það hringrásarhagkerfi sem áform standa til um að mynda á Íslandi. Fjárfestar horfðu til þess að ákveðinn fyrirsjáanleiki væri á á árlegu magni í úrgangssamningum og þeir yrðu helst til lengri tíma til þess að takmarka áhættu fjárfestingarinnar og þannig fjármögnunarkostnaðinn.

Þar sem sala af orkuafurðum frá stöðinni mun ekki vera nægilega arðbær til að koma til móts við áætlaðan kostnað er nauðsynlegt að brúa bilið með áðurnefndum hliðgjöldum (gate fees). Í augum opinberu aðilanna þurfa þessi gjöld að vera skilgreind greinilega, skulu vera sanngjörn en skulu þó ekki koma niður á neytendum í formi verulega aukins kostnaðar. Fjárfestar tóku það fram í viðtölum að þessi hluti verkefnisins yrði veigamikill þegar kæmi að fjárfestingarákvörðun þeirra en gátu ekki farið í neinar nákvæmar upphæðir þar sem skortur var á frekari upplýsingum varðandi verkefnið á þessum tímapunkti.

Fjármögnun verkefnisins og aðkoma núverandi opinbera aðila á mismunandi stigum verkefnisins þarf að vera skýr. Opinberir aðilar eru opnir fyrir aðkomu einkaaðila í verkefninu en þurfa að ákveða hvenær og hversu mikið sá aðili kæmi inn í verkefnið. En ljóser er að fara þarf í frekari undirbúningsvinnu til að aðilar verkefnisins geti tekið upplýsta ákvörðun um ákjósanlega aðkomu mismunandi aðila á mismunandi stigum verkefnisins. Hömlur gætu verið settar á aðkomu einkaaðila ef fjármagn er fengið frá Lánasjóði Sveitarfélaga þó sá fjármögnunarkostnaður virðist vera hagkvæmastur. Sá áhugi sem sýndur hefur verið verkefninu endurspeglar vilja fjárfesta til þess að koma inn á öllum mögulegum stigum verkefnisins.

Aðrir þættir og forsendur sem snert var á í viðtölum voru tengd ýmsum leyfum, eignarhaldi, stefnu opinberra hagaðila og lagalegum þáttum. Greina þarf hvaða leyfi eru nauðsynleg til að verkefnið verði að veruleika og útvega þau sem fyrst. Opinberir aðilar er koma að verkefninu munu þurfa að skilgreina sína framtíðarsýn og markmið fyrir verkefnið þar sem það mun leggja grunninn að því sem eftir er af ferlinu.

Opinberu aðilarnir þurfa einnig að ákveða hvert ákjósanlegt eignarhald verkefnisins skuli vera á mismunandi stigum verkefnisins. Sú leið sem kosið verður að fara í uppsetningu verkefnisins mun hafa áhrif á þennan þátt líkt og t.d. PPP aðferðin. Lagalegir þættir spila einnig stórt hlutverk og er því mikilvægt að þekkja laga- og stefnukröfur sem geta haft áhrif á hagkvæmi verkefnisins.

Viðtöl við fjármálastofnanir voru í takti við þær samræður sem áttu sér stað við aðrar tegundir fjárfesta. Forsendur og kröfur sem voru ræddar eru í samræmi við þær sem var rætt um í öðrum viðtölum. Fjármálastofnanirnar nefndu að líklega myndu forsendur þeirra og kröfur gera ráð fyrir ríkisábyrgð á lánum er snúa að verkefninu. Meðal annars var rætt að ríkisábyrgt lán væri æskilegt fyrir þróunarstigið og að full ríkisábyrgð væri óskandi. En ábyrgð að hluta til myndi einnig reynast gagnleg í þessu tilfelli.

Þeir aðilar sem rætt var við áttu það sameiginlegt að þurfa frekari upplýsingar um verkefnið til þess að gera nákvæmlega grein fyrir sínum forsendum, en þær forsendur sem nefndar voru hér að ofan voru byggðar á þeim upplýsingum sem lágu fyrir á þeim tíma er viðtölin áttu sér stað.

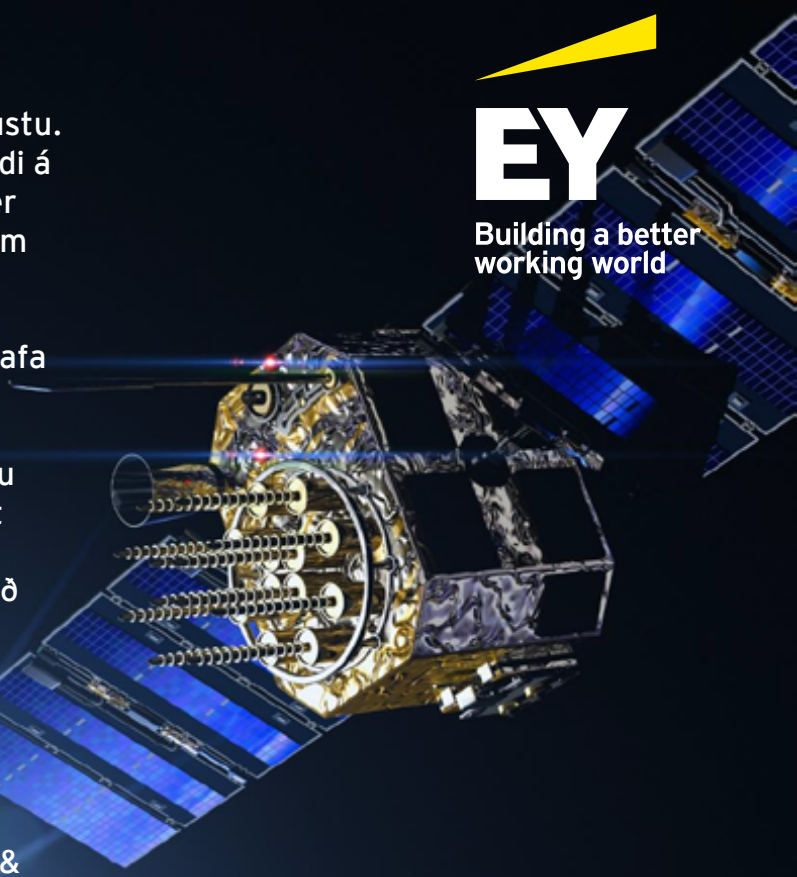
Skýrslan snertir á fjölmörgum af þeim leiðum sem hægt er að nýta til þess að skipuleggja verkefnið. Við mælum með því að SPV(„Special Purpose Vehicle“) verði myndað sem núverandi eigendur verkefnisins verði hluti af ásamt öðrum mögulegum opinberum aðilum. Mikilvægt er að fyrsta verkefni þessa SPV sé að setja á laggirnar sérstakan vinnuhóp sem kemur til með að spila stórt hlutverk í þeim undirbúnings- og skipulagsfasa sem við teljum vera þarft fyrsta skref í verkefninu. Áðurnefndur fasi mun til að mynda stilla upp ákjósanlegri skipulagseiningu verkefnisins og greina mismunandi afhendingarlíkan (delivery model) og viðskiptamöguleika. Snert er á fjölmörgum afhendingarmöguleikum í skýrslunni þar sem farið er yfir helstu kosti og galla hvers líkans fyrir sig sem munu að öllum líkindum nýtast við vinnu á verkefninu.

Undirbúnings- og skipulagsfasi mun innihalda ítarlega viðskiptaáætlun sem við mælum með að verði framkvæmd til þess að bera kennsl á þá fjölmörgu þætti sem nauðsynlegt er að gera grein fyrir í stórframkvæmdum sem þessum.

Helstu kostir undirbúningsvinnu sem þessarar er að eigendur verkefnisins halda eftir mestallri stjórn á verkefninu, og eigendur verkefnisins koma einnig til með að vera með sterka samningsstöðu er kemur að viðræðum um aðkomu nýrra aðila að verkefninu þegar ákveðið er að leita til þeirra. Einnig væri mögulegt fyrir eigendur verkefnisins að fá einkaaðila inn í verkefnið á þessu stigi sem myndi takmarka að einhverju leiti þá tímafjárfestingu sem þarf að leggja í verkefnið af hálfu eigenda, og áhætta yrði minni en ella.

**EY | Building a better working world**

EY er leiðandi fyrirtæki í heiminum á sviði endurskoðunar, skattamála og ráðgjafarþjónustu. EY hefur markað sér þá stefnu að vera leiðandi á markaði og veita fyrsta flokks þjónustu sem er sniðin að þörfum viðskiptavina okkar, hvar sem er í heiminum. Við þjálfum framúrskarandi leiðtoga sem starfa saman að því að uppfylla fyrirheit okkar til allra þeirra sem hagsmuni hafa af starfsemi okkar.




EY vísar til alþjóðasamtaka fyrirtækja sem eru aðilar að Ernst & Young Global Limited. Hvert aðildarfélag er sjálfstæður lögaðili. Ernst & Young Global Limited er breskt hlutafélag með takmarkaða ábyrgð og veitir ekki þjónustu til viðskiptavina.

Ernst & Young ehf. er einkahlutafélag skráð á Íslandi,

kt. 520902-2010 og er aðildarfélag að Ernst & Young Global Limited.

Ernst & Young ehf.

Borgartúni 30

105 Reykjavík

www.ey.is

© 2021 Ernst & Young ehf.

Öll réttindi áskilin.

# H

# VIÐAUKI

**-DRÖG -**

**M I N N I S B L A Ð**

Til: Stýrihóps forverkefnis til undirbúnings framtíðarlausnar til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi í stað urðunar

Frá: LMG slf. / Haraldur Flosi Tryggvason lögmaður og Ari Karlsson lögmaður

Dags.: 22. nóvember 2021

Efni: *Lagaleg rýni vegna forverkefnis um byggingu brennslustöðvar úrgangs*

## 1. INNGANGUR OG AFMÖRKUN VERKEFNIS

Minnisblað þetta er unnið að beiðni stýrihóps um forverkefni til undirbúnings að innleiðingu framtíðarlausnar til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi í stað urðunar, en forverkefnið er unnið á grundvelli samnings umhverfis- og auðlindaráðuneytisins, SORPU bs., Kölku sorpeyðingarstöðvar sf., Sorpurðunar Vesturlands og Sorpstöðvar Suðurlands bs., sem undirritaður var hinn 20. júní 2021.

LMG slf. var falin lagaleg rýni vegna verkefnisins en í því fólst meðal annars að fjalla um eftirfarandi atriði:

***Regluverk úrgangsmála***

- Samantekt á regluverki sem gildir um meðhöndlun úrgangs og rekstur brennslustöðva úrgangs.
- Hvort eða hvernig er unnt að tryggja nægilegan úrgang til brennslustöðvar.
- Samspil lögboðinna skyldna sveitarfélaga vegna meðhöndlunar úrgangs og samkeppnisrekstrar í þessu sambandi.
- Álitaefni varðandi jöfnun flutningskostnaðar eða niðurgreiðslu.

***Eignarhald og félagaform***

- Ákvæði laga sem gilda um samstarfsverkefni opinberra aðila og einkaaðila.
- Mismunandi félagaform og hvaða áhrif opinbert eignarhald kann að hafa að lögum.

Við höfum nánar afmarkað verkefni okkar og umfjöllun með því að skipta því upp í eftirfarandi hluta:

1. Samandregin niðurstaða.
2. Samantekt laga og meginreglur um stjórnun úrgangsmála og meðhöndlun úrgangs þ.m.t. skilyrði fyrir rekstri brennslustöðvar.
3. Opinber leyfi sem kann að þarfa vegna framkvæmda eða reksturs brennslustöðvar úrgangs.
4. Álitaefni vegna samkeppnislaga, meginreglna samkeppnisréttar, reglna um ríkisaðstoð.
5. Álitaefni vegna jöfnunar flutningskostnaðar eða niðurgreiðslu.
6. Mismunandi rekstrarform og hvaða áhrif opinbert eignarhald kann að hafa á rekstur brennslustöðvar.
7. Lokaorð.

Meðfylgjandi umfjöllun hefur að geyma yfirlit yfir lögfræðileg álitaefni sem helst kann að reyna á við undirbúning og framkvæmd brennslustöðvar úrgangs. Yfirliti þessu er ætlað að nýtast sem grunnur til frekari vinnu og greiningar ef ákvörðun verður tekin að vinna verkefnið áfram. Þau álitamál sem tæpt er á í minnisblaði þessu eru mörg hver flókin og kalla hvert fyrir sig á mun ítarlegri skoðun og greiningu en hér er unnt og er því gerður allur fyrirvari á umfjöllun, niðurstöðum og ályktunum okkar hér.

Við tökum sérstaklega fram að umfjöllun okkar er hvorki tæmandi um öll lagaleg álitaefni sem á kann að reyna í tengslum við viðfangsefnið né um réttarreglur eða þau réttarsvið sem fjallað er um.

## 2. SAMANDREGIN NIÐURSTAÐA

Samandregnar niðurstöður umfjöllunar okkar eru eftirfarandi:

***Regluverk úrgangsmála og lög um meðhöndlun úrgangs***

- Á sviði Evrópuréttar og EES-réttar gilda sameiginlegar meginreglur um meðhöndlun úrgangs í aðildarríkjum Evrópusambandsins.
    - Helsta réttarheimildin er tilskipun Evrópusambandsins um úrgang 2008/98/EB með síðari breytingum (enska: Waste Framework Directive).
    - Reglur Evrópuréttar um meðhöndlun úrgangs gilda á Íslandi á grundvelli skuldbindinga samkvæmt EES – samningnum.
- Sameiginlegt regluverk byggir einkum á þremur meginreglum:

- Reglan um forgangröðun úrgangs (enska: waste hierarchy)
- Ákvæði um hringrásarhagkerfið (enska: waste circular economy)
- Greiðslureglan (enska: polluter pays principle)

- Rammalöggjöf á Íslandi um meðhöndlun úrgangs er að finna í lögum nr. 55/2003 um meðhöndlun úrgangs með síðari breytingum (MÚL).
  - Reglan um forgangsröðun úrgangs er að finna í 7. gr. MÚL.
  - Greiðslureglan er að finna í 23. gr. MÚL.
  - Með breytingum á lögunum sem taka gildi 1. janúar 2023 er kveðið á um hringrásarhagkerfið og ákvæði laganna styrkt til þess að innleiða frekar meginregluna.

***Sveitarfélög bera ábyrgð á flutningi heimilisúrgangs og fyrirkomulagi á söfnun úrgangs***

- Sveitarfélög bera ábyrgð á fyrirkomulagi við söfnun og meðhöndlun úrgangs (8. gr. MÚL).
  - Sveitarfélög skulu ákveða í sérstakri samþykkt fyrirkomulag söfnunar á heimilis-og rekstrarúrgangi í sveitarfélagi.
  - Sveitarfélög bera ábyrgð á flutningi heimilisúrgangs til meðhöndlunar.
  - Sveitarfélög skulu sjá til þess að starfræktar séu söfnunar- og móttökustöðvar fyrir úrgang eftir atvikum í samstarfi við önnur sveitarfélög.
  - Sveitarfélög ákveða hvort þau sinna verkefnum sjálf, í samstarfi við önnur sveitarfélög, eða með samningum við einkaaðila.

***Ákvæði um starfsleyfi brennslustöðvar og sérstök skilyrði***

- Í IX. kafla MÚL er að finna sérákvæði, skilyrði og tæknilegar kröfur fyrir rekstur brennslustöðvar úrgangs:
  - Afla þarf starfsleyfis Umhverfisstofnunar skv. 14. gr. en auk þess skal gera sérstakar ráðstafanir samkvæmt 62. gr. varðandi hönnun, framkvæmdir, rekstur, nýtingu og endurheimt varma, að draga úr magni og skaðsemi ösku og förgun hennar sé til samræmi við ákvæði laganna.

***Önnur opinber leyfi***

- Bygging brennslustöðvar úrgangs er almennt háð mati á umhverfisáhrifum skv. lögum nr. 111/2012 um umhverfismat framkvæmda og áætlana.
- Framleiðsla raforku er almennt starfsleyfisskyld á grundvelli raforkulaga nr. 65/2003.
- Framleiðsla á heitu vatni er ekki starfsleyfisskyld en takmörkun kann á að vera á sölu heits vatns vegna sérleyfis hitaveitna sem veitt eru á grundvelli orkulaga nr. 58/1967.

*Álitaefni hvernig tryggja megi nægilegt magn úrgangs til reksturs*

- Samkvæmt 8. gr. MÚL bera sveitarfélög ábyrgð á flutningi heimilisúrgangs og hafa þar með ákvörðunarvald á meðhöndlun hans.
- Sveitarfélög hafa almennar heimildir til þess að kveða á fyrirkomulag á söfnun og móttöku heimilis- og rekstrarúrgangs í viðkomandi sveitarfélagi en áhöld eru hvort að slík almenn heimild dugi til að setja skilyrði um skil á rekstrarúrgangi til brennslu.
- Ekki er að finna í lögum heimild til þess að takmarka útflutning úrgangs og í Evrópu er ljóst að markaður er þegar til staðar fyrir inn- og útflutning úrgangs þ.m.t. til brennslu.
- Á sviði Evrópuréttar gildir tilskipun um flutning úrgangs sem meðal annars hefur að geyma heimild fyrir aðildarríki að takmarka út- eða innflutning á grundvelli umhverfissjónarmiða og meginreglna Evrópuréttar um meðhöndlun úrgangs.
- Ef setja á skilyrði um það að rekstrarúrgangi sem er hæfur til brennslu beri að skila með sérstökum hætti eða takmarka útflutning á slíkum úrgangi myndi það kalla á breytingu á lögum og setningu sérstakrar lagaheimildar.
    - Hér þarf að greina frekar álitamál um stjórnskipunarlegar heimildir, reglur EES- réttar þ.m.t. regluna um fjórfrelsið, samkeppnisreglur og sameiginlegar reglur um meðhöndlun úrgangs, og hvort að slík lagaheimild væri samþýðanleg þeim takmörkunum sem hér kunna að gilda.

*Álitaefni á sviði samkeppnislaga og reglna um ríkisaðstoð*

- Að því leyti sem meðhöndlun úrgangs er ekki sérstaklega undanskilinn gildissviði samkeppnislaga með sérlögum gilda almennar reglur samkeppnisréttar á sviðinu.
- Söfnun sveitarfélaga á heimilisúrgangi fellur ekki undir gildissvið samkeppnislaga. Að öðru leyti gilda ákvæði samkeppnislaga um starfsemi opinberra aðila þ.m.t. stofnana sveitarfélaga eða lögaðila sem þau hafa falið verkefni vegna meðhöndlunar úrgangs.
- Á samspil meginreglna Evrópuréttar á sviði úrgangsstjórnunar og samkeppnisreglna hefur reynt á í auknum mæli.
- Norrænu samkeppniseftirlitin gáfu út ítarlega skýrslu um samkeppnisumhverfið á Norðurlöndum árið 2016 þar sem m.a. er hvatt til þess að opinberir aðilar feli í meira mæli einkaaðilum að sinna verkefnum t.d. með því að nýta sér opinber innkaup meira.
- Þar sem leiða má líkum að því að aðilar sem sameiginlega eru með yfirráð á markaði vegna meðhöndlunar úrgangs kæmu með einum eða öðrum hætti að undirbúningi eða rekstri brennslustöðvar úrgangs þarf að gæta að meginreglum samkeppnislaga allt frá undirbúningsstigi þ.m.t. hvers konar bann við samkeppnishömlum.

*Álitaefni vegna ríkisaðstoðar*

- Reglur um ríkisaðstoð, sbr. ákvæði 61. gr. EES – samningsins, setja skorður við hvers konar ríkisaðstoð sem veitt er af opinberum fjármunum og er ætluð að raska samkeppni eða ívilna fyrirtækjum.
- Í leiðbeiningum Eftirlitsstofnunnar EFTA (ESA) um aðstoð vegna meðhöndlunar úrgangs og orkuvinnslu er að finna skilyrði og sjónarmið sem slík aðstoð þarf að uppfylla.
    - Heimilt að veita styrki til fjárfestingar eða rekstraraðstoðar til vinnslu orku úr endurnýjanlegum lindum að því gefnu að það samræmist reglum um forgangsröðun úrgangs og samræmist að öðru leyti almennum skilyrðum leiðbeininga um veitingu slíkrar aðstoðar.
    - Ef ætlun er að veita opinbera styrki til brennslustöðvar úrgangs eða kveða á um sértækar ívilnanir um reksturinn þarf að greina hvort að það samræmist undanþágum um ríkisaðstoð.

*Álitaefni vegna flutningskostnaðar*

- Staðarval brennslustöðvar úrgangs hefur áhrif á flutningskostnað úrgangs sem fluttur er um lengri leið.
- Könnun okkar hefur ekki leitt í ljós slíkt kerfi annars staðar í Evrópu sem unnt er að hafa til hliðsjónar.
- Landfræðileg staða Íslands sérstök vegna mikilla fjarlægða í strjálbýlu landi.
- Útfærsla á flutningi frá söfunarstöðvum til brennslu skiptir máli:
    - Mun rekstraraðili brennslu annast sjálfur allan flutning til brennslustöðvar?
    - Munu sveitarfélög annast sjálf flutninginn eða fela einkaaðilum að gera það fyrir sína hönd?
    - Mun þriðji aðili annast sameiginlega flutning til brennslustöðvar fyrir alla?
- Almennt leiðir af greiðslureglunni (1. mgr. 23. gr. MÚL) að handhafi (eða framleiðandi úrgangs) ber að greiða allan kostnað sem leiðir af meðhöndlun hans þ.m.t. flutning úrgangsins.
- Þótt heimildir séu til þess að jafna kostnaði t.d. flutningskostnaði innan sveitarfélags með jafnaðargjaldi eru áhöld um það hvort eða hvernig væri unnt að jafna kostnaði á landsvísu.
- Almennt hefur verið talið að heimilt sé á grundvelli meginreglunnar um forgangsröðun úrgangs að víkja frá greiðslureglunni ef það hefur betri umhverfisleg áhrif og stuðlar ekki að aukinni framleiðslu úrgangs.
- Á meginreglur samkeppnislaga og ríkisaðstoðar (þegar um beinar niðurgreiðslur eða styrki frá opinberu fé er um að ræða) kann að reyna varðandi slík kerfi.

- Um flókið álitamál er um að ræða sem rétt væri að kveða á um með sérstakri lagaheimild til þess að eyða óvissu.
- Ætla má að þrenns konar útfærsla á slíku kerfi kæmi einkum til greina:
    1) Rekstaraðili brennslu inniheimti jafnaðargjald af öllum vegna flutnings.
    2) Kerfi sem fjármagnað væri með sértækri gjaldtöku á landsvísu á allan úrgang þar sem flutningskostnaði væri jafnað reglulega t.d. í gegnum Jöfnunarsjóð sveitarfélaga eða með álíka fyrirkomulagi.
    3) Beinar niðurgreiðslur af opinberu fé.

