

GREINING Á ÞÖRF SORPBRENNSLU- STÖÐVA Á ÍSLANDI



RESOURCE INTERNATIONAL EHF
Vallakór 4
203Kópavogi
www.resource.is
Tel: +354 571 5864

Titill: Greining á þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi

Útgáfa: 2.0

Dagsetning útgáfu: 29.09.2020

Höfundar skýrslu:

Guðrún Guðmundsdóttir, Karl Eðvaldsson, Daníel Eldjárn Vilhjálmsson, Jón Örvar G. Jónsson, Ingibjörg A. Bergþórsdóttir og Sif Pétursdóttir.

Rýnendur á skýrslu hjá Resource International ehf:

Jón Örvar G. Jónsson & Karl Eðvaldsson

Viðskiptavinur:

Umhverfisstofnun

Tengiliður: Birgitta Stefánsdóttir

Netfang / E-mail: birgitta.stefansdottir@umhverfisstofnun.is

Þessi skýrsla er upphaflega skrifuð fyrir Umhverfisstofnun. Frekari notkun eða samnýting á innihaldi þessarar skýrslu skal gert með samþykki Umhverfisstofnunar.

Upplýsingar um ráðgjafarfyrtæki:

ReSource International ehf.

Vallakór 4, 2 hæð

203 KÓPAVOGUR – Iceland

Sími: +354 571 5864

www.resource.is

Fyrirtækið ReSource International ehf. ber ekki ábyrgð á notkun gagna eða upplýsinga úr þessari skýrslu í öðru samhengi eða öðrum forritum.

1 Samantekt

Markmið verkefnisins er að gera grein fyrir þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi. Lagt var upp með fjórar rannsóknarspurningar í þessu samhengi.

1. Hver verður þróun óendurvinnanlegs úrgangs á Íslandi á árunum 2025 til 2045, ef Ísland uppfyllir markmið Evrópusambandsins (ESB) um meðhöndlun úrgangs?
2. Hver verður þróun óendurvinnanlegs úrgangs á Íslandi á tímabilinu 2025-2045 ef Ísland nær betri árangri en sem nemur markmiðum ESB?
3. Hvaða úrgangsflokkar munu skapa þörf fyrir sorpbrennslu á tímabilinu 2025-2045?
4. Hvaða lausnir gætu mætt þörf fyrir sorpbrennslu á næstu 10-25 árum með tilliti til flutnings, hagkvæmni og kolefnispors?

Skilgreining á óendurvinnanlegum úrgangi í þessari skýrslu er úrgangur sem endar í förgun en ekki í endurvinnslu eða endurnýtingu. Hver þróun þessa úrgangs verður í magni til framtíðar er háð þeim árangri er næst í endurvinnslu og endurnýtingu á næstu áratugum. Fyrirséð er að ákveðin hluti úrgangs verði alltaf óendurvinnanlegur og því þarf að leita lausna til meðhöndlunar á honum. Hluta af óendurvinnanlegum úrgangi er t.d. hægt að brenna til orkunýtingar. Áhersla verkefnisins er að greina þörf fyrir sorpbrennslustöðvar og þannig er aðeins fjallað um brennanlegan úrgang sem var að meðaltali 23% af öllum úrgangi árin 2017 og 2018.