***Mismunandi rekstrarform og áhrif opinbers eignarhalds***

- Ákvörðun rekstrarforms og aðkoma opinberra aðila hefur áhrif á það að hvaða leyti ákvæði sérlaga kunn að gilda um rekstraraðila brennslustöðvar.
- Ekki liggur fyrir á þessu stigi hvernig eignarhald eða fjármögnun rekstraraðila verður.
- Ef um verður að ræða opinbert fyrirtæki sem starfar á grundvelli laga (eða með heimild að lögum) kunna sömu lagareglur og gilda um stjórnvöld að gilda að hluta eða öllu leyti um starfsemina, nema það verði sérstaklega undanskilinn slíkum reglum.
- Þegar um er að ræða einkarréttarlegan lögaðila sem er að meirihluta eða öllu leyti í eigu opinberra aðila kunna sérstakar reglur að gilda um starfsemi hans á grundvelli almennra laga:
    - Ákvæði upplýsingalaga nr. 140/2012
    - Ákvæði laga um opinber innkaup nr. 120/2016 þ.m.t. um heimild til eigenda til þess að gera beina samninga við slíkan rekstraraðila án innkaupaferils, eða hvort að hann lúti sjálfur innkaupareglum laganna í starfsemi sinni.
    - Ákvæði laga nr. 2/1995 um opinber hlutafélög.
- Með hliðsjón af framangreindu koma einkum fjórar útfærslur til greina varðandi rekstrarform og eignarhald rekstraraðila brennslustöðvar:
    1) Rekstur í formi opinbers fyrirtækis (t.d. byggðasamlags eða fyrirtækis sem stofnað er til á grundvelli sérlaga).
    2) Rekstur í formi einkarréttarlegs lögaðila sem er að öllu leyti í eigu opinberra aðila (ríkis, sveitarfélaga, eða stofnana þeirra).
    3) Rekstur í formi eignarréttarlegs lögðaðila með blönduðu eignarhaldi (Public Private Partnership).
    4) Rekstur einkarréttarlegs lögaðila sem er alfarið í einkaeigu.

## 3. REGLUVERK ÚRGANGSMÁLA

*Meginreglur Evrópuréttar og lög nr. 55/2003 um meðhöndlun úrgangs*

Evrópusambandið hefur í löggjöf sinni samræmt regluverk um stjórnun úrgangsmála og meðhöndlun úrgangs sem hefur það að markmiði að draga úr myndun úrgangs og stuðla að bættri endurvinnslu og endurnýtingu úrgangs. Á grundvelli EES – samningsins hafa þessar sameiginlegu reglur verið innleiddar hér á landi.

Rammalöggjöf á sviði Evrópuréttar er að finna í svonefndri úrgangstilskipun þ.e. tilskipun 2008/98/EB um úrgang (með síðari breytingum) en til viðbótar er fjölda annarra gerða á sviði Evrópuréttar sem kveða á um meðhöndlun sérstaks úrgangs.

Sameiginlegar reglur Evrópuréttar um meðhöndlun úrgangs byggja m.a. á meginreglum um úrgangsforvarnir, umbreytingu í hringrásarhagkerfi, að sá sem mengar skuli greiða fyrir alla meðhöndlun úrgangsins, og að velja skuli þá aðferð sem skilar almennt bestri heildarniðurstöðu fyrir umhverfið. Þessar meginreglur eru grundvöllur og markmið löggjafarinnar og því jafnframt mikilvæg sjónarmið þegar kemur að túlkun sameiginlegra reglna eða innleiðingu þeirra að landsrétti:

- *Meginreglan um forgangröðun úrgangs* (enska: Waste hierachy) þ.e. að leggja skuli eftirfarandi forgangsröðun til grundvallar við alla meðhöndlun úrgangs:
    1) Úrgangsforvarnir
    2) Undirbúningur fyrir endurnotkun
    3) Endurvinnsla
    4) Önnur endurnýting
    5) Förgun
- *Greiðslureglan* þ.e. að handhafi eða framleiðandi úrgangs greiði allan kostnað sem leiðir af meðhöndlun hans (enska: Polluter Pays Principle).

Um regluverk úrgangsmála hér á landi er kveðið á um í lögum nr. 55/2003 um meðhöndlun úrgangs með síðari breytingum (MÚL) en lögin innleiða m.a. skuldbindingar Íslands að EES-rétti þ.m.t. samkvæmt úrgangstilskipuninni.[1]

Framangreindar meginreglur Evrópuréttar þ.e. meginreglan um forgangsröðun úrgangs og greiðslureglan eru m.a. innleiddar í almennu markmiðsákvæði 1. gr. MÚL, 7. gr. (forgangur við meðhöndlun úrgangs) og 23. gr. (greiðslureglan).

*Yfirstjórn, eftirlit, útgáfa starfsleyfa, lands- og svæðisáætlanir um meðhöndlun úrgangs*

Umhverfisráðherra fer með yfirstjórn mála samkvæmt ákvæðum MÚL.

Heilbrigðisnefndir sveitarfélaga annast eftirlit með meðhöndlun á úrgangi, sbr. 9 gr. MÚL og eftirlit með þeirri atvinnustarfsemi sem heilbrigðisnefndir gefa út starfsleyfi fyrir sbr. 2. mgr. 14. gr. laganna. Að öðru leyti fer Umhverfisstofnun með framkvæmd MÚL og eftirlit og útgáfu starfsleyfa vegna starfsemi á grundvelli þeirra.

Til að þess að hrinda markmiðum MÚL um meðhöndlun úrgangs og úrgangforvarnir í framkvæmd skal ráðherra setja sérstakar áætlanir fyrir landið allt og hvert sveitarfélag (eða fleiri sveitarfélög sameiginlega) skal setja sérstaka svæðisáætlun sem byggir á markmiðum landsáætlunar og markmiðum MÚL. Áætlanir þessar skulu gilda í tólf ár í senn og tekin skal ákvörðun um það á sex ára fresti hvort að endurskoða beri viðkomandi áætlun:

- **Landsáætlanir (5. gr. MÚL)**
    - Ráðherra ber að setja sérstaka landsáætlun um meðhöndlun úrgangs. Gildandi landsáætlun: *Í átt að hringrásarhagkerfi*[2] var sett í júní 2021 og gildir til 2033.
    - Ráðherra ber að setja almenna stefnu um úrgangsforvarnir. Gildandi stefna: *Saman gegn sóun*[3] var sett í janúar 2021 og gildir til 2027.

[1] Með lögum nr. 103/2021 um breytingu á lögum um hollustuhætti og mengunarvernd, lögum um meðferð úrgangs og lögum um úrvinnslugjald, var ákvæðum MÚL breytt m.a. í því skyni að styrkja hringrásarhagkerfið. Breytingarlögin taka gildi frá og með 1. janúar 2023.
[2] Sjá hér: https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Stefna%20um%20me%C3%B0h%C3%B6ndlun%20%C3%BArgangs%202021-2032%20090621.pdf
[3] Sjá hér: https://www.stjornarradid.is/media/umhverfisraduneyti-media/media/PDF_skrar/Saman-gegn-soun-2016_2027.pdf

- **Svæðisáætlanir (6. gr. MÚL)** [4]
    - Sveitarstjórn ber ábyrgð á því (eða fleiri sveitarstjórnir sameiginlega) að setja svæðisáætlun um meðhöndlun úrgangs sem gildir í sveitarfélaginu (eða sameiginlega í fleiri sveitarfélögum).
    - Í framkvæmd hafa sveitarfélög nýtt sér heimild til þess að setja sameiginlega svæðisáætlun en þrátt fyrir framangreinda lagaskyldu hafa ekki öll sveitarfélög á landinu sett sér svæðisáætlun.

*Ábyrgð og hlutverk sveitarfélaga við meðhöndlun úrgangs*

Samkvæmt ákvæði 8. gr. MÚL bera sveitarfélög meginábyrgð á því að ákveða fyrirkomulag söfnunar á heimilis- og rekstrarúrgangi í viðkomandi sveitarfélagi en í þeim tilgangi skal sveitarfélag setja sérstaka samþykkt um nánari útfærslu.

Sveitarfélög bera samkvæmt 8. gr. MÚL ábyrgð á flutningi heimilisúrgangs til móttökustöðvar þ.e. að safna saman heimilisúrgangi eins og hann er skilgreindur samkvæmt ákvæðum 3. gr. MÚL. Sveitafélög bera hins vegar ekki ábyrgð á því að safna saman rekstrarúrgangi. Í dæmaskyni má hér nefna að í samþykktum sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu er almennt kveðið á um það að rekstraraðilar beri sjálfir ábyrgð á meðhöndlun rekstrarúrgangs þ.m.t. að koma honum til söfnunar og flokkunar.

Sveitarfélög skulu sjá til þess samkvæmt ákvæði 8. gr. MÚL að til staðar séu móttöku- og söfnunarstöðvar[5] fyrir þann úrgang sem fellur til í sveitarfélaginu.

Ákvæði 8. gr. MÚL verða ekki túlkuð með þeim hætti að sveitarfélögum sé sjálfum skylt að sinna flutningi heimilisúrgangs eða annast rekstur móttöku-og söfunarstöðva. Skylda þeirra að þessu leyti er að sjá til þess að nauðsynlegir farvegir og innviðir séu til staðar hvort sem sveitarfélög annast reksturinn sjálf, gera það í samstarfi við önnur sveitarfélög, eða fela einkaaðilum að annast

[4] Gildandi svæðisáætlanir á landsvísu má sjá hér: https://www.samband.is/verkefnin/umhverfis-og-urgangsmal/urgangsmal/svaedisaaetlanir-sveitarfelaga-um-medhondlun-urgangs/

[5] Hugtökin móttöku-og söfnunarstöðvar eru skilgreindar í ákvæði 1. mgr. 3. gr. MÚL. *Móttökustöð* er skilgreind sem staður og aðstaða þar sem tekið er við úrgangi til geymslu til lengri eða skemmri tíma, til umhleðslu, flokkunar eða annarrar meðhöndlunar. Þaðan fer úrgangurinn til förgunar eða nýtingar, eða honum er fargað á staðnum. Undir móttökustöð falla jafnframt förgunarstaðir þ.e. urðunarstaðir og brennslustöðvar. *Söfnunarstöð (gámastöð)* er skilgreind sem staður og aðstaða þar sem tekið er við úrgangi frá almenningi og/eða smærri fyrirtækjum. Þaðan fer hann til endurnotkunar og endurnýtingar eða er fluttur til móttökustöðva.

þjónustuna. Þótt meðhöndlun úrgangs sé meðal lögboðinna verkefna sveitarfélaga samkvæmt framansögðu felur þjónustan sjálf við meðhöndlun úrgangs því ekki í sér beitingu opinbers valds sem framkvæmdavaldshafar hafa einir rétt til að sinna.

Sveitarfélögum ber að innheimta gjald vegna allrar meðhöndlunar úrgangs samkvæmt 2. mgr. 23. gr. MÚL.[6] Sveitarfélögum er jafnframt heimilt að innheimta gjald fyrir tengda starfsemi sem samrýmist markmiðum laganna svo sem vegna þróunar á nýrri tækni við meðhöndlun úrgangs. Sveitarfélögum ber að setja sérstaka gjaldskrá í þessu skyni sem skal staðfest af ráðherra sbr. 4. mgr. 23. gr. MÚL. Í 3. mgr. 23. gr. er tekið fram að gjald sem sveitarfélag innheimtir skuli þó aldrei vera hærrra en sem nemur þeim kostnaði sem fellur til í sveitarfélaginu við meðhöndlun úrgangs og tengda starfsemi.

Samkvæmt 1. mgr. 23. gr. MÚL er rekstraraðila förgunarstaðar (hvort sem um er að ræða opinberan aðila eða einkaaðila) skylt að innheimta gjald sem samsvarar raunverulegum kostnaði við förgunina. Gjaldið skal jafnframt nægja fyrir öllum kostnaði við förgun úrgangsins þ.m.t. uppsetningu og rekstur viðkomandi förgunarstaðar.

*Samantekt á ákvæðum MÚL um uppsetningu og rekstur brennslustöðvar fyrir úrgang*

Ákvæði MÚL hafa að geyma sérstök skilyrði varðandi rekstur brennslustöðvar fyrir úrgang þ.m.t. varðandi starfsleyfi, byggingu og skilyrði til rekstrar slíkrar stöðvar. Samkvæmt 3. gr. MÚL er brennslustöð skilgreind með þeim hætti að um sé að ræða hvers konar tæknibúnað sem notaður er til að brenna úrgang hvort sem varminn sem notaður er við brennsluna er nýttur eða ekki. Brennslustöð er jafnframt skilgreind í lögunum sem förgunarstaður.

Bygging og starfræksla brennslustöðvar er starfsleyfisskyld og veitir Umhverfisstofnun starfsleyfið samkvæmt 2. mgr. 14. gr. MÚL. Samkvæmt 15. gr. MÚL ber í umsókn um starfsleyfi að lýsa staðsetningu fyrirhugaðrar móttökustöðvar og tilgreina tegund og magn þess úrgangs sem

[6] Með ákvæði 17. gr. laga nr. 103/2021 verða breytingar á 2. mgr. 23. gr. með þeim hætti að: Skylt er að innheimta gjald sem næst raunkostnaði við viðkomandi þjónustu, svo sem með því að miða gjaldið við magn úrgangs, gerð úrgangs, losunartíðni, frágang úrgangs og aðra þætti sem áhrif hafa á kostnað við meðhöndlun úrgangs viðkomandi aðila. Sveitarfélagi og byggðasamlagi er þó heimilt að færa innheimtu gjalda á milli úrgangsflokka í því skyni að stuðla að markmiðum laga þessara og ákvæðum 7. gr., að teknu tilliti til 3. mgr. Jafnframt er sveitarfélagi heimilt að ákveða gjaldið sem fast gjald á hverja fasteignareiningu til þess að innheimta allt að 25% af heildarkostnaði sveitarfélagsins, sbr. 3. mgr. Í athugasemdum í greinargerð með frumvarpinu er m.a. kveðið á um það að með breytingunni sé hnykkt á því sem talið hafi gilt þ.e. að innheimtur sé raunkostnaður en það sé jafnframt til samræmis við hina svokölluðu greiðslureglu.

fyrirhugað er að meðhöndla, móttökugetu stöðvar og áætlaðan rekstrartíma. Gera skal grein fyrir þeim aðferðum sem rekstraraðili hyggst beita í því skyni að fyrirbyggja mengun og minnka hana, þ.m.t. tilhögun innra eftirlits, áætlun um vöktun, lokun og aðgerðir í kjölfar lokunar. Umsókn um starfsleyfi skulu fylgja upplýsingar um stöðu skipulags á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði. Ef fyrirhuguð móttökustöð er háð mati á umhverfisáhrifum skulu jafnframt fylgja upplýsingar um stöðu matsins.

Umsókn um starfsleyfi þarf að uppfylla þau almennu skilyrði sem kveðið er á um í II. kafla MÚL en auk þess sérstök skilyrði um brennslustöðvar samkvæmt XI. kafla.

Í ákvæði 62. gr. MÚL er kveðið á um það að í umsókn um starfsleyfi brennslustöðvar skuli gera grein fyrir ráðstöfunum sem eru fyrirhugaðar til að tryggja að:

- Brennslustöðin sé hönnuð, búin og verði haldið við og rekin með þeim hætti að kröfurnar sem til hennar eru gerðar verði uppfylltar.
- Varminn, sem myndast við brennslu- og sambrennsluferlið, sé endurheimtur eftir því sem við verður komið til framleiðslu varma, gufu eða orku.
- Dregið verði úr magni og skaðsemi ösku og hún endurunnin eftir því sem við á.
- Förgun ösku verði í samræmi við ákvæði laganna.

Í 63 gr. a – 63. gr. e MÚL er síðan kveðið nánar almennt á rekstrarskilyrði og skyldur rekstraraðila þ.m.t. afhendingu og móttöku úrgangs, samræmi við viðmiðunarmörk og hvað teljist umtalsverð breyting á rekstri.

Í 64. gr. MÚL er kveðið á um losunarmörk en þar er kveðið á um að stýra skuli losun úrgangslofts frá brennslustöðvum með reykháf en hæð hans er reiknuð með það í huga að vernda heilufar manna og umhverfið. Takmarka skal eftir því sem við verður komið losun skólps sem fellur til við hreinsun úrgangslofts í vatnsumhverfi og styrkur mengunarefna skal ekki fara yfir viðmiðunarmörk reglugerðar sem ráðherra hefur sett.

Ráðherra er heimilt að kveða á nánar á um skilyrði fyrir rekstri brennslustöðvar í reglugerð sbr. 63. gr. d., sbr. 43. gr. MÚL. Í gildi er reglugerð nr. 550/2018 um losun frá atvinnurekstri og menungunarvarnareftirlit eru ákvæði MÚL nánar útfærð m.a. varðandi brennslustöðvar úrgangs

varðandi starfsleyfisskilyrði, viðmiðunarmörk vegna losunar frá brennslu úrgangs, kröfur og skilyrði vegna meðhöndlunar ösku, frárennslis og móttökuskilyrði fyrir úrgangi til slíkra stöðva.[7]

*Álitaefni um að tryggja nægjanlegan úrgang til reksturs brennslustöðvar*

Meðal þeirra álitamála sem koma til skoðunar varðandi rekstur brennslustöðvar fyrir úrgang er það hvort eða hvernig unnt er að tryggja henni nægt hráefni til rekstrar.

Með hliðsjón af ábyrgð sveitarfélaga að flytja heimilisúrgang til viðeigandi meðhöndlunar samkvæmt 8. gr. MÚL hafa sveitarfélög þegar að núgildandi lögum ráðstöfunarrétt á heimilisúrgangi þ.m.t. ákvörðun um það að farga óendurnýtanlegum úrgangi með brennslu.[8]

Hvað varðar úrgang frá rekstraraðilum hafa sveitarfélög samkvæmt 8. gr. MÚL almennar heimildir til þess að kveða á um fyrirkomulag á meðhöndlun úrgangs í viðkomandi sveitarfélagi.

Í mörgum sveitarfélögum (þ.m.t. á höfuðborgarsvæðinu) bera aðilar sjálfir ábyrgð á því að koma úrgang til flokkunar og vinnslu sem og að þeir nýta sér iðulega þjónustu einkaaðila í þessu skyni sem gera sjálfir ráðstafanir um það hvernig úrgangurinn er meðhöndlaður og hvar.

Álitamál er um það hvort að almenn heimild sveitarfélaga samkvæmt 8. gr. MÚL að kveða á um fyrirkomulag á meðhöndlun úrgangs sé nægilega ótvíræð og skýr þannig að sveitarfélög geti kveðið á um í samþykkt að óendurnýtanlegum rekstrarúrgangi beri að skila þannig að honum verði komið til brennslustöðvar hér á landi. Allt að einu verður að telja áhöld um það hvort að almenn heimild hér sé nægilega skýr til þess að takmarka valmöguleika aðila í þessu sambandi eða að kveða á um það að einkaaðilum sem starfa á sviðinu beri að skila úrgangi til brennslustöðvar.

Að síðustu er rétt að geta þess að ákvæði MÚL eða ákvæði sérlaga mæla ekki fyrir um takmörkun eða heimild til þess að takmarka útflutning á úrgangi frá Íslandi.

Í gildi er reglugerð 822/2010 um flutning úrgangs milli landa sem innleiðir m.a. reglugerð Evrópuþingsins og ráðsins (EB) nr. 1013/2006 um flutning úrgangs (sem hefur verið tekin upp í EES – samninginn) þar sem kveðið er á um skilyrði fyrir flutningi úrgangs milli landa innan

[7] Reglugerðina má nálgast hér: https://www.reglugerd.is/reglugerdir/eftir-raduneytum/umhverfisraduneyti/nr/21098 en viðauka um losunarmörk er að finna í pdf – útgáfu reglugerðar.
[8] Þegar lög nr. 103/2021 taka gildi 1. janúar 2023 verður samkvæmt 10. gr. MÚL óheimilt að brenna sérsöfnuðum heimilisúrgangi þ.m.t. pappír og pappa, málmum, plasti, gleri, lífúrgangi, textíl og spilliefnum, að undanskildum úrgangi sem eftir verður og hentar hvorki til endurnotkunar eða endurvinnslu.

aðildarríkja Evrópusambandsins, sem almennt er frjáls. Í (a) lið 11. gr. síðarnefndar reglugerðar EB er heimild fyrir aðildarríki til þess að synja um inn- eða útflutning úrgangs ef flutningur eða förgun sé ekki til samræmis við úrræði sem hafa verið tekin til þess að innleiða nálægðarreglu, forgangsreglu úrgangs, og sjálfbærni innan bandalagsins og aðildarríkisins, að banna almennt eða að hluta eða mótmæla flutningi úrgangs milli landa. Þá er unnið að endurskoðun á framangreindu regluverki þ.m.t. reglum sem gilda um út- og innflutning úrgangs á sameiginlegum markaði ESB.[9]

Af öllu framansögðu leiðir að hvers konar takmarkanir á útflutningi eða á ráðstöfunarétti yfir rekstrarúrgangi myndi að öllum líkindum kalla á sérstaka og ótvíræða lagaheimild. Þá þarf jafnframt að meta stjórnskipulegar heimildir til slíkrar takmörkunar og þá að að þær samþýðist reglum EES – réttar þ.m.t. vegna ríkisaðstoðar, samkeppnisreglum, eða reglum um hið svokallaða fjórfrelsi.

## 4. HELSTU STARFSLEYFI OG ÖNNUR LEYFI VEGNA BRENNSLU ÚRGANGS

*Skipulagsáætlun, leyfi til framkvæmda, mat á umhverfisáhrifum*

Framkvæmdir við brennslustöð úrgangs lúta líkt og aðrar framkvæmdir ákvæðum skipulagslaga nr. 123/2010 og laga um mannvirki nr. 160/2010. Af því leiðir m.a. að framkvæmdir þurfa að vera til samræmis við skipulagsáætlanir viðkomandi sveitarfélags þar sem slík stöð er reist þ.e. aðalskipulags annars vegar og deiliskipulags hins vegar. Þá verður sveitarfélag þar sem slík stöð skal rísa að gefa út leyfi til framkvæmda samkvæmt fyrrnefndum lögum eftir því sem við á.

Þá kunna framkvæmdir við brennslustöð úrgangs að vera háð mati á umhverfisáhrifum.

Framkvæmdir við förgunarstaði úrgangs þar sem spilliefni eru brennd, meðhöndluð með efnum eða förgunarstöðvar úrgangs sem meðhöndla meira en 500 tonn af úrgangi á eru ávallt háðar umhverfismati samkvæmt tölul. 11.02 í 1. viðauka við lög nr. 111/2021 um umhverfismat framkvæmda og áætlana. Því ber að framkvæma umhverfismat á slíkri framkvæmd sem þarf að liggja fyrir áður en tillaga að starfsleyfi er auglýst sbr. 14. og 15. gr. MÚL.

[9] Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins birti 17. nóvember 2021 tillögu að nýrri reglugerð um flutning úrgangs ásamt vinnuskjölum sem nálgast má hér: https://ec.europa.eu/environment/publications/proposal-new-regulation-waste-shipments_en

*Ákvæði raforkulaga og orkulaga vegna nýtingar varma til vinnslu raforku eða heits vatns*

Um vinnslu raforku gilda ákvæði raforkulaga nr. 65/2003. Samkvæmt 26. tölul. 3. gr. laganna er vinnsla raforku skilgreind m.a. sem umbreyting orku svo sem vatnsorku, jarðvarma. eða efnaorku í raforku. Samkvæmt 16. tölul. sama ákvæðis er raforkuver/virkjun mannvirki sem er notað til vinnslu raforku.

Samkvæmt 4. gr. laganna þarf leyfi Orkustofnunar til þess að reisa og reka raforkuver sem er yfir 1 MW og þar sem uppsett afl er undir 1 MW nema ef orka er afhent inn á dreifikerfi dreifiveitna eða beint inn á flutningskerfi. Orkuver með uppsett afl yfir 10 MW skal tengt beint inn á flutningskerfi Landnets samkvæmt 3. mgr. 5. gr. laganna en þó getur Orkustofnun veitt undanþágu ef orka er seld beint til sérstaks notanda samkvæmt 2. mgr. 11. gr. Þá skal samningur við flutningsfyrirtæki liggja fyrir þegar sótt er um virkjunarleyfi.

Orkustofnun getur sett virkjunarleyfi skilyrði sem kveðið skal á um í reglugerð.[10]

Af öllu framansögðu leiðir að framleiðsla raforku með brennslu úrgangs er almennt háð virkjanaleyfi Orkustofnunar og þá öðrum þeim skilyrðum sem ákvæði raforkulaga setja.

Á grundvelli 30. gr. orkulaga nr. 58/1968 er ráðherra heimilt að veita sveitarfélögum og samtökum þeirra einkaleyfi til starfrækslu hitaveitu og dreifingu eða sölu heits vatns eða gufu til almenningsþarfa á tilteknu veitusvæði.[11]

Rétt er að þetta sé haft í huga ef fyrirhugað er að nýta orku brennslustöðvar til upphitunar vatns ef ætlunin er að hita vatn til sölu hvort og þá hvernig einkaleyfi hitaveitu kann að hafa áhrif á slíkt fyrirkomulag.

## 5. SAMKEPPNISRÉTTARLEG ÁLITAEFNI OG REGLUR UM RÍKISAÐSTOÐ;

*Samkeppnisréttarleg álitaefni vegna brennslustöðvar*

Að því leyti sem ákvæði laga mæla ekki fyrir um annað fellur meðhöndlun úrgangs undir samkeppnislög nr. 44/2005 og að sama skapi undir samkeppnisreglur IV. hluta EES- samningsins

[10] Um þessi skilyrði og framkvæmd raforkulaga að öðru leyti er kveðið á í reglugerð nr. 1040/2005 um framkvæmd raforkulaga, með síðari breytingum, sjá hér: https://www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/1040-2005

[11] Sjá í þessu samhengi yfirlit Orkustofnunar um slík einkaleyfi sem eru í gildi: https://orkustofnun.is/jardhiti/jardhitanotkun/hitaveitur-a-islandi/hitaveitur-med-einkaleyfi/

sbr. lög nr. 2/1993. Meðal þessara reglna er bann við samkeppnishömlum þ.m.t. misnotkun markaðsráðandi stöðu á markaði og bann við samráði, eða samstillum aðgerðum, til þess að hafa áhrif á viðkomandi markaði.

Á álitamál um meðhöndlun úrgangs og gildissvið samkeppnislaga hefur reynt hér á landi. Þannig komst Samkeppniseftirlitið að þeirri niðurstöðu í *Áliti nr. 1/2014, Samkeppnishömlur við meðhöndlun úrgangs*, þar sem reyndi m.a. á innleiðingu sveitarfélag á sérsöfnun fyrir pappír og pappa, að í ljósi ákvæða MÚL (m.a. ábyrgð sveitarfélaga á flutningi heimilisúrgangs) að eftirlitið teldi sér ekki fært að beita íhlutun gagnvart sveitarfélöum samkvæmt ákvæðum samkeppnislaga.

Samkeppniseftirlitið taldi hins vegar í álitinu að ýmis ákvæði MÚL og hlutverk sveitarfélaga í því sambandi gengi gegn ákvæðum samkeppnislaga og torveldaði samkeppni í viðskiptum með því að viðhalda fyrrgreindu fyrirkomulagi án tillits til samkeppnissjónarmiða.[12] Þá komst Samkeppniseftirlitið að þeirri niðurstöðu í *ákvörðun nr. 24/2012* að SORPA bs. hefði brotið gegn 11. gr. samkeppnislaga sína með mismunandi afsláttum sem fólst í því að veita eigendum samlagsins sérstakan afslátt og þannig misnotað markaðsráðandi stöðu sína.[13]

Af framangreindu leiðir að þegar lögbundnum skyldum sveitarfélaga varðandi ákvörðun og tilhögun á meðhöndlun úrgangs, eða þjónustu sem sveitarfélagið sinnir sjálft, skv. 8. gr. MÚL sleppir, fellur starfsemi sveitarfélaga (eða stofnana þeirra eða fyrirtækja) almennt undir gildissvið samkeppnislaga. Í því sambandi er hins vegar nauðsynlegt að hafa í huga að löggjafinn getur, að minnsta kosti upp að vissu marki, undanþegið meðhöndlun úrgangs gildissviði samkeppnislaga með sérstökum lögum ef hann metur það nauðsynlegt.

Á vettvangi EES-réttar lýtur meðhöndlun úrgangs á EES- svæðinu þeim sameiginlegu samkeppnisreglum sem kunna að gilda á sviði Evrópuréttar en sem kunna að vera mismunandi útfærðar að landsrétti. Þegar um er að ræða meðhöndlun úrgang gilda jafnframt meginreglur EES-réttar um meðhöndlun úrgangs. Á sviði Evrópuréttar hefur jafnframt reynt á samspil þessara

[12] Sjá álitið hér: https://www.samkeppni.is/urlausnir/alit/nr/2422 - Í álitinu beindi Samkeppniseftirlitið tilmælum til umhverfis- og auðlindaráðherra, fjármálaráðherra og sveitarfélaga á grundvelli heimildar í samkeppnislögum, m.a. að beita sér fyrir endurskoðun á ákvæðum MÚL að sveitarstjórnir skyldu taka tillit til hagkvæmnis- og samkeppnissjónarmiða við val á tilhögun meðhöndlunar úrgangs.
[13] Niðurstaða Samkeppniseftirlitsins var síðar staðfest af Hæstarétti Íslands, sjá: *Hrd. 273/2015.*

tveggja regluverka og þá hvort að opinberir aðilar hafi gerst brotlegir gegn meginreglum samkeppnisréttar.

Samkeppniseftirlit Norðurlanda gáfu á árinu 2016 út ítarlega úttekt á lagaumhverfi á Norðurlöndum um meðhöndlun úrgangsmála. Í skýrslunni kemur m.a. fram að sveitarfélög séu í ráðandi hlutverki þegar kemur að meðhöndlun úrgangs en ólík hlutverk þeirra og eigin starfsemi á þessu sviði geti valdið árekstrum eða ágreiningi við einkaaðila sem gæti leitt til ónauðsynlegra og óheppilegra samkeppnishindrana, að mati skýrsluhöfunda.[14] Að mati skýrsluhöfunda væri m.a. til bóta að aukin yrði notkun á markaðslausnum við meðhöndlun úrgangs t.a.m. með opinberum innkaupum, skýra þyrfti hlutverk og markmið opinberra aðila og að tryggja þyrfti samkeppnislegt jafnræði opinberra- og einkaaðila.

Þar sem leiða má líkum að því hér á landi vegna smæðar markaðar og magns úrgangs hér á landi myndi rekstur brennslustöðvar úrgangs væri slík stöð að minnsta kosti í markaðráðandi[15] stöðu samkvæmt 4. gr. samkeppnislaga og líklegast í einokunarstöðu[16] samkvæmt ákvæðum sömu laga. Að sama skapi skiptir hér líka máli hver aðkoma opinberra aðila (þ.m.t. þeirra byggðasamlaga og fyrirtækja sveitarfélaga sem þegar sinna meðhöndlun úrgangs og förgun hans) yrði að slíkum rekstri.

Í því samhengi skiptir hins vegar hvernig landfræðilegur markaður yrði skilgreindur þ.e. hvort markaðurinn væri skilgreindur sem Ísland eða hvort hann væri skilgreindur víðtækar meðal annars með hliðsjón af aðstæðum þ.m.t. kostnaði og möguleika til þess að flytja úrgang erlendis til brennslu.

Ef brennslustöð úrgangs hér á landi væri talin í markaðsráðandi stöðu leiðir af ákvæðum samkeppnislaga að starfseminni væru settar auknar skorður á grundvelli samkeppnislaga. Í rekstri stöðvarinnar þyrfti því að gæta sérstaklega að öllum þeim takmörkunum sem markaðsráðandi staða hefur í för með sér. Að sama skapi ef fleiri aðilar á markaðnum væru með sameiginlegt eignarhald

[14] Sjá: *Competition in the waste management sector - preparing for a circular economy - https://www.samkeppni.is/media/skyrslur-2016/Nordic-Report-2016-Waste-Management-Sector.pdf íslensk samantekt hér: https://www.samkeppni.is/media/skyrslur-2016/Erum-vid-ad-soa-urgangi--Nanar-um-skyrsluna.pdf*

[15] Markaðsráðandi staða er skilgreind svo í 4. gr. samkeppnislaga: „*…þegar fyrirtæki hefur þann efnahagslega styrkleika að geta hindrað virka samkeppni á þeim markaði sem máli skiptir og það getur að verulegu leyti starfað án þess að taka tillit til keppinauta, viðskiptavina og neytenda*."

[16] Samkeppniseftirlitið komst að þeirri niðurstöðu í fyrrnefndri *Ákvörðun í máli nr. 24/2012* að SORPA bs. hefði verið í einokunarstöðu við förgun úrgangs á höfuðborgarsvæðinu.

að slíkri stöð þyrfti jafnframt að gæta að reglum samkeppnisréttar um bann við ólögmætu samráði eða samstilltum aðgerðum þ.m.t.:

- Banni við misnotkun á markaðsráðandi stöðu samkvæmt 11. gr. samkeppnislaga svo sem með mismunandi eða ósanngjörnum viðskiptaskilmálum, mismunum aðila með skilmálum, takmörkunum fyrir viðskipti, eða skilyrði sett fyrir viðskiptum sem tengjast ekki efni samninga eða samkvæmt viðskiptavenju.
- Banni við samráði eða samstilltum aðgerðum milli brennslustöðvar og annarra aðila á markaði (hvort sem um lóðrétt eða lárétt samráð væri að ræða) sbr. 10. gr, samkeppnislaga.

Þá kann eignarhald aðila sem þegar eru á markaði fyrir meðhöndlun úrgangs að rekstri brennslustöðvar að valda því að stofnun fyrirtækis um brennslustöð fyrir úrgang væri tilkynningarskyld til Samkeppniseftirlitsins á grundvelli samrunareglna 17. gr. a.- g. samkeppnislaga.

Samkeppniseftirlitið hefur heimild til þess á grundvelli 17. gr. c. að ógilda slíkan samruna eða setja honum skilyrði ef það telur að markaðsráðandi staða aðila á markaði styrkist eða verði til þess að samkeppni á markaði raskist að öðru leyti með umtalsverðum hætti. Við það mat ber Samkeppniseftirlitinu m.a. taka tillit til tækni- og efnahagsframfara að því tilskildu að þær séu neytendum til hagsbóta og hindri ekki samkeppni.

Þá ber Samkeppniseftirlitinu samkæmt fyrrnefndu ákvæði við mat á lögmæti samruna að taka tillit til þess að hvaða leyti alþjóðleg samkeppni hefur áhrif á samkeppni og hvort að markaður sé opinn eða lokaður eða aðgangur að honum sé hindraður.[17]

*Álitaefni vegna reglna um ríkisaðstoð*

Samkvæmt 61. gr. samningsins um hið Evrópska Efnahagssvæði, sbr. lög nr. 2/1993, er hvers konar aðstoð sem aðildarríki að samningnum veitir eða veitt er af ríkisfjármunum og raskar eða er til þess fallin að raska samkeppni með því að ívilna ákveðnum fyrirtækjum eða framleiðslu

[17] Hér má nefna að Samkeppniseftirlitið hefur þegar komist að þeirri niðurstöðu líkt og rakið hefur verið að framan að samkeppnishindranir séu þegar á markaði fyrir meðhöndlun úrgangs og beint tilmælum til ráðherra um að endurskoða ákvæði MÚL með hliðsjón af því.

ákveðinna vara, ósamrýmanleg samnningnum að því leyti sem hún hefur áhrif á viðskipti milli samningsaðila.

Frá framangreindri meginreglu er að finna undantekningar í 3. mgr. 61. gr. að veita megi aðstoð sem samrýmist framkvæmd samningsins sem rakið er nánar í stafliðum a.-d.

Sem dæmi um form ríkisaðstoðar má nefna beinan fjárstyrk, hagstæð lán, ríkisábyrgðir, skattaívilnanir, eftirgjöf skulda, lækkun arðsemiskröfu, niðurfellingu gjalda og sölu eigna á undirverði. Um er að ræða ríkisaðstoð ef ráðstöfunin er umfram það sem eðlilegt telst samkvæmt markaðsforsendum. Ríkisaðstoð er að meginreglu til óheimil en undanþágur tengjast t.a.m. byggðaaðstoð, aðstoð til rannsóknar- og þróunarverkefna, til menningar, til endurskipulagningar fyrirtækja, til uppbyggingar á mikilvægum innviðum og til umhverfismála. Undantekningar geta átt við ef jákvæð áhrif ríkisaðstoðar á samfélagið vega þyngra en sú röskun á semkeppni sem af henni hlýst.[18]

Að því sama leiðir að hvers konar opinber aðstoð við uppbyggingu eða rekstur brennslustöðvar fyrir úrgang þarf að uppfylla þau skilyrði sem sett eru fyrir slíkri ríkisaðstoð.

Á grundvelli ákvæða EES- samningsins hefur Eftirlitsstofnun EFTA (ESA) gefið út leiðbeinandi reglur á sviði ríkisaðstoðar þ.m.t. vegna ríkisaðstoðar á sviði umhverfisverndar og orkumála. Leiðbeiningarnar eru uppfærðar reglulega.[19]

Í reglunum er fjallað sérstaklega um ríkisaðstoð vegna meðhöndlunar úrgangs og orkuvinnslu úr endurnýjanlegum lindum þ.m.t. úrgangi. Í kafla 3.3. er fjallað um aðstoð við orkuvinnslu úr endurnýjanlegum lindum.

Samkvæmt 113. gr. leiðbeininganna er meðal grundvallaratriða í EES- löggjöf forgangsröðun við meðhöndlun úrgangs (sem kveðið er m.a. á um í 7. gr. MÚL). Ríkisaðstoð til vinnslu orku úr endurnýjanlegum efnum með úrgangi getur stuðlað að jákvæðum áhrifum á umhverfisvernd að því gefnu að slík vinnsla fari ekki gegn fyrrnefndri meginreglu um forgangsröðum við meðhöndlun

[18] Sjá nánar almennt um ríkisaðstoð á vef Stjórnarráðs Íslands: https://www.stjornarradid.is/verkefni/atvinnuvegir/rikisadstod/
[19] Sjá gildandi leiðbeiningar (á ensku) hér: https://www.eftasurv.int/cms/sites/default/files/documents/Consolidated-version_EEAG.pdf

úrgangs. Í 114. gr. er tekið fram að aðstoð vegna vinnslu orku úr endurnýjanlegum lindum geti verið veitt sem fjárfesting eða rekstraraðstoð. Um veitingu slíkrar aðstoðar gilda almenn ákvæði kafla 3.2. í leiðbeiningunum.[20]

## 6. ÁLITAMÁL VEGNA FLUTNINGSKOSTNAÐAR

Staðsetning brennslustöðvar hefur eðli málsins samkvæmt áhrif á flutningskostnað úrgangs sem fluttur er um lengri leiðir. Meðal þeirra álitaefna sem óskað hefur verið eftir því að við rýnum eru heimildir og skilyrði að lögum til þess að jafna niður flutningskostnaði eða að hann væri niðurgreiddur að einhverju leyti.

Ljóst er að lögfræðileg könnun á slíku kerfi byggist á útfærslu þess og þá jafnframt er um margslungið álitamál þar sem reynir m.a. á samspil meginreglna um meðhöndlun úrgangs, samkeppnisréttar, reglna um ríkisaðstoð og reglna EES – réttar að öðru leyti. Könnun okkar hvort að á sambærilegt álitaefni hafi reynt annars staðar í Evrópu eða hvort sett hafi verið upp samsvarandi kerfi hefur ekki leitt í ljós álíka álitamál eða kerfi.

Forsendur eða útfærsla slíks kerfis liggur ekki fyrir. Í þessu sambandi vakna einkum þrjár spurningar um forsendur sem skipta máli fyrir endanlega útfærslu:

- Mun rekstraraðili brennslu annast allan flutning og innheimta gjald?
- Mun viðskiptavinur annast flutning til brennslustöðvar eða fela einkaaðilum að gera það fyrir sína hönd?
- Mun þriðji aðili annast flutning til brennslustöðvar sameiginlega fyrir alla?

[20] Í viðauka I er fjallað um fjárhæð stuðnings m.v. stærð fyrirtækis. Meðal þeirra almennu skilyrða sem kveðið er á um í kafla 3.2. er í fyrsta lagi að aðstoð stuðli að markmiði er snýr að sameiginlegu hagsmunamáli en almennt markmið aðstoðar á sviði umhverfismála er að auka slíka vernd umfram það sem unnt væri ef engin aðstoð kæmi til. Í öðru lagi þarf að sýna fram á þörf fyrir íhlutun hins opinbera þ.e. að það auki hagkvæmni markaða eða bæti úr markaðsbresti og stuðlað þannig að settu sameiginlegu markmiði þegar slíkt næst ekki fyrir atbeina markaðsaflanna sjálfra. Í þriðja lagi þarf að sýna fram á að aðstoð sé heppilegt úrræði og sýna fram á að ekki sé unnt að ná markmiðinu með öðrum og minna viðurhlutamiklum úrræðum t.d. með opinnberum reglum eða markaðstengdum úrræðum. Í fjórða lagi lagi að aðstoðin hafi í för með sér hvatningaráhrif þ.e. að aðstoðin leiði til breyttrar háttsemi þannig að stuðlað sé að aukinni umhverfisvernd eða uppbyggingu traustrar starfsemi á tryggum og sjálfbærum markaði. Aðstoðin má ekki vera til þess fallin að niðurgreiða kostnað sem til fellur vegna starfsemi sem fyrirtæki hefði stundað óháð aðstoðinni eða losa fyrirtæki undan eðlilegri viðskiptaáhættu vegna atvinnurekstrar. Litið er svo á að aðstoð hafi aldrei í för með sér hvatningaráhrif ef vinna við verkefni var hafin áður en sótt var um aðstoð hjá aðildarríki. Í kafla 3.5 í leiðbeiningunum er fjallað að öðru leyti um ríkisaðstoð vegna bættrar auðlindanýtingar og einkum með betri meðhöndlun úrgangs.

Af greiðslureglunni, sbr. 1. mgr. 23. gr. MÚL, leiðir að að handhafi úrgangs (eða framleiðandi) ber að greiða allan kostnað sem leiðir af meðhöndlun úrgangsins þ.m.t. flutningskostnað.

Greiðslureglan er hins vegar flókin í framkvæmd t.a.m. innan sveitarfélaga þar sem almennt er ekki innheimt gjald pr. kílómeter fyrir fluttan heimilsúrgang til móttökustöðvar heldur er innheimt jafnaðargjald.

Hins vegar eru áhöld um það hvort unnt væri að jafna slíkum flutningskostnaði milli sveitarfélaga eða að niðurgreiða sérstaklega kostnað þeirra sem flytja þurfa úrgang um lengri leið enda slíkt fyrirkomulag í andstöðu við greiðslureglu 23. gr. MÚL.

Almennt hefur hins vegar verið talið að víkja megi frá greiðslureglunni ef það hefur betri umhverfisleg áhrif og stuðlar ekki að aukinni framleiðslu úrgangs. Þær breytingar á ákvæði MÚL sem taka gildi 1. janúar 2023, einkum 7. gr. um það að heimilt sé að nota efnahagsleg stjórntæki til að hvetja til betri forgangsröðunar úrgangs og þá með hliðsjón af því að velja þá kosti sem skila bestri heildarniðurstöðu fyrir umhverfið, eru settar til þess að lögfesta framangreinda heimildir.

Með hliðsjón af því er lykilatriði að flutningsjöfnunarkerfi eða niðurgreiðslur uppfylli framangreind skilyrði og að unnt sé að sýna fram á að það hafi jákvæð heildaráhrif á umhverfið en aðrir kostir. Að sama skapi er ljóst að jafnframt þarf að sýna fram á að slíkt flutningsjöfunarkerfi muni ekki auka magn úrgangs heldur stuðla jafnframt að bættri endurnýtingu eða endurvinnslu úrgangs.[21]

Þá er jafnframt ljóst að á meginreglur samkeppnisréttar, reglna um ríkisaðstoð reynir þegar um slíkt kerfi er um að ræða og þá hvort að það myndi samþýðast meginreglum EES- réttar á þessu sviði. Um flókið lögfræðilegt álitaefni er um að ræða sem kallar á ítarlega skoðun og greiningu þegar útfærsla og forsendur liggja nánar fyrir.

Þá standa allar líkur til þess að nauðsyn væri á sérstakri lagaheimild fyrir slíku kerfi til þess að eyða óvissu um lögmæti þess.

Að því sögðu má telja að í þessu sambandi komi einkum þrjár útfærslur til skoðunar:

[21] Í því sambandi vísast til skýrslu Eflu: *Helstu umhverfisþættir hátæknibrennslustöðvar,* einkum bls. 29-30 um umhverfisáhrif flutninga.

- Gjaldskrá rekstraraðila brennslustöðvar (ef hann annast flutning) fæli í sér jafnaðargjald vegna flutningskostnaðar.
- Kerfi sem fjármagnað væri með sértækri gjaldtöku á landsvísu á allan úrgang þar sem flutningskostnaði væri jafnað reglulega t.d. í gegnum Jöfnunarsjóð sveitarfélaga eða með álíka fyrirkomulagi.
- Beinar niðurgreiðslur af opinberu fé til sveitarfélaga sem bæru aukinn kostnað.

## 7. REKSTRARFYRIRKOMULAG BRENNSLUSTÖÐVAR OG SÉRSTAKAR REGLUR SEM GILDA UM LÖGAÐILA Í OPINBERRI EIGU

*Almennt*

Val á rekstrarformi, eignarhald og rekstrarfyrirkomulag að öðru leyti hefur eðli málsins samkvæmt áhrif á það hvaða reglur gilda um viðkomandi lögaðila. Þegar eignarhald einkarréttarlegs lögaðila er að öllu leyti eða meirihluta i eigu opinberra aðila (ríkis og sveitarfélaga eða stofnana þeirra) kunna jafnframt sérreglur að gilda um reksturinn.

Hér á eftir verður fjallað um möguleg rekstrarform og þá hvaða áhrif opinbert eignarhald kann að hafa í því sambandi.

*Samantekt um reglur sem gilda um opinber fyrirtæki eða fyrirtæki sem eru í eigu hins opinbera*

Ekkert almennt rekstrarform er til staðar fyrir opinberan rekstur sem rekinn er á einkaréttarlegum grundvelli. Form og grundvöllur fyrir stofnun slíkra einkarréttarlega aðila í eigu opinberra aðila er mismunandi eftir tilefninu eða hvaða rekstrarform verður fyrir valinu.[22]

Í því sambandi kann að skipta máli hvort að að nauðsyn sé til þess að opinber eigandi þurfi að bera ábyrgð á öllum skuldbindingum lögaðilans eða að hann eigi að vera rekinn án slíkrar ábyrgðar.[23]

[22] Sjá um þetta: *Almenn eigandastefna ríkisins fyrir öll félög í eigu ríkisins, fjármála- og efnahagsráðuneytið, september 2021: (https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Almenn%20Eigandastefna%20fyrir%20r%c3%adkisf%c3%a9l%c3%b6g.pdf)*

[23] Hér ber að nefna að takmarkanir eru á veitingu ríkis og sveitarfélaga á ábyrgðum. Í 69. gr. sveitarstjórnarlaga takmarkanir á veitingu ábyrgða sveitarfélaga á skuldbindingum einkarréttarlegra lögaðila þ.e. að sveitarfélag getur eiungis veitt einfalda ábyrgð á lánum fyrirtækja sem það á og rekur í samvinnu við önnur sveitarfélög eða opinberra aðila sem skal innbyrðis skiptast í samræmi við eignarhlut og skal slík ábyrgð vera bundin lántöku vegna lögákveðins verkefnis sveitarfélags og að allir eigendur ábyrgist lánið í samræmi við eignarhluta sinn. Slík ábyrgð fellur úr gildi ef lögaðili færist að einhverju leyti í eigu einkaaðila. Um ábyrgðir ríksins í lögum nr. 121/1997 um ríkisábyrgðir en skilyrði fyrir ábyrgð ríkisins samkvæmt 1. gr. laganna er að ríkissjóður má aldrei takast á hendur

Þegar um samvinnu sveitarfélaga er um að ræða um rekstur einstakra verkefna er algengast að slík samvinna fari fram í formi byggðasamlaga skv. 94. gr. sveitarstjórnarlaga nr. 138/2001, en hins vegar getur slík samvinna jafnframt farið fram í formi samvinnu sveitarfélaga á öðrum grundvelli þ.m.t. skv. IX. kafla sveitarstjórnarlaga t.d. með sameiginlegu eignarhaldi á einkarrétarlegum lögaðila. Þá er jafnframt dæmi um það að stofnað sé til einkaréttarlegs lögaðila sem er í eigu sveitarfélaga[24] á grundvelli laga og eða lögaðila sem er í sameiginlegri eigu sveitarfélaga og ríkisins.[25]

Almennt sýnist mega draga þá ályktun í síðari tíð að þegar ríkissjóður hefur ákveðið að stofna til einkarrétarrlegs aðila um tiltekið verkefni að þá sé það gert í formi hlutafélags sem þá þegar af þeirri ástæðu fellur almennt ekki undir stjórnsýslu ríkisins.

Ef opinberir lögaðilar stofna til einkaréttarlegs lögaðila kunna hins vegar að gilda sérstakar reglur um starfsemi lögaðilans á grundvelli eignarahalds eða stjórnunar. Þannig falla slíkir aðilar almennt undir gildissvið upplýsingalaga nr. 140/2012 og þá kunna þeir að vera almennt útboðsskyldir samkvæmt lögum nr. 120/2016 um opinber innkaup. Þá kunna samningar milli viðkomandi lögaðila og eigenda sinna að vera undanþegnir útboðsskyldu ef þeir teljast til svokallaðra innanhússamningar á grundvelli 13. gr. sömu laga að uppfylltum þeim skilyrðum sem þar er kveðið á um.

Samkvæmt 2. mgr. 1. gr. laga upplýsingalaga nr. 140/2012 gilda lögin um lögaðila sem eru meira en 51% í eigu opinberra aðila, en þó er sú undantekning gerð að ef lögaðili hefur sótt um eða fengið opinbera skráningu hlutabréfa samkvæmt lögum um kauphallir, gilda ákvæði laganna ekki um hann. Í 2. mgr. ákvæðisins er kveðið á um það að ef starfsemi slíks aðila er nær að öllu leyti í samkeppni á markaði getur ráðherra, að fenginni tillögu viðkomandi ráðherra eða sveitarstjórnar

ábyrgðarskuldbindingar nema heimild sé veitt til þess í lögum. Þá verða slíkar ábyrgðir jafnframt að vera til samræmis við reglur um ríkisaðstoð.

[24] Sjá hér t.d. lög nr. 136/2013 um Orkuveitu Reykjavíkur. lög nr. 13/2005 um stofnun einkalutafélags um Orkuveitu Húsavíkur og lög nr. 150/2006 um stofnun opinbers hlutafélags um Lánasjóðs sveitarfélaga.
[25] Sjá hér lög nr. 81/2020 um heimild til að stofna opinbert hlutafélag um uppbyggingu samgönguinnviða á höfuðborgarsvæðinu.

og umsögn Samkeppniseftirlitsins, ákveðið að hann falli ekki undir gildissvið laganna eða dregið slíka ákvörðun til baka.[26]

Þegar um einkaréttarlegan lögaðila er um að ræða sem fellur undir ákvæði upplýsingalaga samkvæmt framansögðu er þó sú undantekning gerð að upplýsingaréttur almennings vegna upplýsinga um starfsmannamál er þrengri en ellegar gildir um stjórnvöld sbr. og 3. mgr. 7. gr. laganna. Þá er slíkum lögaðilum almennt heimilt að takmarka upplýsingarétt almennings að upplýsingum um viðskipti sín að því leyti sem þau væru í samkeppni við aðra aðila á markaði og upplýsingaréttur að þessu leyti væri til þess fallinn að skekkja samkeppnisstöðu gagnvart öðrum aðilum á sama markaði.

Að síðustu er kveðið á um það að ef hlutafélag, sem stofnað er samkvæmt lögum nr. 2/1995 um hlutafélög, sem er beint eða óbeint að öllu leyti í eigu opinberra er rétt og skylt að tilgreina í nafni sínu opinbert hlutafélag. Um starfsemi slíkra félaga gilda aðrar kröfur og ríkari upplýsingaskylda en almennt gildir um hlutafélög t.d. er fjölmiðlum heimill aðgangur að aðalfundum slíkra félaga og fundargerðum sbr. 80. og 88. gr. laga um hlutafélög.

*Mismunandi rekstrarform brennslustöðvar úrgangs*

Á þessu stigi liggja ekki fyrir forsendur fyrir eignarhaldi á rekstraraðila brennslustöðvar úrgangs eða þá hvort að um blandað eignarhald opinberra aðila eða ríkisins verður um að ræða.

Við leggjum hér til grundvallar að fjórar útfærslur komi einkum til greina:

- Rekstur í formi opinbers fyrirtækis (t.d. byggðasamlags eða opinbers fyrirtækis sem stofnað er til á grundvelli sérlaga).
- Rekstur í formi einkarréttarlegs lögaðila sem er að öllu leyti í eigu opinberra aðila (ríkis, sveitarfélaga, eða stofnana þeirra).
- Rekstur í formi eignarréttarlegs lögðaðila með blönduðu eignarhaldi (Public Private Partnership).
- Rekstur einkarréttarlegs lögaðila sem er alfarið í einkaeigu.

[26] Samkvæmt ákvæðinu er haldin opinber skrá yfir þá lögaðila sem njóta slíkrar undanþágu sem má sjá hér: https://www.stjornarradid.is/verkefni/log-og-rettur/upplysingalog/undanthagur-fra-gildissvidi-upplysingalaga/

Hér að neðan verður farið stuttlega yfir álitamál sem gilda um hverja útfærslu fyrir sig

***Opinbert fyrirtæki***

- Stofnað með lögum, eða heimild að lögum (t.d. byggðasamlag) og þá tekin afstaða hvort rekstur sé undanþeginn að einhverju leyti almennum reglum eða hvort að eigendur beri ábyrgð á skuldbindingum.
- Samningar við eigendur um brennslu úrgangs væru almennt skilgreindir sem innanhússamningar og því ekki útboðsskyldir (sbr. 13. gr. laga nr. 120/2016 um opinber innkaup):
    - M.a. skilyrði um 80% af verkefnum opinbers fyrirtækis séu honum falin af opinberum aðilum og rekstur hans sé ekki fjármagnaður með beinni fjárfestingu frá einkaaðilum.
- Fellur almennt undir skilgreiningu á opinberum aðila samkvæmt 3. gr. laga um opinber innkaup og myndi því lúta innkaupareglum laganna í rekstri sínum.

***Einkarréttarlegur lögaðili sem er að öllu leyti í eigu opinberra aðila (ríkis, sveitarfélaga, eða stofnana þeirra)***

- Til slíks aðila kann að vera stofnað með sérstökum lögum eða með heimild í fjárlögum (þegar um ríkið er að ræða) eða með samningi.
- Oftast hlutafélög eða einkahlutafélög (takmörkuð ábyrgð).
- Lýtur sömu leikreglum og aðrir einkarréttarlegir lögaðilar nema kveðið sé á um annað með sérstakri lagaheimild en vegna eignarhaldsins gilda:
    - Ákvæði upplýsingalaga nr. 140/2012.
    - Ákvæði um opinber hlutafélög í lögum nr. 2/1995 um hlutafélög – þegar um hf. er að ræða.
- Samningar við eigendur um brennslu úrgangs kynnu að vera skilgreindir sem innanhússamningar og því ekki útboðsskyldir ef skilyrði 13. gr. laga um opinber innkaup eru uppfyllt.
- Kynni að falla undir skilgreiningu á opinberum aðila samkvæmt 3. gr. laga um opinber innkaup og lögaðili myndi því lúta innkaupareglum laganna í starfsemi sinni.

***Rekstur í formi einkarréttarlegs lögaðila í blandaðri eigu (Public Private Parnership)***

- Lýtur sömu leikreglum og aðrir einkarréttarlegir lögaðilar, nema kveðið sé á um annað í sérlögum.
- Ef meirihluti er í eigu opinbers aðila eða stjórn lögaðila er að meirihluta kosin af opinberum aðilum gilda:
    - Ákvæði upplýsingalaga nr. 140/2012
    - Ákvæði um opinber hlutafélög skv. lögum nr. 2/1995 um hlutafélög
    - Kynni að falla undir skilgreiningu á opinberum aðila samkvæmt 3. gr. laga um opinber innkaup og myndi því lúta innkaupareglum í starfsemi sinna.
- Samningar við opinbera eigendur um brennslu úrgangs væru að öllum líkindum ekki skilgreindir sem innanhússamningar og því útboðsskyldir þar sem starfsemin væri fjármögnuð með beinni fjárfestingu frá einkaaðilum, sbr. 13. gr. laga um opinber innkaup.
    - Sérstakt eða sameiginlegt útboðsferli samkvæmt lögum um opinber innkaup.
    - Sérleyfissamningur skv. 12. gr. laga um opinber innkaup.

***Rekstur í formi lögaðila í einkaeigu***

- Lýtur öllum sömu leikreglum og aðrir einkarréttarlegir lögaðilar.
- Samningar um brennslu úrgangs sem opinberir aðilar gera við lögaðilann myndu lúta innkaupareglum samkvæmt lögum um opinber innkaup.
    - Sérstakt eða sameiginlegt útboðsferli samkvæmt lögum um opinber innkaup
    - Sérleyfissamningur samkvæmt 12. gr. laga um opinber innkaup.

## 8. LOKAORÐ

Af framangreindri umfjöllun leiðir að fjölmörg lögfræðileg álitamál eru til staðar sem varða rekstrarskilyrði brennslustöðvar úrgangs á Íslandi.

Áskoranir felast í landfræðilegum aðstæðum m.a. varðandi langar flutningsleiðir sem og hvort og þá hvernig megi tryggja nægilegt hráefni til rekstursins í ljósi smæðar landsins. Þá er jafnframt ljóst að ýmis samkeppnisréttarleg álitamál eru til staðar meðal annars vegna hlutverks sveitarfélaga við meðhöndlun úrgangs.

Við úrlausn þessara álitamála reynir á samspil landsréttar og EES-réttar og þá meginreglur sem gilda annars vegar á sviði úrgangsstjórnunar og hins vegar samkeppnisréttar sem kunna að rekast á eða jafnvel að þjóna ósamrýmanlegum markmiðum. Vegna þessa kann að vera ástæða til þess að breyta löggjöf þar á meðal að setja sértækar lagaheimildir að landsrétti til þess að eyða réttaróvissu um stofnun og rekstur brennslustöðvar úrgangs líkt og við höfum vakið athygli á í umfjöllun okkar.

Úr slíkum álitaefnum, eða þá hvort að slíkar lagaheimildir séu til samræmis við stjórnarskrá og eða meginreglur EES-réttar, verður hins vegar ekki leyst að fullu fyrr en frekari upplýsingar um mögulega útfærslu, rekstrarform, eignarhald og fjármögnun liggur fyrir.

Við leggjum því sérstaka áherslu á að verði áframhald á verkefninu að þá kallar það á sérstaka lögfræðilega greiningu þeirra álitaefna sem rakin eru hér að framan.

# VIÐAUKI

# Minnisblað

# um áhættugreiningu vegna byggingar

# hátæknibrennslustöðvar fyrir úrgang á Íslandi

**Svana Helen Björnsdóttir**

**20. nóvember 2021**

# Efnisyfirlit

Samantekt á íslensku ..... 5
Samantekt á ensku ..... 6
1. Inngangur ..... 8
2. Rýni á vísindagreinar um hátæknibrennslustöðvar ..... 10
3. Ýmis atriði er varða áhættu og fram hafa komið í minnisblöðum sérfræðinga í forverkefni ... 15
4. Rýni ýmissa gagna ..... 18
4.1. Ýmis atriði er varða áhættu og fram hafa komið á fundum stýrihópsins ..... 18
4.2. Nýlegar skýrslur um úrgangsmál og brennslustöðvar ..... 20
5. Áhættugreining með aðferð STAMP/STPA ..... 22
6. Niðurstöður vinnustofu í áhættugreiningu sem fram fór 15. nóv. 2021 ..... 26
7. Umræður ..... 28
Heimildaskrá ..... 30

# Samantekt á íslensku

Þau gögn um þróun úrgangsmála á Íslandi sem liggja til grundvallar þessari áhættugreiningu sýna möguleika á tvenns konar framtíðarlausn. Annars vegar flutning á brennanlegum úrgangi til brennslu í nálægu landi og hins vegar að reist verði hátæknisbrennslustöð fyrir úrgang á Íslandi.

Mikil áhætta fylgir því að treysta alfarið á brennslu úrgangs í öðrum löndum. Til lengri tíma litið er ekki öruggt að reiða sig á aðgengi að brennsluofnum erlendis. Nokkur ríki Evrópu hafa lagt háa skatta á innfluttan brennsluúrgang og fleiri lönd áforma hið sama vegna þeirra umhverfis- og sjálfbærni-markmiða sem sett hafa verið hjá ESB og EFTA. Áhætta felst í því að lokist fyrir brennslu erlendis myndi úrgangur safnast upp hér á landi og gæti það valdið margs konar ófyrirséðum vandamálum, s.s. mengunar- og heilbrigðisvandamálum.

Bygging hátæknibrennslustöðvar fyrir úrgang hér á landi myndi gera Ísland að mestu sjálfbært í eigin úrgangsmálum. Það yrði framtíðarlausn og gefur tækifæri til að bæta aðgengi landsmanna að meðhöndlunarúrræðum úrgangs og endurvinnslu úrgangsefna. Slík brennslustöð gæti stutt við hringrásarhagkerfi landsins.

Grunnur að áhættugreiningu fyrir byggingu hátæknibrennslustöðvar í þessu minnisblaði er lagður með rýni vísindagreina um sambærileg verkefni og hér um ræðir. Í vísindagreinunum kemur fram að aðferðir við áhættugreiningu eru mismunandi og taka mið af aðstæðum. Niðurstöður eru þó skýrar og í samræmi við niðurstöður sem fengust með aðferðum höfundar þessa minnisblaðs.

Þrenns konar aðferðum var beitt við áhættugreiningu og ætla má að þær gefi góða mynd af helstu áhættuþáttum. Meginniðurstöður eru þessar:

(1) Áhætta er tengd fjármögnun verkefnisins.
(2) Margs konar áhætta er tengd staðarvali, t.d. neikvætt almenningsálit og samgöngur. Ef tekst að byggja upp jákvæða ímynd getur það stutt við hringrásarhagkerfið, bætt umhverfisvitund almennings og eflt vilja fólks til að taka virkan þátt í hvers konar sjálfbærniverkefnum.
(3) Áhætta er vegna umhverfismengunar, sem í versta falli gæti leitt til rekstrarstöðvunar.
(4) Áhætta er vegna öryggis og heilsu fólks.
(5) Áhætta er fólgin í þarfagreiningu og þar með hönnun brennslustöðvarinnar. Óvissa ríkir t.d. um magn og brennslugildi úrgangs.
(6) Áhætta er varðandi magn þess efnis sem berst til stöðvarinnar, t.d. að sveitarfélög ákveði að senda úrgang úr landi í stað þess að senda hann til stöðvarinnar.
(7) Áhætta er vegna tækniþróunar og breytinga á löggjöf og regluverki umhverfismála.
(8) Áhætta er vegna „lélegra“ samninga og óskýrrar skiptingar/úthlutunar áhættu, t.d. í PPP-samstarfi.
(9) Slæleg verkefnastjórnun skapar margs konar áhættu, t.d. slysahættu, tafir á verkefni og aukinn kostnað.
(10) Áhætta er fólgin í ófyrirséðum töfum verkefnisins sem seinkað geta gangsetningu stöðvarinnar.
(11) Áhætta er fólgin í ófyrirséðri rekstrarstöðvun.
(12) Áhætta er fólgin í rekstrartapi, s.s. vegna óvissa um sölu á orku og afurðum.
(13) Áhætta er tengd því að ekki verði unnið heildstætt áhættumat sem nær til undirbúnings, hönnunar, framkvæmdar og í reksturs hátæknibrennslustöðvar til að undirbyggja ákvarðanir.

## Samantekt á ensku

The data on the development of waste issues in Iceland that form the basis of this risk analysis show the possibility of two types of future solution. On the one hand, the transport of combustible waste for incineration in a neighbouring country. On the other hand, a high-tech waste incineration plant built in Iceland.

There is a great deal of risk involved in relying entirely on waste incineration in other countries. In the long run, it is not safe to rely on access to incinerators abroad. Some European countries have imposed high taxes on imported incineration waste and other countries are planning the same because of the environmental and sustainability goals set by the EU and EFTA. There is a risk that incineration abroad will not be possible and then waste would accumulate in Iceland. This could cause a number of unforeseen problems, e.g., pollution and health problems.

The construction of a high-tech incineration plant for waste in this country would make Iceland largely sustainable in its own waste management. It would be a future solution and provides an opportunity to improve Icelanders' access to waste treatment and waste recycling. Such an incineration plant could support the country's circular economy.

The basis for risk analysis in this report is laid by reviewing scientific articles on projects comparable to the one discussed in this report. The scientific articles reveal that different risk analysis techniques are used, and note is taken of situation. However, the results are clear and in accordance with the results obtained using the methods the author of this report has applied.

Three types of risk analysis techniques were used, and it can be assumed that they give a good picture of the main risk factors at this point. The main results are as follows:

(1) Risk is associated with the financing of the project.
(2) A variety of risk factors are associated with site selection, e.g., negative public opinion and transport. If it succeeds in building a positive image, it can support the circular economy, improve the public's environmental awareness, and strengthen the will of the people to take an active part in any kind of sustainability project.
(3) There is a risk of environmental pollution, which in the worst case could lead to a shutdown.
(4) There is risk to human health and safety.
(5) Risk is involved in the requirements analysis and thus the design of the incineration plant. Uncertainty prevails, e.g., on quantity and calorific value of waste.
(6) There is a risk regarding the amount of material received by the plant, e.g., that municipalities decide to send waste out of the country instead of sending it to the plant.
(7) There is a risk due to technological developments and changes in environmental legislation and regulations.
(8) Risk is due to "poor" contracts and unclear allocation of risk, e.g., in PPP collaboration.
(9) Poor project management creates a variety of risk factors, e.g., risk of accidents, project delays and increased costs.
(10) There is a risk of unforeseen delays in the project which may delay the start-up of the plant.
(11) There is a risk of unforeseen downtime.
(12) Risk involves operating loss, e.g., due to uncertainty about sales of energy and products.
(13) Risk is associated with not carrying out a comprehensive risk assessment which includes the preparation, design, construction, and operation of a waste incineration plant to support decisions.

# 1. Inngangur

Sorpsamlögin SORPA bs., Kalka sorpeyðingarstöð sf., Sorpurðun Vesturlands hf. og Sorpstöð Suðurlands bs., svo og umhverfis- og auðlindaráðuneytið, hafa gert með sér samning um forverkefni til undirbúnings framtíðarlausnar til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi í stað urðunar. Samband íslenskra sveitarfélaga tengist einnig verkefninu. Stýrihópur forverkefnisins er skipaður þeim Jóni Viggó Gunnarssyni, Jóni Valgeirssyni, Steinþóri Þórðarsyni og Eygerði Margrétardóttur. Verkefnisstjóri er Helgi Þór Ingason. Ætlunin að draga saman upplýsingar um helstu forsendur sem máli skipta fyrir þá umfangsmiklu framkvæmd að reisa hátæknibrennslustöð fyrir úrgang á Íslandi, væntanlega á SV-horni landsins. Einn þáttur þessa forverkefnis er frumáhættugreining verkefnisins og samantekt um niðurstöður slíkrar greiningar. Niðurstöðunum skyldi skilað í formi minnisblaðs síðari hluta nóvember 2021. Þetta minnisblað fjallar um áhættugreiningarþátt verkefnisins. Skv. erindisbréfi skal í áhættu-greiningunni ávarpa eftirfarandi verkþætti:

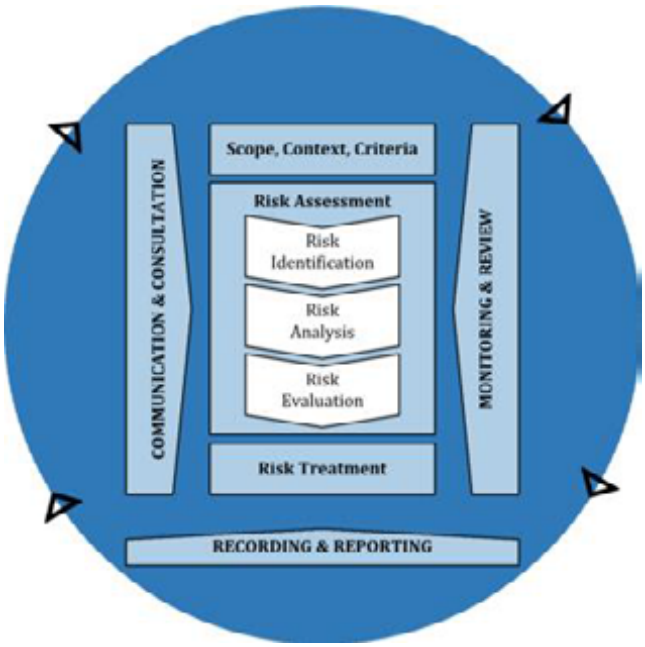
- Draga fram upplýsingar um helstu áhættuþætti í áþekkum verkefnum á heimsvísu.
- Standa fyrir vandaðri áhættugreiningu með þátttöku sérfræðingahópsins og valinna sérfræðinga utan hans.
- Áhættugreining geti einnig farið fram með þátttöku um 30 manna hóps áhugafólks hagsmunaaðila og sérfræðinga um hátækni sorpbrennslu sem kom saman á vinnufundi og hefur vilja til að taka frekari þátt í þróun þessa verkefnis.
- Benda á hvað þarf að gera til að draga úr áhættu í verkefninu.
- Greiningin nái yfir bæði sjálft verkefnið og rekstur hátækni sorpbrennslu.
- Vonir standa til að það verklag við áhættugreiningu sem hér verður þróað geti nýst í framhaldi verkefnisins á komandi árum og jafnvel orðið fyrirmynd í áþekkum innviðaverkefnum á Íslandi á komandi tímum.

Til að unnt sé að framkvæma heildstæða áhættugreiningu og áhættumat þurfa ýmsar forsendur að liggja fyrir sem ekki liggja enn fyrir í þessu forverkefni. Sú áhættugreining sem fjallað er um í þessu minnisblaði er því í raun foráhættugreining, þótt hún sé nefnd áhættugreining. Grunnur að greiningu áhættu er lagður með rýni vísindagreina um sambærileg verkefni á heimsvísu. Í vísindagreinunum kemur ekki fram að alþjóðlegum stöðlum sé beitt og áhættugreiningaraðferðir eru mismunandi og taka mið af aðstæðum. Um vísindagreinarnar er fjallað í 2. kafla.

Þrenns konar aðferðum var beitt við áhættugreiningu: (1) hefðbundinni áhættugreiningu verkefnastjórnunar, (2) VUCA-aðferð, sem nær vel til hagrænna og félagslegra þátta, (3) STAMP/STPA-aðferð þar sem lögð er áhersla á orsakasamhengi áhættu, tímaþáttar og samspil manns og tækni. Ætla má að þessar þrjár aðferðir gefi góða mynd af helstu áhættuþáttum.

Hér er byggt á leiðbeiningarstaðli ISO 31000:2018, en hann gefur mjög takmarkaðar leiðbeiningar um aðferðir við áhættugreiningu og eftirlætur notendum að velja þær aðferðir sem þykja hæfa best áhættugreiningu.

Samkvæmt ISO 31000:2018 [1], leiðbeiningarstaðli um gerð áhættumats, samanstendur áhættumat af þremur þáttum: (1) kennsl borin á áhættu (e. risk identification), (2) áhættugreiningu (e. risk analysis), (3) mat á áhrifum áhættu (e. risk evaluation). Mynd 1 sýnir ferli áhættustjórnunar skv. ISO 31000, þar með talið ferli áhættumats.




***Mynd 1.*** *Ferli áhættustjórnunar og áhættumats skv. ISO 31000:2018 [1].*

Minnisblöð annarra sérfræðinga í verkefninu voru rýnd með tilliti til þess sem þar kemur fram um áhættuþætti. Um þetta er fjallað í 3. kafla.

Fundargerðir stýrihóps ásamt ýmsum öðrum fyrirliggjandi gögnum voru rýnd með tilliti til áhættuþátta. Fjallað er um þetta í 4. kafla.

Í 5. og 6. kafla er fjallað um áhættugreiningu sem gerð var með þrenns konar aðferðum.

Í kafla 5 eru tekin fyrstu skref í áhættugreining skv. aðferð STAMP/STPA. Þeirri aðferð er beitt til að greina orsakasamhengi áhættu, sér í lagi ef um flókin kerfi er að ræða og ef samskipti fólks og tækni/tækja eru mikil og tímaþáttur skiptir máli. Aðilar bæði úr stýrihópi og sérfræðingahópi gáfu upplýsingar í formi svara við tilteknum spurningum sem sendar voru til viðtakenda í tölvupósti.

Í kafla 6 er gerð grein fyrir áhættugreiningu sem fram fór í tveimur vinnustofum í Háskólanum í Reykjavík. Þátttakendur voru áhugasamir aðilar sem láta sig verkefnið varða. Tveimur ólíkum aðferðum var beitt, annars vegar hefðbundinni verkefnastjórnunaraðferð og hins vegar svokallaðri VUCA-aðferð. Úrvinnsla VUCA-greiningarinnar er hluti af meistaraverkefni nemanda í Háskólanum í Reykjavík.

Í kafla 7 eru hugleiðingar um áhætta vegna hagrænna áhrifa sem eru utan þeirrar áhættugreiningar sem minnisblaðið fjallar um. Þó þykir rétt að setja niðurstöður þeirrar áhættugreiningar sem minnisblaðið fjallar um í samhengi við íslenskt atvinnu- og efnahagslíf og tengja aðeins við það sem gerist nú í hagkerfum heims, við árslok 2021.

Niðurstöður þessarar foráhættugreiningar má nýta við mat á fýsileika verkefnisins og ákvörðunartöku varðandi uppbyggingu brennslunnar, ef og þegar slík ákvörðun verður tekin.

# 2. Rýni á vísindagreinar um hátæknibrennslustöðvar

Við leit að birtum vísindagreinum um skyld verkefni á Google Scholar fundust 12 nýlegar greinar sem nánar er gerð grein fyrir í þessum kafla. Greinarnar fjalla allar um hátæknibrennslustöðvar fyrir úrgang og mikilvægi áhættugreiningar í slíkum verkefnum.

Luo et al. [2] fjalla um mikilvægi áhættumats í hátæknibrennsluverkefnum (e. Waste-to-Energy, WtE) í Kína. Um er að ræða hátæknibrennslustöð sem er samstarfverkefni opinberra aðila og einkaaðila. Brennsla úrgangs byggir á blendingsþyngdaraðferðum (e. hybrid weight) og vegnum „fuzzy rough sets“. Áhættumatið er álitið sérstaklega mikilvægt vegna kröfu um sjálfbærni og greinin er rituð í þeim tilgangi að stuðla að sjálfbærri þróun í tenglum við hátæknibrennslustöðvar. Þótt PPP WtE-brennslustöðvarverkefnið einkennist af mörgum kostum felur það í sér margvíslega áhættu, eins og efnahagslega áhættu, lagalega og pólitíska áhættu, umhverfis- og félagslega áhættu og tæknilega áhættu (Adel og Fatemeh, 2017). Þessir áhættuþættir skapast venjulega vegna margra flókinna þátta, svo sem mikilla fjárfestinga, langs endurgreiðslutíma, stjórnvaldsákvörðunar, ófullkomins ríkiseftirlits og flókins samningssambands (Wu o.fl., 2018), sem hafa mikil áhrif á öll stig skilvirkni af slíkum verkefnum. Í greininni er bent á að lítið hafi verið hugað að því hvernig ákvarða megi helstu áhættuþætti. Höfundar leggja til aðferð sem þeir sannreyna síðan í raunverulegu verkefni með góðum árangri.

Wu et al. [3] fjalla um mikilvægi áhættumats fyrir PPP WtE-verkefni og leggja fram ramma (e. framework) fyrir áhættumat vegna slíkra verkefna sem byggir að hluta á málfarslegum matsaðferðum. Lögð er áhersla á að greina áhættu sem fylgt getur verkefnum af þessu tagi allan líftíma verkefnanna. Bent er á að óvissa (e. uncertainty) sem samanstendur annars vegar af óskýrleika (e. fussiness) og hins vegar handahófi (e. randomness) skiptir miklu máli við áhættumat í æ flóknara umhverfi. Aðferðum máltækni er beitt til að tjá og skýra óskýrar upplýsingar (ónákvæmt orðalag þeirra sem að matinu koma) og síðan er beitt reiknilíkani til að vinna úr gögnum. Áhættumatsramminn er settur fram í fjórum skrefum:

(1) Byggt upp nokkurs konar matsvísitölukerfi fyrir áhættumat á PPP WtE-brennsluverkefnum, sem felur í sér 14 viðmið sem taka til fjögurra stærða er varða: (a) byggingar- og rekstraráhættu, (b) þjóðhagslega áhættu, (c) lagalega og félagslega (e. socio-political) áhættu, og stjórnvaldsáhættu (e. governmental risk).
(2) Þróað er umreikningslíkan milli tvívíðra máltæknibreyta.
(3) CCI-aðferð (e. Cloud Choquet Integral) er notað til að meta fylgni meðal áhættuþátta.
(4) Loks er byggður rammi fyrir áhættumat til að meta heildaráhættustig nokkurra PPP WtE-brennsluverkefna sem byggð hafa verið í Kína.

Í greininni kemur fram að flestir áhættuþættir í PPP WtE-brennsluverkefnum eru yfirleitt metnir með eigindlegum hætti (e. qualitative) frekar en megindlegum (e. quantitative). Því er mikilvægt að greina vel merkingu orða matsaðilanna, sem getur verið mjög huglægt. Niðurstöðurnar sýna að helstu áhættuþættirnir eru þrír: (1) andstaða almennings, (2) ófullnægjandi aðstreymi úrgangs frá sveitarfélögum (e. Municipal Solid Waste, MSW), (3) óviðeigandi (e. improper) rekstur.

Cui et al. [4] fjalla um skilvirkar leiðir til að mæta vaxandi úrgangi frá sveitarfélögum (MSW) með hliðsjón af orkumálum á heimsvísu. Í síðari árum hefur það verið stefna kínverskra stjórnvalda að vinna brennsluverkefni úrgangs sem samstarfsverkefni opinberra aðila og einkaaðila (PPP) til að ná fram betri og skilvirkari stjórnun í slíkum verkefnum. Reynslan hefur sýnt fram á margs konar áhættu í slíkum verkefnum sem tengd er skorti á starfsreynslu og lélegri áhættustjórnun. Grein Cui et al. miðar að því að rannsaka hugsanlega áhættuþætti í PPP WtE-verkefnum í Kína og meta bæði alvarleika áhættuþátta og líkur á að áhætta raungerist. Í rannsókninni var viðhorfum sérfræðinga á sviði úrgangsiðnaðar

safnað í könnun í formi spurningalista (e. questionnaire). Svarendum var boðið að meta alls 18 áhættuþætti sem hafa áhrif á árangur PPP WTE-verkefna, en þeir áhættuþættir hafa áður komið fram í fyrri rannsóknum sem vísað er til. Niðurstöður Cui et al. sýna að áhættuþættir sem mikilvægastir þykja og áhrif hafa á sjálfbærni eru eftirtaldir (í mikilvægisröð): (1) opinber andstaða, (2) ákvarðanataka stjórnvalda, (3) gallar í laga- og eftirlitskerfi, (4) umhverfismengun, (5) skortur á stuðningi við innviði, (6) ríkislán (sem baktrygging). Að auki eru orsakir og afleiðingar hvers mikilvægs áhættuþáttar greindar ítarlega í greininni. Loks eru hagnýt og stjórnunarleg áhrif greind með tilliti til stjórnunar á þessum mikilvægu áhættum.

Danish et al. [5] gera þverfaglega rannsókn á viðmiðum og viðteknum rannsóknarramma (e. paradigm) fyrir vinnslu úrgangs hjá sveitarfélögum (MSW). Markmið þessarar rannsóknar er að bera kennsl á áhrifaþætti og setja fram raunhæfar vísbendingar og mælikvarða hvað varðar MSW frá mismunandi sjónarhornum. Rannsóknin nær til verkfræðilegra þátta, stjórnunarþátta, viðskiptaþátta og samfélagsþátta. Í rannsókninni er höfð hliðsjón af jarðvegs- og neðanjarðarmengun, loftmengun, og baráttu gegn hlýnun jarðar, sem eru flókin og vandasöm viðfangsefni. Dregin er upp mynd af heildarferli hönnunar og framkvæmdar hátæknibrennslustöðva og fjallað um ýmsar aðferðir og tækni sem nota má, eftir því sem við á.

Cole-Hunter et al. [6] rita grein um heilsufarsleg áhrif losunar (útblásturs, útstreymis, útrennslis (e. emissions)) frá WtE-brennslustöðvum. Samkvæmt greininni hefur lítið verið fjallað um heilsufarsleg áhrif í slíkum verkefnum og framkvæma höfundar kerfisbundna leit að vísindagreinum og rýna efni þeirra. Leit skv. tilteknum leitarskilyrðum gaf 269 greinar, þar af voru aðeins 19 greinar sem raunverulega fjölluðu efnislega um heilsufarslega áhrif WtE-brennslustöðva. Þar af eru tvær um faraldsfræðilegar rannsóknir, fimm um umhverfisvöktun, sjö um heilsufarsleg áhrif og fimm greinar um lífferilsmat í slíkum verkefnum. Út frá efni vísindagreinanna ályktar Cole-Hunter et al. að meirihluta líftímarannsókna (e. Life Cycle Asessment, LCA) bendi til þess að losun frá, og þar af leiðandi heilsufarsáhætta tengd, WtE-verksmiðjum sé minni en vegna urðunar úrgangs og hefðbundinnar brennslu hans. Þó er bent á aukna áhættu vegna blýmengunar (Reza et al., 2013) og mengunar vegna annarra þungmálma í botnfalli og flugösku[1] (Passarini et al., 2014) sem kunna að losna út í umhverfið á síðari stigum lífsferilsins, t.d. í kjölfar bruna á úrgangsunnu eldsneyti (e. Refuse-Derived Fuel, RDF) í brennslustöðvum. Í greininni er lögð áhersla á mikilvægi réttrar hönnunar, reksturs og stjórnunar á mengunarþáttum (e. emissions) ásamt eftirliti. Einnig er lögð áhersla á stöðuga vöktun og eftirlit með umhverfisþáttum og heilsufari til að hámarka bæði efnahagslegan og umhverfislegan ávinning en lágmarka um leið skaðleg heilsufarsáhrif og áhættu. Að því er varðar skipulagningu og hönnun WtE-mannvirkja er mikilvægt að heilsufarslegt áhættumat stutt af alhliða vöktun á váhrifum og öflugum reiknilíkönum (t.d. nákvæmum útblásturslíkönum ásamt lofthjúpslíkönum og raunverulegum íbúagögnum) fari fram fyrir fyrirhugaða WtE-brennslustöð til að tryggja að ráðstafanir séu rétt hannaðar og útfærðar – og virki sem best. Ennfremur þarf að huga vel að heilsufarsgögnum sem notuð eru, forsendum sem gerðar eru fyrir viðmiðunargildi, lengd áhrifa og tíðni – svo dæmi séu tekin. Gera þarf næmnigreiningar til að sannreyna og prófa forsendur fyrir heilsufarsáhættumati (e. Health Risk Assessment, HRA) og mati á líftíma (e. LCA).

De Titto og Savino [7] fjalla um birtar rannsóknir á umhverfisáhrifum og áhrifum á heilsu fólks sem býr nálægt brennslustöðvum fyrir úrgang. Greinin er yfirlitsgrein (e. short review). Í henni kemur fram að höfundarnir finna engar rannsóknir sem benda ákveðið til þess að brennslustöðvum sem starfræktar eru með nútíma tækni og uppfylla lög um losun fylgi aukin áhætta á krabbameini, ófrjósemi eða þroskaskerðingu. Nálægðarmörk eru ekki skilgreind. Bent er á þrjá þætti sem styðja þetta:

[1] Flugaska er aska sem myndast í litlum dökkum ögnum við bruna á efnum og berst út í loftið.

(1) Losun þeirra brennslustöðva sem nú eru reistar í þróuðum löndum til brennslu úrgangs er miklu minni en áður var. Þær faraldsfræðilegar rannsóknir sem gerðar hafa verið og leitt hafa í ljós neikvæð áhrif varðandi heilsu ná til eldri gerða slíkra brennslustöðva.
(2) Áhættumatsrannsóknir benda til þess að skaðleg heilsufarsáhrif komi aðallega fram af völdum fæðu sem neytt er.
(3) Rannsóknir og vöktun á díoxínmagni hjá íbúum sem búsettir eru í umhverfi brennslustöðva hafa ekki leitt í ljós hækkun á þessu magni samanborið við íbúa sem búa á „viðmiðunarsvæðum".

Þrátt fyrir þetta kemur fram í greininni að rannsóknir hafa verið gerðir sem sýna að fólk sem býr og starfar nærri brennslustöðvum fyrir úrgang telur sig verða fyrir heilsutjóni af ýmsu tagi. Áhrifin sem getið er um eru m.a. krabbamein (hjá fullorðnum og börnum), skaðleg áhrif á öndunarfæri, hjartasjúkdómar, áhrif á ónæmiskerfið, aukið ofnæmi og vansköpun barna. Skv. grein de Titto og Savino hefur ekki verið unnt að tengja slík veikindi og áhættu beint við mengun frá brennslustöðvunum.

Utama et al. [8] fjalla um úthlutun og skiptingu/úthlutun áhættu (e. risk allocation) í PPP WtE-verkefnum í Indónesíu. Þeir benda á að algengt sé að nauðsynlega þekkingu og reynslu skorti hjá opinberum aðilum í slíkum verkefnum. Sérstaklega á þetta við um áhættu og skiptingu hennar og nefnt er að þessi brotalöm hafi komið í veg fyrir að hátæknibrennsluverkefni heppnuðust. Í grein sinni kynna Utama et al. rannsóknarramma (e. research framework) til að þróa líkan fyrir ákvarðanatöku vegna skiptingar áhættu. Notað er sambland af eigindlegum (e. qualitative) og megindlegum (e. quantitative) rannsóknaraðferðum til að greina mikilvæga áhættuþætti í PPP WtE-verkefnum. Aðferðin hefur enn ekki verið prófuð í raunverulegum verkefnum en greinin sýnir vel mikilvægi áhættugreiningar og viðleitni til að þróa og beita formlegum aðferðum við greiningu áhættu í nútíma hátæknibrennsluverkefnum.

Casti [9] fjallar um mikilvægi löggjafar varðandi uppbyggingu hátæknibrennslu fyrir úrgang. Hún rýnir danska löggjöf, sem hún telur hafa gert Dönum kleift að verða fremstir í flokki þjóða á sviði hátæknibrennslustöðva fyrir úrgang. Til samanburðar notar Casti reynslu frá Ítalíu til að sýna hvernig mismunandi löggjöf tveggja Evrópuþjóða varðandi sama viðfangsefnið skilar gjörólíkri niðurstöðu. Hún rekur sögu og fjárfestingar í vinnslu úrgangs á Norðurlöndunum og telur Evrópusambandið hafa stuðlað að bættri og umhverfisvænni hátæknibrennslustöðva með umhverfismarkmiðum sínum. Telur Casti að minnkun gróðurhúsalofttegunda með bættri meðhöndlun úrgangs sé meðal helstu stefnumótandi áskorana í umhverfisáætlun Evrópusambandsins. Með rammatilskipun um úrgang (ESB tilskipun 2008/98/EB) er meðhöndlun úrgangs flokkuð sem „endurheimt" orku frekar en „förgun". Með tilskipun ESB fékk WtE hlutverk og vægi í hringrásarhagkerfinu. WtE-brennslustöðvar gegna mikilvægu hlutverki við að vernda hreina/óeitraða hringrás og meðhöndla óendurvinnanlegan úrgang. Hlutverk slíkra stöðva er að hreinsa/afmenga úrgangsstraumana og fjarlægja úrgang með eitruðum efnum úr endurvinnsluhringnum. WtE-brennslustöðvarnar hjálpa til við að halda hringrásarhagkerfinu hreinu með því að virka sem þvottavaskur fyrir mengunarefni. Eina önnur meðferðin fyrir þennan úrgangsstraum væri urðun, sem er sísti kosturinn.

Strano et al. [10] fjalla um mikilvægi samskipta í tengslum við viðhorf og samþykki almennings vegna byggingar og reksturs hátæknibrennslustöðva fyrir úrgang. Samskiptin geta ekki aðeins stuðlað að því að brennslustöðin heppnist sem framkvæmd og að um hana ríki sátt, heldur geta samskiptin átt mikinn þátt í að efla vilja fólks til þátttöku í hringrásarhagkerfinu. Strano et al. nefna að opinber umræða um úrgangsmál innan evrópskra stofnana og almenningsálitsins einkennist af ólíkum viðhorfum íbúa Evrópulandanna og að ekki séu allir tilbúnir að samþykkja fleiri hátæknibrennslustöðvar og umbreytingarstöðvar (e. transformation plants). Á mörgum öðrum svæðum virðist sem almenning skorti skilning og hann sé andsnúinn byggingu brennslustöðva fyrir úrgang. Í greininni er lögð áhersla á gerð samskiptastefnu þar sem helstu hagsmunaaðilum og þátttakendum í verkefnum af þessu tagi er

gert að miðla upplýsingum og þekkingu til almennings á aðgengilegan hátt þannig að auðvelt sé að skilja.

Panah et al. [11] fjalla um hátæknibrennslustöðvar í tengslum við orkunýtingu fyrir rafbílavæðingu og uppbyggingu hleðslustöðva fyrir rafbíla. Höfundar rannsökuðu og færðu fram tillögur um Urban Micro Grid (UMG) sem samanstendur af „Waste-to-Energy Combined Heat and Power Generation unit“ (WtE-CHP) og „Plugin Electric Vehicles“ (PEV). Megintilgangurinn er að veita viðbótarþjónustu og hraða innleiðingu rafbíla.

Nordestgaard og Arndt [12] fjalla um hátæknibrennslustöð á Amager Bakke í Danmörku. Fjallað er um nýstárlega stálbyggingu stöðvarinnar og þak hennar sem er hannað sem útivistarsvæði fyrir almenning. Bygging stöðvarinnar hófst árið 2013 og hún var tekin í notkun 2016. Brennslustöðin er 43.000 $m^2$ að flatarmáli og þak byggingarinnar fer hæst í 85 metra hæð. Þakið er garður með trjágróðri á stærð við 2½ fótboltavöll. Hann býður upp á gönguferðir, klifur, skíðasvæði, útsýnispall og kaffihús. Lítið er fjallað um áhættumat, meira um áskoranir og flókna hönnun og framkvæmd. Þó er sérstaklaga fjallað um áhættu varðandi hönnun á reykháfi stöðvarinnar sem hvílir ekki á eigin undirstöðu (jarðstoð) heldur er hann tengdur stálvirki aðalbyggingarinnar í um 20 m hæð og virðist því sjónrænt hanga utan á byggingunni. Staðsetning reykháfs á gafli aðalbyggingarinnar og fremur veik undirstaða valda hættu á miklum titringi af völdum vinds sem taka þurfti tillit til við hönnun.

Bisinella et al. [13] fjalla um greiningu á áhrifum og umhverfismat vegna breytinga á Amager Bakke hátæknibrennslustöðinni til að unnt sé að fanga og geyma kolefni (e. carbon capture and storage, CCS). Þrátt fyrir að stöðin hafi aðeins verið í notkun í 5 ár er þegar komin fram krafa um endurnýjun tækjabúnaðar m.t.t. nýjustu tækni. Þótt stöðin sé nýbyggð og ein sú fullkomnasta í heimi þykir ástæða til að endurskoða tæknina sem notuð er. Í þessari grein er það kolefnisförgun og -geymsla (CCS) sem rannsökuð er. CCS er ný nálgun sem getur minnkað umhverfisáhrif af brennslu úrgangs. Gerð er ítarleg greining á áhrifum þess að breyta brennsluofni stöðvarinnar á Amager Bakke (geta: 600.000 tonn úrgangs á ári) með CCS sem eftirbrennslutækni.

Það sem fram kemur í þessum fræðigreinum um áhættu í hátæknibrennsluverkefnum má draga saman á eftirfarandi hátt:

(1) Ótti fólks við umhverfismengun veldur opinberri andstöðu og slæmri ímynd úrgangsbrennslustöðva. Þetta skapar áhætta og torveldar verkefni af þessu tagi.
(2) Áhætta er vegna ófullnægjandi samskipta og samskiptaleysis við almenning.
(3) Fjármögnun verkefna er áhættuþáttur og baktrygging ríkis skiptir máli.
(4) Óskýr skipting/úthlutun áhættu í PPP-verkefnum skapar áhættu.
(5) Ákvarðanataka stjórnvalda og gallar í laga- og eftirlitskerfi eru áhættuþættir.
(6) Áhættugreining og áhættumat er mikilvægt við undirbúning, hönnun, framkvæmd og í rekstri hátæknibrennslustöðva. Undirbyggja þarf allar ákvarðanir með niðurstöðum áhættumats.
(7) Algengt virðist að þróaðar séu „eigin“ aðferðir við áhættugreiningu sem taka mið af umhverfi, aðstæðum og menningu á hverjum stað. Alþjóðlegir staðlar koma lítið við sögu.
(8) Viðmið sem notuð eru í áhættugreiningu þarf að skoða vel og þau þurfa að vera í stöðugri endurskoðun.
(9) Áhrif á heilsu fólks sem starfar í og jafnvel býr einnig í nágrenni við hátæknibrennslustöðvar úrgangs hafa ekki verið rannsökuð nægjanlega vel. Gera þarf langtíma- og lífsferilsrannsóknir. Stöðug vöktun og endurskoðun viðmiða er mikilvæg í öllum resktri hátæknibrennslustöðva.

(10) Afsetning orku getur skipt máli fyrir staðarval, gæti t.d. stutt við rafbílavæðingu og uppbyggingu hleðslustöðva á þéttbílum svæðum.
(11) Staðarval og útlit bygginga skiptir miklu máli fyrir almenning. Jákvæð ímynd hátæknibrennslustöðvar getur stutt við hringrásarhagkerfi, bætt umhverfisvitund almennings og eflt vilja fólks til að taka virkan þátt í hvers konar sjálfbærniverkefnum.
(12) Tæknin er í sífelldri þróun. Gera má ráð fyrir að endurnýja þurfi tæknibúnað hátæknibrennslustöðvar reglulega. Í brennslustöðinni á Amager Bakke er ný brennslutækni til skoðunar fimm árum eftir að stöðin var tekin í notkun.

# 3. Ýmis atriði er varða áhættu og fram hafa komið í minnisblöðum sérfræðinga í forverkefni

Sérfræðingahópurinn sem settur var saman til að meta fýsileika vegna byggingar hátæknibrennslustöðvar fyrir úrgang á Íslandi samanstóð af eftirtöldum aðilum:

- Helgi Þór Ingason, prófessor við verkfræðideild HR, verkefnisstjóri
- Stefán Gíslason, umhverfisstjórnunarfræðingur hjá Environice ehf., efnisstraumar og orka
- Nels Toft Rasmussen, sérfræðingur hjá COWI A/S, tæknilegar lausnir og kostnaðarmat
- Helga J. Bjarnadóttir og Stefán Kristinsson, verkfræðingar hjá Eflu ehf., mat á umhverfismálum
- Páll Jensson, prófessor við verkfræðideild HR, og Heiðar Snær Jónasson, staðarval og arðsemi
- Ari Karlsson og Haraldur Flosi Tryggvason, lögmenn hjá LMG slf. Lögmenn, lagaleg rýni
- Ragnar O. Rafnsson, rekstrarverkfræðingur hjá Ernst & Young hf. á Íslandi, fjármögnun
- Svana Helen Björnsdóttir, rafmagnsverkfræðingur, áhættugreining

Í þessum kafla er gerð grein fyrir niðurstöðum rýni á ýmis atrið er varða áhættu og fram koma í minnisblöðum sérfræðinganna, sem og öðrum gögnum sem fram hafa verið lögð í undirbúningsvinnu verkefnisins fram að þessu.

Stefán Gíslason [14] hefur gert áætlun um magn efnisstrauma til brennslu þar sem fram koma mikilvægar forsendur og helstu fyrirvarar. Stefán tekur skýrt fram að minnisblað hans fjalli ekki um áhættu í rekstri stöðvarinnar. Hann nefnir þó að áhætta felist í að stöðin verði afkastameiri en sem svarar raunverulegri eftirspurn. Þá nefnir hann einnig áhættu í tengslum við sýkingarhættu af sláturúrgangi og sýktum vefjaúrgangi og mælir með að slíkum úrgangi sé beint í sama farveg og dýrahræjum.

Í minnisblaði COWI AS, sem Nels Toft Rasmussen kynnti á fundi 15. október 2021, er farið yfir tæknilegar lausnir fyrir hátæknisorpbrennslustöð á Íslandi. Forsendur um efnisstrauma koma úr minnisblaði Stefáns Gíslasonar en tæknilegt mat er byggt á reynslu fyrirtækisins af ráðgjöf við sambærileg verkefni annars staðar. Bornir eru saman tveir valkostir, að hafa eina eða tvær brennslulínur. Á fundinum kom fram að til að sinna nauðsynlegu viðhaldi búnaðar þarf að slökkva á brennslunni í nokkrar vikur á ári. Í brennslustöð Amager Bakke þarf sem dæmi að stöðva rekstur í a.m.k. 2-3 vikur samfellt á ári vegna viðhalds og hreinsunar. Í minnisblaði COWI er lítið fjallað um óvissu og áhættu. Þó er getið um að áhætta sé fólgin í ofni brennslunnar. Efnisrennunni, sem flytur úrganginn (eldsmatinn) inn í ofninn, verður að halda vel fylltri af úrgangi til að forðast að loft leki í gegnum eldsneytisfóðurkerfið í ofninn (brunahólfið) sem er með undirþrýsting. Slíkur loftleki getur skapað hættu á eldur færist inn í rennuna. Þá er áhætta vegna tæringar og ofhitnunar sem skemmt getur búnað. Gera verður ráð fyrir varaafli fyrir búnað og díselrafstöð til að mæta áhættu af rafmagnstruflunum og straumleysi.

Helga J. Bjarnadóttir og Stefán Kristinsson [15] fjalla um helstu umhverfisþætti hátækni-brennslustöðvar. Þau nefna að ýmsar rannsóknir hafa verið gerðar á heilsufarslegum áhrifum brennslustöðva fyrir úrgang, en afar erfitt sé að finna afgerandi upplýsingar eða niðurstöður rannsókna um það efni. Það staðfestir rýni höfundar þessa minnisblaðs á vísindagreinar í kafla 2. Helga og Stefán vísa til fræðigreinar og rannsóknar Titto og Savino [7] sem einnig er fjallað um í kafla 2 í þessu minnisblaði. Þar kemur fram að áhættumöt sem áætla magn losunar/útsetningar núverandi brennslustöðva í Belgíu, Spáni, Bandaríkjunum og Frakklandi sýni fram á að losun/útsetning veldur ekki marktækri aukinni hættu á krabbameini meðal íbúa í nágrenni við brennslustöð fyrir úrgang þar, sama hvort hún eigi sér stað beint eða óbeint í gegnum matvæli. Einnig sýna þær fram á engar marktækar

afleiðingar á náttúruauðlindir í nágrenninu. Sama grein fjallar um áhrif hátæknibrennslustöðvar á lífríki á landi, gróður og fugla og þar kemur fram að losun/útsetning veldi ekki marktækum skaða á lífríki í næsta nágreni stöðvanna. Þess ber að geta að áhrif hátæknibrennslustöðva á heilsu fólks og lífríki í nágrenni stöðva hafa ekki verið rannsökuð nægjanlega – og það kemur fram í vísindagreinum sem rýndar eru í kafla 2.

Páll Jensson [16] hefur reiknað út heppilegt staðarval út frá forsendum um flutninga á brennanlegu magni úrgangs. Mælikvarðinn er „eknir tonn-kílómetrar á ári“ þannig að bæði magn og vegalengdir skipta mál. Í matinu er ekki tekið tillit til huglægra atriða, s.s. vilja og áhuga sveitarfélaga og fólks í tilteknum byggðalögum að fá brennslustöðina reista á sínu svæði vegna atvinnu- eða tekjumöguleika fyrir heimafólk. Páll hefur ennfremur gert arðsemismat fyrir slíkt verkefni og byggt þar á mati COWI varðandi tæknibúnað og fleira. Niðurstöður sýna að óvissa varðandi tæknibúnaðinn veldur ekki umtalsverðri áhættu í verkefninu. Tekjur vegna svonefndra hliðgjalda er einn mesti áhættuþátturinn varðandi rekstrargrundvöll slíkrar brennslustöðvar. Í umræðum fundar um útreikninga Páls kom fram að ná megi hagræðingu vegna flutnings og móttöku úrgangs ef fundin væri heildarlausn sem öll fyrirtæki sem flytja og taka á móti úrgangi sameinuðust um. Á fundinum fjallaði Páll einnig um svokallaða „núll-lausn“, sem felur í sér mat á því hvenær bygging brennslustöðvar telst hagkvæm samanborið við að flytja úrgang til brennslu í útlöndum (einhvers Norðurlandanna). Umtalsverð áhætta er til lengri tíma af því að reisa ekki hátæknibrennslustöð fyrir úrgang á Íslandi. Þjóðin yrði þá mjög háð öðrum þjóðum, sem hvenær sem er gætu breytt sinni löggjöf vegna eigin umhverfis- og sjálfbærnisjónarmiða. Um þessar mundir er víða sterk tilhneiging hjá þjóðum, m.a. vegna þrýstings frá almenningi, að lögfesta bann við innflutningi á úrgangi frá öðrum þjóðum. Við þetta bætist að ef flytja á allan brennanlegan úrgang úr landi skapast áhætta af áhrifum olíuverðs.

Ragnar O. Rafnsson [17] fjallar um fjármögnunarmöguleika fyrir hátæknibrennslustöð fyrirúrgang á Íslandi. Hann bendir í á mikilvægi úrgangssamninga og bendir í því sambandi á áhættu af samningsákvæðum sem kveði á um ákveðið magn úrgangs sem fara á í brennslu. Áhættan er tvenns konar. Annars vegar felst áhætta í því að of mikill úrgangur gæti farið til brennslu (frekar en endurvinnslu), bara til að uppfylla kröfur um ákveðið magni efnis til brennslu. Hins vegar er áhættan sem felst í því að samningsákvæði um ákveðið magn efnis til brennslu hindri innleiðingu nýrrar endurnýtingartækni þegar fram líða stundir. Ragnar bendir á að við samningagerð þurfi að horfa til langs tíma og hafa endurskoðunarákvæði sem stuðli að, fremur en hindri, að ný tækni sé innleidd eftir því sem tækniþróun leyfir. Ragnar nefnir einnig áhættu opinberra aðila í verkefninu í tengslum við fjármögnun þess, þeirra sem frumkvæði eiga að verkefninu og eru eigendur þess í byrjun. Eftir að fýsileikakönnun lýkur eru tvær leiðir til að halda áfram með verkefnið. Annars vegar að velja aðila til þróunarsamstarfs, halda þar með allri stjórn á verkefninu og bera um leið mestu megináhættu verkefnisins. Hins vegar að fá fjárfesta inn í verkefnið, minnka eigin áhættu og gefa um leið eftir stjórn verkefnisins. Því hærri fjárhæð sem hinir opinberu aðilar þurfa að leggja í verkefnið, því meiri er áhætta þeirra. Að mati Ragnars skiptir miklu máli að fá aðila til samstarfs sem gætu fjárfest í verkefninu (e. Public Private Partnership, PPP). Til álita koma bæði innlendir og erlendir fjárfestar. Það er í höndum hinna opinberu aðila verkefnisins að velja einkafjárfesta með sér og mynda PPP-samstarfið. Þar skiptir krafan um eignarhald máli og tengist áhættu um stjórn verkefnisins. Ragnar bendir einnig á að fjárfestar sem beita fjármálaþekkingu sinni til að bera kennsl á arðbær verkefni og fjárfesta í þeim eru með eigin áhættustjórn og áhættuviðmið sem snýst um að hámarka ávöxtun þeirra. Þessir fjárfestar kunna að meta áhættu með öðrum hætti en opinberir aðilar sem lögum samkvæmt bera ábyrgð á úrgangsmálum eða á verkefninu með einhverjum hætti. Ragnar bendir á gjaldmiðilsáhættu fyrir erlenda fjárfesta sem felst í að fjárfesta hér á landi. Hann minnir á að fyrir erlenda aðila eru fjárfestingar innan íslenska hagkerfið mjög áhættusamar (e. high-risk exposure of the Icelandic economy). Jafnframt getur hann um kosti þess fyrir hina innlendu aðila að hafa erlenda fjárfesta með sér í verkefninu, sem

minnkar á áhættu innlendra aðila, m.a. ef hinir erlendu fjárfestar koma með sérþekkingu á sambærilegum WtE-verkefnum. Einnig sé það almennt gott og til áhættuminnkunar fyrir íslenskt efnahagslíf. Í viðauka með minnisblaði sínu birtir Ragnar yfirlit um mögulegt fyrirkomulag á samstarfi og afhendingarlíkan (e. delivery model) sem til greina koma í þessu verkefni. Að hans mati ræðst valið af áhættusækni hinna opinberu aðila og getu þeirra til að fjármagna verkefnið. Þeir þurfa að gera sér grein fyrir og ákveða hvernig skiptingu áhættu í verkefninu er best fyrir komið (miðað við þeirra forsendur) og forma samstarf og afhendingarlíkan verkefnisins samkvæmt því. Í lokin minnir Ragnar á að áhættustjórnun (e. risk management) er yfirleitt talin árangursríkari og virkari í einkageiranum.

Ari Karlsson og Haraldur Flosi Tryggvason [18] rýna lög sem ná til byggingar og starfrækslu hátæknibrennslustöðvar fyrir úrgang á Íslandi. Þeir rýna það sem segir í lögum um meðhöndlun úrgangs, starfsleyfi, rekstrarform, samkeppnisrétt og ríkisaðstoð. Í minnisblaði Ara og Haraldar Flosa kemur fram að í reglugerð nr. 550/2018 um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnareftirlit er í 34. grein kveðið á um skilyrði fyrir afhendingu og móttöku úrgangs. Fram kemur að rekstraraðili beri ábyrgð á allri áhættu er varðar heilbrigði fólks og að hann skuli gera allar nauðsynlegar varúðarráðstafanir varðandi afhendingu og móttöku úrgangs til að koma í veg fyrir, eða takmarka eftir því sem unnt er, mengun andrúmslofts, jarðvegs, yfirborðsvatns og grunnvatns sem og önnur neikvæð áhrif á umhverfið, t.d. lykt og hávaða og það sem kallað er „beina áhættu fyrir heilbrigði manna“. Varðandi ríkisaðstoð kemur fram að slík aðstoð er háð ströngum skilyrðum. Slík aðstoð losar brennslustöðina ekki undan eðlilegri viðskiptaáhættu vegna atvinnurekstrar.

Það sem segir um áhættu í minnisblöðum sérfræðinganna má draga saman á eftirfarandi hátt:

(1) Áhætta tengd staðarvali.
Staðsetning hátæknibrennslustöðvarinnar hefur mikið að segja fyrir arðsemi, umferð, umhverfisáhrif, afsetningu efna og tengimöguleika við raforkudreifikerfi Landsnets.

(2) Áhætta tengd efnisstraumum.
Til að rekstur brennslustöðvarinnar sé sem hagkvæmastur þarf að tryggja stöðuga efnisstrauma og jafnt brennslustig. Stöðin má ekki verða of stór en heldur ekki of lítil. Hún þarf að ráða við rekstrarstopp í nokkrar vikur á hverju ári og geta þá safnað upp og geymt úrgang sem berst til hennar. Áhætta er einnig tengt skaðlegum efnum og huga þarf að sóttvörnum.

(3) Áhætta tengd fylgni við lög og reglur.
Rekstraraðili brennslustöðvarinnar ber skv. lögum víðtæka ábyrgð á að fólk bíði ekki heilsutjón af rekstri stöðvarinnar og að ekki verði mengun af neinu tagi í umhverfinu vegna starfseminnar.

(4) Áhætta tengd fjármögnun og fyrirkomulagi samstarfs.
Huga þarf vel að vali á samstarfsaðilum og fyrirkomulagi samstarfs m.t.t. skiptingar á áhættu og áhættustjórnunar verkefnisins alls.

(5) Áhætta tengd heilsu fólks og umhverfi.
Ekki liggja fyrir nægar rannsóknir á áhrifum hátæknibrennslustöðva á heilsu fólks og umhverfi til langs tíma. Flest bendir til þess að heilsufarsleg áhrif og umhverfisáhrif séu lítil ef rétt er að málum staðið – og mun minni en vegna brennslustöðva af eldri gerð. Áhætta er tengd viðmiðum og breytingum á þeim.

# 4. Rýni ýmissa gagna

## 4.1. Ýmis atriði er varða áhættu og fram hafa komið á fundum stýrihópsins

Eftir að hafa rýnt fundargerðir stýrihóps forverkefnisins er vert að nefna nokkur atriði sem þar koma fram og varða áhættu í hönnun og rekstri hátæknibrennslustöðvar fyrir úrgang hér á landi, með leyfi verkefnisstjóra:

I. Í fundargerð frá 13. ágúst 2021 kemur fram að ýmiss konar áhætta og óvissa er tengd staðarvali. Áhætta er tengd fjármögnun og einnig er áhætta fólgin í margs konar misskilningi sem getur orðið um verkefnið. Því þarf að vanda upplýsingagjöf. Í vísindagreinum í kafla 2 má lesa um mikilvægi góðrar og viðeigandi upplýsingamiðlunar. Mælt er með að gerð sé samskiptaáætlun fyrir verkefni sem þetta, strax frá byrjun.

II. Í fundargerð frá 17. september 2021 kemur fram að óvissa er um magn og samsetningu efnisstrauma. Mikilvægt er að efnisstraumar hafi svipað og stöðugt brennslugildi. Áhætta er tengd breytilegum efnisstraumum, geymsluþörf á efni (t.d. meðan á viðhaldsframkvæmdum stendur), fjölda brennsluofna (rætt um einn eða tvo) og tækni sem notuð er við brennsluna. Á fundi sem haldinn var 20. október 2021 kom fram að með hermun mætti minnka óvissu varðandi hönnun efnisstrauma.

III. Í fundargerð frá 20. október 2021 er vísað til samtals sem Helgi Þór Ingason átti við Jón Erlingsson sem er stjórnandi brennslustöðvar í Linkjöbing. Þar eru reknir eru 5 ofnar, sá nýjasti 85 MW, annar 68 MW, tveir 30 MW og einn 15 MW. Fram kemur að samstarf við háskólann í Linkjöbing hefur haft mikla þýðingu fyrir brennslustöðina, m.a. hefur verið þróað hermilíkan fyrir rekstur stöðvarinnar til að besta brennsluna og efnisstrauma til hennar. Hermilíkan af þessu tagi er líklegt til gefa möguleika á að prófa ýmsar útfærslur við hönnun og minnka þannig óvissu og áhættu í verkefninu.

Í fundagerðinni er einnig minnst á nýja tæki varðandi kolefnishreinsun, þ.e. $CO_2$-hreinsun. Sú tækni hefur verið innleidd í nýja hátæknibrennslustöð í Osló. Stöðin á Amager Bakke hefur aðeins verið starfrækt frá árinu 2016, eða í 5 ár, og nú er til skoðunar að innleiða þessa nýju tækni þar og breyta þar með brennslutækninni. Ekki liggur fyrir hvað það kostar ef af verður. Þetta sýnir þó hve tæknibreytingar geta verið örar og mikilvægt að hönnun taki mið af breytingarmöguleikum þannig að áhætta samfara breytingum sé viðráðanleg, bæði í framkvæmd og kostnaði.

IV. Í fundargerð frá 10. nóvember 2021 kemur fram að mögulegt sé að fá fjárfesta að verkefninu strax á undirbúningsstigi. Það gæti minnkað áhættu sveitarfélaganna í verkefninu. Vali fjárfesta fylgir áhætta sem felst í því að stjórnun verkefnisins færist að hluta úr höndum sveitarfélaganna sem ábyrgð bera á úrgangsmálum í landinu. Það er því mikilvægt að forma samstarf við fjárfesta skv. þörfum sveitarfélaganna.

Þá kemur einnig fram í sömu fundargerð að æskilegt væri að ríkið yrði bakhjarl verkefnisins með einhvers konar konar baktryggingu. Í vísindagreinum sem rýndar voru í 2. kafla kveður við sama tón. Þar má lesa að ríkisstuðningur getur skipt miklu máli fyrir verkefni af þessu tagi.

Í fundargerðinni kemur fram að e.t.v. muni einhverjir aðilar sem þjónusta sveitarfélög og einkafyrirtæki varðandi ráðstöfun úrgangs vilja halda áfram að flytja út úrgang til brennslu þrátt fyrir að hátæknibrennslustöð fyrir úrgang rísi á Íslandi. Í vísindagreinum í 2. kafla kemur fram að lagaumhverfi einstakra landa þar sem hátæknibrennslustöðvar eru reistar skiptir miklu máli fyrir árangur slíkra verkefna. Þar er m.a. átt við hömlur á útflutning og innflutning úrgangs frá öðrum löndum, eða takmarkanir á flutningi ákveðinnar tegundar úrgangs (t.d. ef smithætta fylgir) milli tiltekinna svæða. Það myndi minnka áhættu verkefnisins verulega ef íslenskum

lögum yrði breytt í samræmi við það sem gert hefur verið víða um Evrópu, þ.e. að banna flutning á úrgangi milli landa. Þó e.t.v. með einhverjum undantekningum ef um sérstök efni er að ræða.

Eyða þarf óvissu um framtíð Kölku sorpeyðingastöðvar sf. og starfsemina sem þar er. Þar er einnig mannskapur með þekkingu á brennslu úrgangs sem gera má ráð fyrri að sé verðmæt.

Loks er í fundargerðinni vísað til greiningar Páls Jenssonar á staðarvali og þrefagreiningu með AHP- aðferð (e. Analytic Hierarchy Process). Fram kemur að áhætta er tengd eftirfarandi þáttum:

- Næg fjarlægð þarf að vera frá brennslustöðinni til nærliggjandi íbúabyggðar. Fjarlægðarmörk eru óljós og sýnileiki frá íbúabyggð hefur áhrif.
- Auðvelt þarf að vera að afsetja orku, þ.e. annað hvort stutt í tengivirki Landsnets eða að Landsnet sé tilbúið að byggja sérstakt tengivirki við brennslustöðina.
- Kostnaður vegna efnisflutninga skiptir miklu máli fyrir arðsemi stöðvarinnar. Því skemmra sem flytja þarf úrganginn, þeim mun lægri verður kostnaðurinn
- Gera þarf ráð fyrir því að nægjanlegt landrými sé til staðar þar sem stöðin verður byggð þannig að svigrúm sé til athafna, s.s. að stækka, breyta eða bæta við byggingum vegna úrvinnslu, hreinsunar eða geymslu efna.
- Áhætta er tengd ímynd brennslustöðvarinnar. Jákvæð afstaða nærsamfélagsins skiptir miklu máli fyrir framgang verkefnisins og einnig fyrir stuðning almennings við hringrásarhagkerfið og sjálfbærnimarkmið þjóðarinnar. Að þessu leyti er verkefnið mjög tengt markmiðum íslenskra stjórnvalda sem gæti réttlætt bakstuðning ríkisins í verkefninu, sem myndi aftur minnka áhættu í verkefninu.
- Nálægð við höfn minnkar áhættu.
- Staðsetning þar sem lítil hætta er vegna þungaflutninga í gegnum þéttbýli minnkar áhættu.
- Gott aðgengi að réttu vinnuafli, þ.e. vinnuafli sem hefur menntun, þekkingu, reynslu og getu til að leysa þau verkefni sem starfsemi hátæknibrennslustöðvar krefst. Sem dæmi má nefna að ýmiss konar vöktun þarf að eiga sér stað og mælingar þarf einnig að gera reglulega til að tryggja að ekki hljótist skaðleg heilsufarsáhrif af starfseminni – og ekki verði skaðleg áhrif á umhverfið.
- Afsetningu efna sem koma frá brennslustöðinni fylgir áhætta og möguleika á afsetningu (einnig geymslu) þarf að greina og meta m.t.t. áhættu.

Umfjöllun um áhættu í ofnagreindum fundargerðum má draga saman á eftirfarandi hátt:

(1) Áhætta vegna fjármögnunar.
Vali á samstarfsaðilum og meðfjárfestum í verkefninu fylgir áhætta. Í vísindagreinum í kafla 2 kemur fram að í PPP-verkefnum er áhætta tengd óljósri skiptingu ábyrgðar í verkefni eins og því sem hér um ræðir. Einkaaðilar eru líklegri til að vera með virka og árangursríka áhættustjórnun, en þeirra hagsmunir snúast iðulega fyrst og fremst um að tryggja arðsemi verkefnisins. Hagsmunir opinberu aðilanna eru tengdir ábyrgð þeirra skv. lögum, auk arðsemi verkefna. Þá kemur fram í vísindagreinunum að góður bakstuðningur ríkis getur valdið úrslitum um það hvort verkefni takast vel. Réttlæting fyrir slíkum stuðningi er byggð á stefnu stjórnvalda og ábyrgð á innviðauppbygginu.

(2) Orðspors- og ímyndaráhætta verkefnisins.
Gera þarf samskiptaáætlun fyrir verkefnið. Veita þarf almenningi sem mestar, bestar og réttastar upplýsingar um verkefnið á öllum stigum þess til að forðast misskilning og halda góðri ímynd verkefnisins.

(3) Áhætta við hönnun og þarfagreiningu.

Samstarf við háskóla gæti reynst hagkvæmt í verkefninu, m.a. til þróunar á hermilíkani fyrir rekstur brennslustöðvarinnar. E.t.v. mætti nota líkan sem til er annars staðar, t.d. fyrir stöðina í Linkjöbing í Svíþjóð. Slíkt líkan þyrfti að staðfæra og aðlaga íslenskum veruleika. Með hermun má minnka margs konar óvissu varðandi efnisstrauma og brennslu og þar með minnka áhættu á að stöðin verði rangt hönnuð að einhverju leyti. Hermilíkan má nota til að undirbúa breytingar sem gæti þurft að gera síðar, eftir að stöðin er komin í fullan rekstur.

(4) Áhætta vegna ónógra efnisstrauma.
Slíka áhættu má minnka með löggjöf sem bannar útflutning á úrgangi frá Íslandi, nema í undantekningartilvikum. Vert er að skoða hvort hagkvæmt gæti verið að liðsinna nágrönnum okkar á Grænlandi með því að taka við úrgangi þaðan til brennslu. Þetta atriði kemur ekki fram í ofangreindum fundargerðum en hefur komið til tals á fundum.

(5) Áhætta tengd staðarvali.
Helstu áhættuþættir tengdir staðarvali eru fjarlægð frá íbúabyggð, nægt athafnasvæði, nálægð við tengivirki Landsnets, þungaumferð í gegnum íbúabyggð, nálægð við höfn, aðgengi að hæfu vinnuafli og útsetning fyrir náttúruvá (t.d. eldgosi).

## 4.2. Nýlegar skýrslur um úrgangsmál og brennslustöðvar

Í skýrslu sem fyrirtækið ReSource International ehf. gerði fyrir umhverfisráðuneytið í september 2020 er ítarlega fjallað um þörf fyrir úrgangsbrennslustöðvar á Íslandi [19]. Mat er lagt á þróun óendurvinnanlegs úrgangs á Íslandi á árunum 2025 til 2045 og þrjár sviðsmyndir settar fram. Besta útkoma, skv. sérfræðingum ReSource International ehf., felst í að Ísland nái hámarkshlutfalli endurvinnslu í þremur stærstu úrgangsflokkunum (plasti, pappír og matarleifum) og hámarkshlutfalli endurnýtingar í öllum úrgangsflokkum. Ekki er sérstaklega fjallað um áhættu í skýrslunni, en bent á að til lengri tíma litið er ekki öruggt að reiða sig á aðgengi að brennsluofnum erlendis [20]. Nefnt er að Holland hefur sett háa skatta á innfluttan brennsluúrgang [21] og Danmörk hefur aukið endurvinnslu og lokar nú brennslustöðvum [22]. Í skýrslunni er einnig nefnt að fleiri lönd áformi hið sama vegna þeirra markmiða sem sett hafa verið hjá ESB og EFTA. Skýrsluhöfundar telja ákjósanlegt að brennslustöð hér á landi sé skoðuð í tengslum við tækifæri til að bæta aðgengi landsmanna að meðhöndlunarúrræðum úrgangs og endurvinnslu úrgangsefna. Aukin skolphreinsun geti einnig leitt af sér að meira af brennanlegum úrgangsefnum fellur til.

Í skýrslu sem Páll Guðjónsson hjá Glitru ehf. gerði fyrir stjórn Sorpu bs. í október 2020 fjallar hann um heildarlausn úrgangsmála á höfuðborgarsvæðinu. Einnig fjallar hann um aðgerðaáætlun um breytta meðhöndlun úrgangs og lágmörkun urðunar. Skýrslan er trúnaðarmál en með leyfi höfundar er hér vitnað í nokkur atriði sem fram koma í skýrslunni. Tillaga er gerð um breytta meðhöndlun á brennanlegum úrgangi og að dregið verði hratt úr urðun á slíkum úrgangi fram til ársloka 2023, þegar slíkri urðun verði alveg hætt. Í staðinn verði þessum úrgangi fyrst um sinn komið til brennslu erlendis, en samhliða verði unnin ítarleg greining og samanburður á tveimur leiðum til lengri framtíðar. Annars vegar áframhaldandi útflutningi og hins vegar fjárfestingu í nýrri hátæknibrennslustöð innanlands sem annað geti þörfum höfuðborgarsvæðisins og eftir atvikum fleiri sveitarfélaga. Páll fjallar ekki sérstaklega um áhættu en bendir á nauðsyn þess að stöðva urðun og finna varanlega brennslulausn fyrir úrgang á Íslandi. Í raun er aðeins um tvær leiðir að velja, að flytja úrgang til brennslu erlendis eða reisa brennslustöð hér á landi.

Sé efni þessara tveggja skýrslna dregið saman og skoðað með tilliti til áhættu sést að

(1) Úrbóta er þörf í úrgangsmálum vegna umhverfissjónarmiða og stöðva verður urðun úrgangs hér á landi.

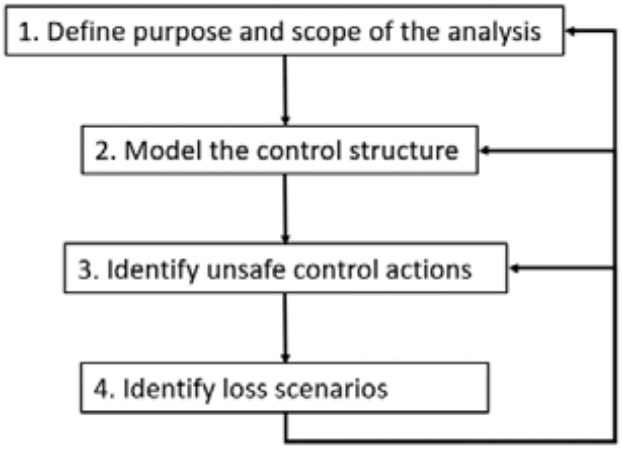
(2) Ef hætta á urðun úrgangs er aðeins um tvær leiðir að ræða, önnur er að flytja úrgang út til brennslu, hin er að reisa hátæknibrennslustöð innan lands.
(3) Brennanlegur úrgangur er þegar fluttur út til brennslu í einhverjum mæli, en óvissa ríkir um hve langi það verður hægt. Verði lokað fyrirvaralaust fyrir innflutning brennsluúrgangs gæti slíkur úrgangur safnast upp hér á landi.
(4) Áhætta af því fyrir Íslendinga að treysta á önnur lönd til brennslu úrgangs hefur verið að skýrast á síðustu misserum. Sú áhættan er mikil og fer vaxandi. Reisi Íslendingar eigin brennslustöð þurfa þeir ekki lengur að treysta á aðrar þjóðir í þessum efnum. Auk þess að draga verulega út umhverfismengun við flutning á úrgangi eru tækifæri samhliða byggingu brennslustöðvar til að bæta endurvinnslu og alla meðhöndlun úrgangs. Hér gefst tækifæri til að hanna heildarlausn fyrir úrgangsmál á Íslandi.

# 5. Áhættugreining með aðferð STAMP/STPA

„Systems-Theoretic Process Analysis“ (STPA) er aðferð til áhættugreiningar sem var fyrst þróuð af Leveson árið 2004 [23] við MIT-háskólann í BNA til að rannsaka orsakasamband áhættu. Aðferðin byggir á kerfisfræði (e. systems theory) og orsakalíkani slysa og ógna (e. hazards, threats) sem kallast „Systems-Theoretic Accident Model and Processes“ (STAMP). STAMP er notað til að bera kennsl á áhættu í hvers konar kerfum og öryggistengdar ráðstafanir sem nauðsynlegar eru til að tryggja ásættanlega áhættu í kerfum. Aðferðin nýtist sérlega vel til greiningar á áhættu í flóknum kerfum þarf sem fólk og tækni vinna saman [24], [25].

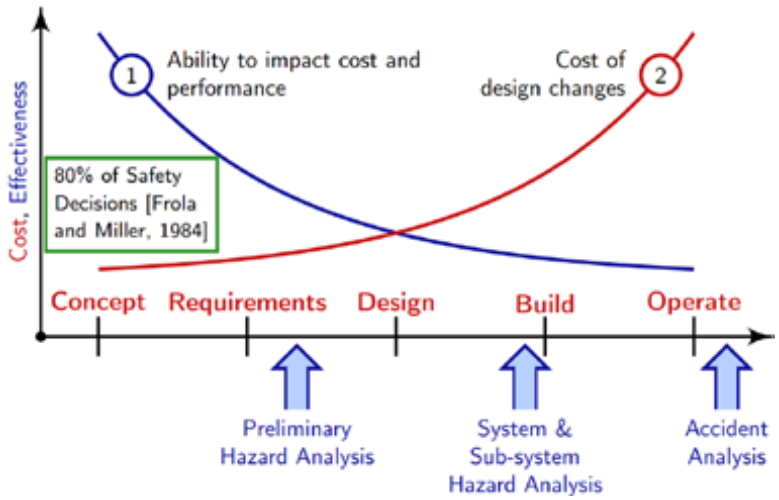
Vísindarannsóknir hafa verið gerðar á notkun STPA á mörgum sviðum, t.d. í flugi, geimferðum, heilbrigðisþjónustu, járnbrautarsamgöngum, bílaiðnaði (m.a. við hönnun sjálfkeyrandi bíla), hernaði, kjarnorkuverum, olíu og gasiðnaði og orkuiðnaði. Þverfaglegar rannsóknir hafa einnig verið gerðar með aðferð STAMP/STPA með tilliti til mannlegra þátta og öryggis, vagna samþættingar öryggis í kerfisverkfræðiferli, til að bera kennsl á leiðandi vísbendingar (e. leading indicators) um yfirvofandi hættu, í tengslum við gagnsemi alþjóðlegra staðla og vottaðra stjórnkerfa í margs konar rekstri, vegna áhættu í menningartengdum verkefnum, vegna áhættu í samfélagslegum kerfum og lagakerfum þegar greina þarf slík kerfi m.t.t. öryggis.

Samkvæmt STPA handbókinni [26] er STPA-greining framkvæmd í fjórum meginskrefum: (1) skilgreina þarf tilgang og umfang greiningarinnar; (2) gert er líkan af fyrirhuguðu stjórnskipulagi (e. control structure); (3) borin eru kennsl á óáreiðanlegar (e. unsafe) stjórnunaraðgerðir (control actions); (4) gerð er sviðsmyndagreining m.t.t. áhættu/óhappa/slysa (e. loss scenarios). Mynd 2 sýnir yfirlit um hringrásarferli STPA-greiningar, sem heldur áfram þar til verkefni lýkur.



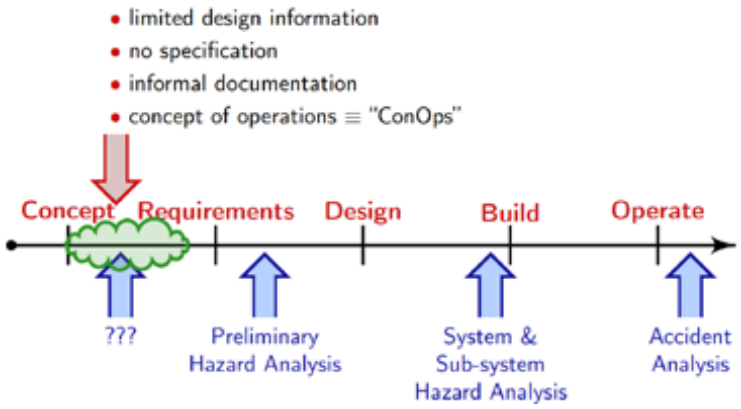

***Mynd 2.*** *Yfirlit um hringrásarferli STPA-aðferðar við greiningu á áhættu og öryggisveilum.*

Hér er aðeins fyrsta skrefið tekið í áhættugreiningu skv. STPA. Til að unnt sé að framkvæma skref 2-4 þurfa að liggja fyrir nánari upplýsingar um aðila verkefnisins, skiptingu ábyrgðar þeirra skv. samningum, ákvörðun um staðarval o.fl. Mynd 3 sýnir hve mikilvægt getur verið að gera fýsileikakannanir og rannsaka vel verkefnishugmynd sem felur í sér mikla og/eða margs konar áhættu [27], [28]. Myndin sýnir mikilvægi áhættugreiningar sem grunn góðrar hönnunar. Reynslan sýnir að breytingar sem gera þarf í verkefni eftir að hönnun lýkur og verkefni er komið á framkvæmdastig geta leitt til mikils kostnaðarauka. Áætlað hefur verið að í umfangsmiklum verkefnum, s.s. á sviði varnarmála, séu 70-80% ákvarðana sem hafa áhrif á öryggi teknar á fyrstu stigum hugmyndaþróunar verkefnis [29].




***Mynd 3.*** *Hvatinn til að huga vel að áhættu strax við undirbúning verkefna [28].*

Mynd 4 sýnir hvernig vandinn birtist oft í verkefnum eins og því sem hér um ræðir [28]. Menn freistast til að taka ákvarðanir um hönnun og framkvæmd verkefnis með ófullnægjandi upplýsingar undir höndum.




***Mynd 4.*** *Almennur vandi í stærri verkefnum [28].*

Að loknu forverkefninu hafa hlutaðeigandi aðilar val um að: a) hætta við verkefnið því það er ekki fýsilegt, b) taka ákvörðun um að hefja hönnun hátæknibrennslustöðvar. Teljist forverkefnið fýsilegt lýkur því með samkomulagi sveitarfélaga um að fara í verkefnið, ákvarðanatöku um staðarval, ákvörðun um fyrirkomulag PPP-samstarfs, samantekt upplýsinga um verkefnið, frumhönnun á grunni áhættumats, gerð viðskiptaáætlunar og samantekt upplýsinga fyrir fjárfesta. Að því marki sem forsendur liggja fyrir má segja um umfang og tilgang verkefnisins:

a) Hönnun, bygging og rekstur íslenskrar hátæknibrennslustöðvar nærri höfuðborgarsvæðinu.
b) Stöðin taki við 80% af öllum þeim úrgangi á Íslandi sem ekki er unnt að endurvinna.
c) Verkefnið er samstarfsverkefni sveitarfélaga á SV-horni landsins.
d) Líklegt er að myndað verði einhvers konar PPP-samstarf um verkefnið.

Þetta fyrsta skref STPA-greiningar er í þremur hlutum: (1) greina tjón (e. loss) sem alls ekki má verða, (2) greina áhættu og ógnir verkefnisins sem geta leitt til tjóns, (3) greina takmarkanir eða hömlur sem þurfa að gilda til að koma í veg fyrir tjón. Eftirfarandi spurningar voru sendar út til sérfræðinga og stýrihóps:

1. Gefum okkur að ákveðið verði að byggja hátæknibrennslustöð á Íslandi
    - Hvaða alvarlega tjón/tap/atburður má alls ekki verða á hönnunar- og byggingartíma? (Nefndu 1-3 atburði.)
    - Hvaða ógn/hætta gæti valdið slíkum atburði? (Nefndu 1-3 ógnir/hættur fyrir hvert atvik sem nefnt er.)
2. Gefum okkur að hátæknibrennslustöð sé risin og daglegur rekstur hafinn.
    a. Hvaða alvarlega tjón/tap/atburður má alls ekki verða á hönnunar- og byggingartíma? (Nefndu 1-3 atburði.)
    b. Hvaða ógn/hætta gæti valdið slíkum atburði? (Nefndu 1-3 ógnir/hættur fyrir hvert atvik sem nefnt er.)

Svörin sem bárust við þessum spurningum eru birt í töflum 1-4 hér að neðan. Röðun segir ekki til um mikilvægi.

***Tafla 1.*** *Dæmi um tjón sem ekki má verða á verkefnistíma.*

| Tjón/tap | Heiti tjóns/taps |
|---|---|
| T-1 | Verkefnið stöðvast áður en það er fullklárað |
| T-2 | Alvarleg slys á fólki |
| T-3 | Tímabundinn skortur á nægilegri förgunargetu úrgangs á Íslandi |
| T-4 | Tafir á að verki ljúki |

Næst er að bera kennsl á hættur/ógnir sem leitt geta til tjóns/taps. Samkvæmt STPA-handbókinni [26] vísa hættur/ógnir aðeins til þátta sem kerfishönnuðir og rekstraraðilar geta haft stjórn á (t.d. ekki náttúruvá eða verðbólgu). Dæmi um hættur/ógnir eru sýnd í töflu 2.

***Tafla 2.*** *Dæmi um hættu/ógn sem leitt getur til tjóns/taps á verkefnistímanum.*

| Hætta/ógn | Heiti hættu/ógnar | Tjón/tap sem hlýst af |
|---|---|---|
| H-1 | Ekki næst að fjármagna forverkefnið | T-1, T-4 |
| H-2 | Ágreiningur kemur upp milli aðila sem samningar taka ekki á og ekki er hægt að leysa | T-1, T-3, T-4 |
| H-3 | Hönnunarforsendur breytast á verktíma | T-1, T-3, T-4 |
| H-4 | Kostnaðaráætlun stenst ekki | T-1, T-3, T-4 |
| H-5 | Tíma- og framgangsáætlun gengur ekki eftir, t.d. vegna verkfalla, tafa á framkvæmdaleyfi | T-1, T-3, T-4 |
| H-6 | Andstaða skapast við verkefnið, neikvætt orðspor | T-1 |
| H-7 | Viðskiptaáætlun stenst ekki | T-1, T-3, T-4 |
| H-8 | Úrgangsáætlun gengur ekki eftir | T-1 |
| H-9 | Slæleg verkefnastjórn | T-1, T-2, T-4 |
| H-10 | Slysavörnum og öryggismenningu áfátt | T-2, T-4 |
| H-11 | Úthlutun/skipting áhættu er óljós | T-2, T-3, T-4 |
| H-12 | Röng hönnun | T-1, T-3, T-4 |
| H-13 | Seinkun á afhendingu | T-3, T4 |

Tafla 3 sýnir dæmi um tjón/tap (e. loss) sem ekki má verða eftir að rekstur hefst. Tafla 4 sýnir svo dæmi um þær hættur/ógnir sem leitt geta til þess tjóns/taps í rekstri sem birt er í Tafla 3. Röðun segir ekki til um mikilvægi.

***Tafla 3.*** *Dæmi um tjón/tap sem ekki má verða eftir að rekstur hefst.*

| Tjón/tap | Heiti tjóns/taps |
|---|---|
| T-R1 | Ófyrirséð rekstrarstöðvun |
| T-R2 | Ímynd skaðast |
| T-R3 | Alvarleg slys á fólki |
| T-R4 | Taprekstur (tap af sölu á rafmagni eða gufu) |
| T-R5 | Rekstrarleyfi tapast |
| T-R6 | Seinkun á gangsetningu |

***Tafla 4.*** *Dæmi um hættu/ógn sem leitt getur til tjóns/taps í rekstri.*

| Hætta/ógn | Heiti hættu/ógnar | Tjón/tap sem hlýst af |
|---|---|---|
| H-R1 | Röng hönnun | T-R1, T-R2, T-R4, T-R5, T-R6 |
| H-R2 | Mengunarslys | T-R1, T-R2, T-R5 |
| H-R3 | Tæknileg bilun (og uppsöfnun úrgangs) | T-R1, T-R2, T-R4, T-R5 |
| H-R4 | Brot á starfsleyfisskilmálum | T-R1, T-R2, T-R4, T-R5 |
| H-R5 | Andstaða í nærumhverfi/samfélagi | T-R2 |
| H-R6 | Slysavörnum og öryggismenningu áfátt | T-R2, T-R3 |
| H-R7 | Úthlutun/skipting áhættu er óljós | T-R1, T-R2, T-R3 |
| H-R8 | Neyðaráætlun ekki til eða ófullnægjandi | T-R1, T-R2, T-R3, T-R5 |
| H-R9 | Vantar efni til brennslu | T-R4, T-R6 |
| H-R10 | Brennslugildi efnis minna en gert var ráð fyrir, getur valdið brennsluvandamálum og truflun | T-R1, T-R4 |
| H-R11 | Samningar við úrgangsaðila standast ekki | T-R4 |
| H-R12 | Launaþróun, opinberar kröfur aukast | T-R4 |
| H-R13 | Illa gengur að selja orkuna | T-R4 |
| H-R14 | Breytingar á lagaumhverfi og reglum | T-R4 |
| H-R15 | Rekstrarkostnaður eykst | T-R4 |
| H-R16 | Ekki er farið að leyfisskilyrðum, t.d. varðandi losunarstig | T-R1, T-R2, TR-5 |
| H-R17 | Sölusamningar tefjast | T-R4, T-R6 |

Ekki er unnt að fara lengra með STPA-greininguna hér, til þess þurfa skýrari forsendur að liggja fyrir, t.d. varðandi staðarval. Næsti hluti væri að greina takmarkanir eða hömlur sem þurfa að gilda til að koma í veg fyrir að ofangreint tjón/tap verði. Eftir það er unnt að útbúa líkan af fyrirhuguðu stjórnskipulagi (e. control structure). Líkanið er notað til að bera kennsl á hættulegar/ótraustar (e. unsafe) stjórnunaraðgerðir (e. control actions). Að lokum fer fram sviðsmyndagreining þar sem skoðað er hvernig tjón/tap getur mögulega orðið (e. loss scenarios). Niðurstaðan er notuð til að hanna sig frá hættu.

# 6. Niðurstöður vinnustofu í áhættugreiningu sem fram fór 15. nóv. 2021

Mánudaginn 15. nóvember fór fram áhættugreining á verkefninu í Háskólanum í Reykjavík. Aðilum var boðið sem sýnt hafa verkefninu áhuga, án þess þó að vera í stýrihópi eða í sérfræðingahópi verkefnisins. Hópnum var skipt í tvær vinnustofur og tóku samtals 18 manns þátt.

Annar hópurinn vann áhættugreiningu með hefðbundinn aðferð verkefnastjórnunar[2] (nokkurs konar hugarflug) þar sem 4 tegundir áhættu voru metnar, þ.e. rekstraráhætta, fjárhagsleg áhætta, áhætta tengd lagaumhverfi og áhætta tengd stefnumörkun. Áhætta var metin út frá alvarleika (e. impact) á skalanum 1 (minnst) – 5 (mest) og líkum (e. probability/likelihood) á skalanum 1 (minnst) til 5 (mest) og margfeldi þessara þátta reiknað (mest 25). Helgi Þór Ingason stýrði hópnum. Niðurstöður fyrri hópsins, sem beitti hefðbundinni PMI-aðferð verkefnastjórnunar við áhættumat fylgja þessu minnisblaði sem viðauki. Alls komu fram 155 áhættuþættir. Þeir áhættuþættir sem hæst skora eru sýndir í Tafla 5.

*Tafla 5. Áhættuþættir sem skoruðu hæst með PMI-aðferð.*

| Nr. | Áhættuþáttur | Líkur, 1-5 | Afleiðingar, 1-5 | Reiknuð áhætta, 1-25 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Magn vs. stærð brennslu | 5 | 5 | 25 |
| 2 | Nýjar reglur frá EU, brennslan stenst þær ekki | 5 | 5 | 25 |
| 3 | Verkfall | 5 | 5 | 25 |
| 4 | Þörf á uppbyggingu í tengslum við sóttmengaðan úrgang og dýrahræ, leiðir til uppbyggingar margra minni brennslna víða um land | 5 | 4 | 20 |
| 5 | Vanmat á úrgangsgæðum | 4 | 5 | 20 |
| 6 | Breytingar í magni úrgangs í stöðina | 4 | 5 | 20 |
| 7 | Mótmæli íbúa v. mengunar | 4 | 4 | 16 |
| 8 | Skilgreining á því sem má brenna þrengist | 4 | 4 | 16 |
| 9 | Brennslan ekki af réttri stærð | 3 | 5 | 15 |
| 10 | Staðarval ekki rétt | 3 | 5 | 15 |
| 11 | Vinnuslys | 3 | 5 | 15 |
| 12 | Breyting á umhverfiskröfum | 3 | 5 | 15 |
| 13 | Magn pr. klst. stenst ekki -> hægari brennsla | 3 | 5 | 15 |
| 14 | Skortur á vinnuafli | 3 | 5 | 15 |
| 15 | Verkefnastjórnun fer úr böndunum | 3 | 5 | 15 |
| 16 | Áætlanir standast ekki -> dýrara í byggingu | 3 | 5 | 15 |
| 17 | Skortur á gæðaferlum og/eða eftirliti | 3 | 5 | 15 |
| 18 | Skortur á vinnuafli | 3 | 5 | 15 |
| 19 | Breyting á orkuframboði | 3 | 5 | 15 |
| 20 | Hliðgjöld inn í stöðina verði mun hærri en aðrar afsetningarleiðir | 3 | 5 | 15 |
| 21 | Hindranir í flutningi aðfanga | 3 | 5 | 15 |

[2] https://www.pmi.org/learning/library/risk-analysis-project-management-7070

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 22 | Ný endurvinnsla í stórum úrgangsflokki | 3 | 5 | 15 |
| 23 | Heimsfaraldrar eins og Covid19 | 5 | 3 | 15 |
| 24 | Náttúruvá | 3 | 5 | 15 |

Hinn hópurinn vann áhættugreiningu með svokallaðri VUCA-aðferð (e. Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity; VUCA), þar sem „Volatility“ stendur fyrir óstöðugleika (það sem getur breyst hratt og þá yfirleitt til hins verra), „Uncertainty“ stendur fyrir óvissu, „Clomplexity“ stendur fyrir flækjur (þætti sem flækja stöðuna), og „Ambiguity“ stendur fyrir margræðni (sú staða að hægt er að hafa margvíslegan skilning og túlkunarmöguleika sökum óskýrleika). VUCA-hópurinn notaði aðferðafræði sem Þórður Víkingur Friðgeirsson útfærði og kallast VUCA-mælir (e. VUCA meter). VUCA-mælirinn í núverandi mynd byggir m.a. á vinnustofum um áhættukennsl vegna annars verkefnis [30], [31]. Þórður Víkingur stýrði hópnum ásamt Berglindi Jónsdóttur, meistaranema í rekstarverkfræði við Háskólann í Reykjavík, en áhættugreining er hluti af meistaraverkefni hennar. Rannsóknarkenningin vegna VUCA-mælisins er í stuttu máli á þá leið að mælirinn leiði fram áhættuatburði sem ekki koma fram með hefðbundinni nálgun, gefi skýrari mynd af því hvar áhættuna sé að finna og skýrari forgangsröðun áhættuatburða. VUCA-mælirinn er hugsaður til að styrkja hið hefðbundna áhættumatsferli frekar en að koma í staðinn fyrir það. Niðurstöður hópsins sem beitti VUCA-aðferð fylgja þessu minnisblaði sem viðauki. Alls komu fram 304 áhættuþættir, það eru 149 fleiri áhættuþættir en greindir voru með PMI-aðferðinni. Ekki hefur enn unnist tími til að vinna úr niðurstöðum, en VUCA-greiningin er unnin í sjö þrepum. Fyrstu þremur þrepunum er lokið. Næsta þrep (þrep 4) felst í að samflokka áhættuþættina í nokkurs konar klasa-áhættuatburði sem hafa svipaða merkingu. Þetta er gert til að leiða fram leitni eða undirstrauma. Síðan eru áhættuatburðir mótaðir (þrep 5), áhrif vegna áhættuviðburða greind (þrep 6) og loks fer fram greining á atburðum sem nefndir eru „svartir svanir“ (þrep 7), en það eru sjaldgæfir áhættuþættir sem haft geta mikil og alvarleg áhrif. Þessi greiningarvinna er hluti af meistaraverkefni Berglindar Jónsdóttur, sem áætlað er að ljúki í byrjun árs 2022.

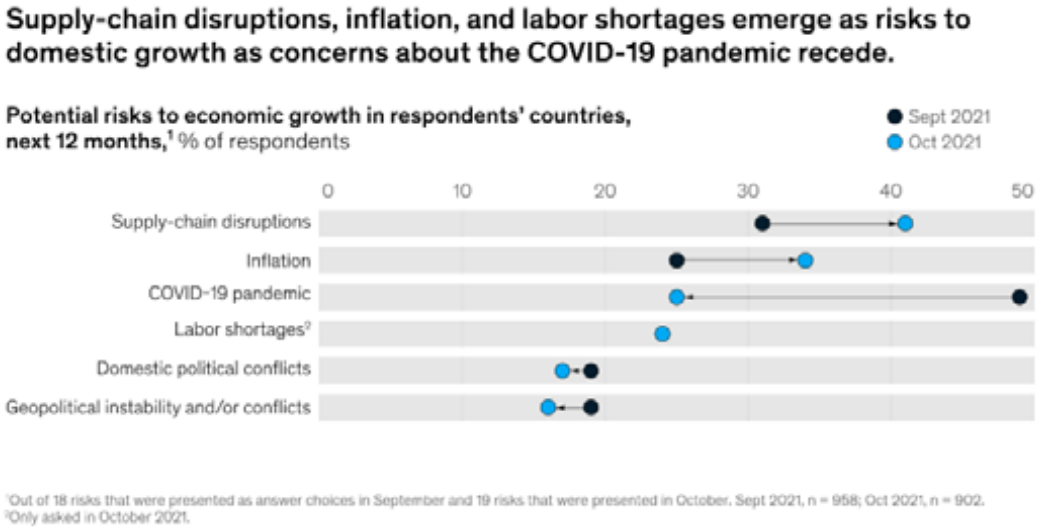
Í upphafi vinnustofunnar kom fram ábending varðandi óvissu um brennslugildi úrgangs sem brenna á í fyrirhugaðri brennslustöð. Mat COWI hefur verið 10 MJ/kg, en reynslutölur fyrir úrgang sem sendur hefur verið frá Íslandi til Skandinavíu sýna brennslugildi 14 MJ/kg. Stór hluti þessa úrgangs er lífrænn eldhúsúrgangur úr fjölbýli, þar sem ekki hefur verið krafa um sérsöfnun fyrr en nýlega. Í einhverjum tilvikum hefur matið verið 20 MJ/kg, sem kann að vera of hátt. Að mati Teits Gunnarssonar hjá Mannviti hf. breytir brennslugildi úrgangs úr 10 í 14 MJ/kg hönnunarforsendum brennslubúnaðar umtalsvert. Líklegt er talið að ef brennslugildið er hærra þurfi að stækka ýmsan búnað um allt að 40%, s.s. ketil, túrbínu, rafala, eimsvala og kæliturn. Þetta þýðir hærri kostnað. Áhætta af rangt metnu brennslugildi er margþætt og kemur m.a. fram í áhættuþáttum nr. 1, 6, 8, 9, 12, 13, 16 í Tafla 5 hér að ofan.

# 7. Umræður

Áhætta vegna hagrænna áhrifa hefur ekki verið metin í þessu verkefni. Höfundur telur þó rétt að setja niðurstöður þeirrar áhættugreiningar sem minnisblaðið fjallar um í samhengi við íslenskt atvinnu- og efnahagslíf og tengja aðeins við það sem gerist nú í hagkerfum heims, við árslok 2021.

Skýrsla McKinsey frá október 2021 fjallar um niðurstöður viðhorfkönnunar á efnahagshorfum heimsins sem fyrirtækið lét gera í september og október á þessu ári [32]. Niðurstöðurnar eru sýndar í Mynd 5. Í myndinni kemur fram að helstu áhættuþættir í hagkerfum heimsins eru eftirtaldir:

- Truflanir á virðiskeðjum eru vaxandi um allan heim.
- Verðbólga vex um allan heim.
- COVID-19 heimsfaraldurinn.
- Skortur á starfsfólki.
- Pólitísk átök.
- Átök milli ríkja.




***Mynd 5.*** *Helstu áhættuþættir í hagkerfum heimsins við árslok 2021 [32].*

Á Íslandi má greina sams konar áhættuþætti framundan. Sé horft til viðskiptaumhverfis á hér á landi má nefna nokkra áhættuþætti til viðbótar sem rétt er að hafa í huga:

(a) Vinnumarkaður er erfiður. Launabreytingar hafa verið miklar á síðustu misserum og spáð er talsverðri hækkun launavísitölu á næstu mánuðum. Launabreytingar er miklu meiri en á Norðurlöndunum og í öðrum vestrænum löndum sem við berum okkur saman við.
(b) Mörgum fyrirtækjum gengur illa að finna starfsfólk og fréttir hafa borist frá Vinnumálastofnun um að atvinnulausir þiggi ekki vinnu sem í boði er.
(c) Gengisáhætta.
(d) Samkeppnishæfni landsins er ekki nægjanlega góð og við erum langt fyrir neðan aðrar Norðurlandaþjóðir [33].
(e) Íslenskt regluverk er erlendum fjárfestum þungt í skauti, bæði í fjárfestingum og viðskiptum.

Það verkefni sem hér um ræðir fellur vel að markmiðum um bætta umhverfisvernd og heimsmarkmiðum Sameinuðu þjóðanna um sjálfbærni. Það má því segja að verkefnið sé bæði grænt

og vænt. Það skiptir máli við fjármögnun þess. Í skýrslu frá Ernst&Young sem út kom í mars 2021 kemur fram að 98% allra fjárfesta telja að UFS[3]-þættir séu grundvallaratriði við ákvörðun um fjárfestingar [34]. Flest fyrirtæki og ríki skilja að framlag þeirra til sjálfbærrar þróunar í heiminum skiptir máli. Það er þó ekki aðeins vernd umhverfis sem máli skiptir, heldur einnig félagsleg velferð og hagvöxtur. Vottuð kerfi eru notuð til að mæla árangur. Um allan heim leita fjárfestar nú að arðbærum fjárfestingartækifærum því raunvextir eru víðast hvar neikvæðir. Þeir virðast áhættusæknari en oft áður vegna ástandsins.

Sáttmáli Sameinuðu þjóðanna um sjálfbærni, UN Global Compact[4], er vegvísir fyrirtækja um hvernig ná megi markmiðum um sjálfbærni. Sáttmálinn er styður fyrirtæki sem eru tilbúin að skuldbundið sig til ábyrgra viðskiptahátta á sviði mannréttinda, að virða réttindi fólks á vinnumarkaði, að gæta varúðar í umhverfismálum og vinna gegn spillingu og kúgun.

Það hefur sýnt sig að sýnileg og trúverðug áhersla fyrirtækja á UFS-þætti og þátttaka í UN Global Compact, eða öðrum samtökum með sams konar markmið, getur skipt miklu máli við leit að ákjósanlegum fjárfestum og samstarfsaðilum. Þetta hefur einnig jákvæð áhrif á lánshæfi og viðskiptakjör fyrirtækja. Hafa ætti þetta í huga ef og þegar næstu skref verða tekin í þessu verkefni.

[3] UFS stendur fyrir umhverfislega þætti, félagslega þætti og stjórnarhætti (e. Environmental, Social and Governance, ESG).
[4] https://www.unglobalcompact.org/

# Heimildaskrá


[1] International Organization for Standardization, “ISO 31000:2018, Risk management - Principles and guidelines.” ISO, Geneva, Switzerland, 2018.

[2] C. Luo, Y. Ju, P. Dong, E. D. R. S. Gonzalez, and A. Wang, “Risk assessment for PPP waste-to-energy incineration plant projects in china based on hybrid weight methods and weighted multigranulation fuzzy rough sets,” *Sustainable Cities and Society*, vol. 74, p. 103120, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.scs.2021.103120.

[3] Y. Wu, C. Xu, L. Li, Y. Wang, K. Chen, and R. Xu, “A risk assessment framework of PPP waste-to-energy incineration projects in China under 2-dimension linguistic environment,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 183, pp. 602–617, May 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.077.

[4] C. Cui, C. Sun, Y. Liu, X. Jiang, and Q. Chen, “Determining critical risk factors affecting public-private partnership waste-to-energy incineration projects in China,” *Energy Science & Engineering*, vol. 8, no. 4, pp. 1181–1193, 2020, doi: 10.1002/ese3.577.

[5] M. S. S. Danish, T. Senjyu, H. Zaheb, N. R. Sabory, A. M. Ibrahimi, and H. Matayoshi, “A novel transdisciplinary paradigm for municipal solid waste to energy,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 233, pp. 880–892, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.402.

[6] T. Cole-Hunter *et al.*, “The health impacts of waste-to-energy emissions: a systematic review of the literature,” *Environ. Res. Lett.*, vol. 15, no. 12, p. 123006, Dec. 2020, doi: 10.1088/1748-9326/abae9f.

[7] E. de Titto and A. Savino, “Environmental and health risks related to waste incineration,” *Waste Manag Res*, vol. 37, no. 10, pp. 976–986, Oct. 2019, doi: 10.1177/0734242X19859700.

[8] W. P. Utama, A. Wibowo, D. Y. Jumas, E. Rita, M. Peli, and Yulcherlina, “Risk allocation of PPP waste to energy projects in Indonesia: A research framework,” *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 930, p. 012023, Nov. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/930/1/012023.

[9] T. Casti, “Waste to Energy in Denmark: Danish legal pathway to a clean Waste to Energy,” Master Thesis, University of Oslo, Faculty of Law, 2020. [Online]. Available: https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/81229/1/Teresa-Casti---Master-Thesis---15-August.pdf

[10] L. Strano, D. V. Pecoraro, N. Pecoraro, C. Gigli, and G. Amara, “COMMUNICATION AS A PREVENTION TOOL: A KEY LEVER FOR GENERAL ACCEPTANCE OF THE ROLE OF INCINERATION (WASTE-TO-ENERGY) AND TRANSFORMATION PLANTS TOWARDS CIRCULAR ECONOMY,” Rimini, Italy, Nov. 2019, vol. 6, p. 8. [Online]. Available: http://www.procedia-esem.eu/pdf/issues/2019/no2/31_Strano_19.pdf

[11] P. Ghaebi Panah, R.-A. Hooshmand, M. Gholipour, and M. Bornapour, “Urban microgrid ancillary service provision using plugin electric vehicle and waste-to-energy CHP,” *Journal of Energy Storage*, vol. 29, p. 101413, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.est.2020.101413.

[12] P. M. Nordestgaard and C. H. Arndt, “AMAGER BAKKE: A steel building with the design challenge of creating a world famous recreational roof,” *ce/papers*, vol. 3, no. 3–4, pp. 151–156, 2019, doi: 10.1002/cepa.1156.

[13] V. Bisinella, J. Nedenskov, C. Riber, T. Hulgaard, and T. H. Christensen, “Environmental assessment of amending the Amager Bakke incineration plant in Copenhagen with carbon capture and storage,” *Waste Manag Res*, p. 0734242X211048125, Sep. 2021, doi: 10.1177/0734242X211048125.

[14] S. Gíslason, “Hátæknibrennslustöð á Íslandi 2030 - Hverju þarf að brenna? Áætlun um magn efnisstrauma til brennslu, forsendur og helstu fyrirvarar,” Environice, Minnisblað, Sep. 2021.

[15] H. J. Bjarnadóttir and S. Kristinsson, “HELSTU UMHVERFISÞÆTTIR HÁTÆKNIBRENNSLUSTÖÐVAR,” EFLA hf., Minnisblað, Nov. 2021.

[16] P. Jensson, “Minnisblað um staðarval fyrir sorpbrennslu,” Minnisblað, Nov. 2021.

[17] R. O. Rafnsson, “Financing options for a waste-to-energy plant in Iceland,” Ernst & Young Iceland, Minnisblað, Nov. 2021.
[18] A. Karlsson and H. F. Tryggvason, “Lagaleg rýni á hátæknisorpbrennslustöð,” LMG Lögmenn, Minnisblað, Nov. 2021.
[19] G. F. Guðmundsdóttir, K. Eðvaldsson, D. E. Vilhjálmsson, J. Ö. G. Jónsson, I. A. Bergþórsdóttir, and S. Pétursdóttir, “Greining á þörf sorpbrennslu-stöðva á Íslandi,” ReSource International ehf., Sep. 2020. [Online]. Available: https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Greining%20%C3%A1%20%C3%BE%C3%B6rf%20sorpbrennslust%C3%B6%C3%B0va%20%C3%A1%20%C3%8Dslandi.%20%C3%BAtg%C3%A1fa%20nr.2.1%20afhent.pdf
[20] C. for EcoTechnology, “What is the National Sword?,” *Center for EcoTechnology*, May 09, 2018. https://www.centerforecotechnology.org/what-is-the-national-sword/ (accessed Nov. 19, 2021).
[21] “Netherlands will apply hefty tax to RDF imports as of 2020 | EUWID Recycling and Waste Management,” *EUWID, Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH*, Sep. 2019. https://www.euwid-recycling.com/news/policy/single/Artikel/netherlands-will-apply-hefty-tax-to-rdf-imports-as-of-2020.html (accessed Nov. 19, 2021).
[22] “Danish ministers call for cuts to waste imports | EUWID Recycling and Waste Management,” *EUWID, Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH*, May 2020. https://www.euwid-recycling.com/news/policy/single/Artikel/danish-ministers-call-for-cuts-to-waste-imports.html (accessed Nov. 19, 2021).
[23] N. G. Leveson, “Model-Based Analysis of Socio-Technical Risk,” Massachusetts Institute of Technology. Engineering Systems Division, Working Paper, Dec. 2004. Accessed: May 04, 2021. [Online]. Available: https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/102767
[24] N. G. Leveson, M. Daouk, N. Dulac, and K. Marais, “Applying STAMP in Accident Analysis,” Massachusetts Institute of Technology. Engineering Systems Division, Working Paper, Jun. 2003. Accessed: May 05, 2021. [Online]. Available: https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/102905
[25] N. G. Leveson, *Engineering a Safer World*. 2011. Accessed: Jul. 03, 2018. [Online]. Available: https://mitpress.mit.edu/books/engineering-safer-world
[26] N. G. Leveson and J. P. Thomas, *STPA Handbook*. Leveson and Thomas, 2018. [Online]. Available: https://psas.scripts.mit.edu/home/get_file.php?name=STPA_handbook.pdf
[27] C. H. Fleming, “Safety-driven early concept analysis and development,” Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2015. Accessed: Nov. 16, 2021. [Online]. Available: https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/97352
[28] C. H. Fleming, “Systems-Theoretic Early Concept Analysis (and Development),” MIT, Mar. 2015. [Online]. Available: http://psas.scripts.mit.edu/home/wp-content/uploads/2015/03/2015-STECA-Tutorial.pdf
[29] F. R. Frola and C. O. Miller, “System Safety in Aircraft Acquisition,” LOGISTICS MANAGEMENT INST BETHESDA MD, Jan. 1984. Accessed: Nov. 16, 2021. [Online]. Available: https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA141492
[30] T. V. Fridgeirsson, B. H. Kristjansdottir, and H. T. Ingason, “An Alternative Risk Assessment Routine for Decision Making; Towards a VUCA Meter to Assess the Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity of Complex Projects,” in *Research on Project, Programme and Portfolio Management*, Cham, 2021, pp. 41–54. doi: 10.1007/978-3-030-60139-3_4.
[31] T. V. Fridgeirsson, H. T. Ingason, H. I. Jonasson, and B. H. Kristjansdottir, “The VUCAlity of Projects: A New Approach to Assess a Project Risk in a Complex World,” *Sustainability*, vol. 13, no. 7, Art. no. 7, Jan. 2021, doi: 10.3390/su13073808.
[32] “The COVID-19 effect on economic conditions | McKinsey,” *McKinsey*, Oct. 2021. https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/the-coronavirus-effect-on-global-economic-sentiment (accessed Nov. 18, 2021).
[33] “World Competitiveness Rankings - IMD,” *IMD - International Institute for Management Development*, 2021. https://www.imd.org/centers/world-competitiveness-center/rankings/world-competitiveness/ (accessed Nov. 18, 2021).

[34] M. Bell, “Why ESG performance is growing in importance for investors,” *Ernst&Young*, Mar. 2021. https://www.ey.com/en_gl/assurance/why-esg-performance-is-growing-in-importance-for-investors (accessed Nov. 18, 2021).

Sorpbrennslustöð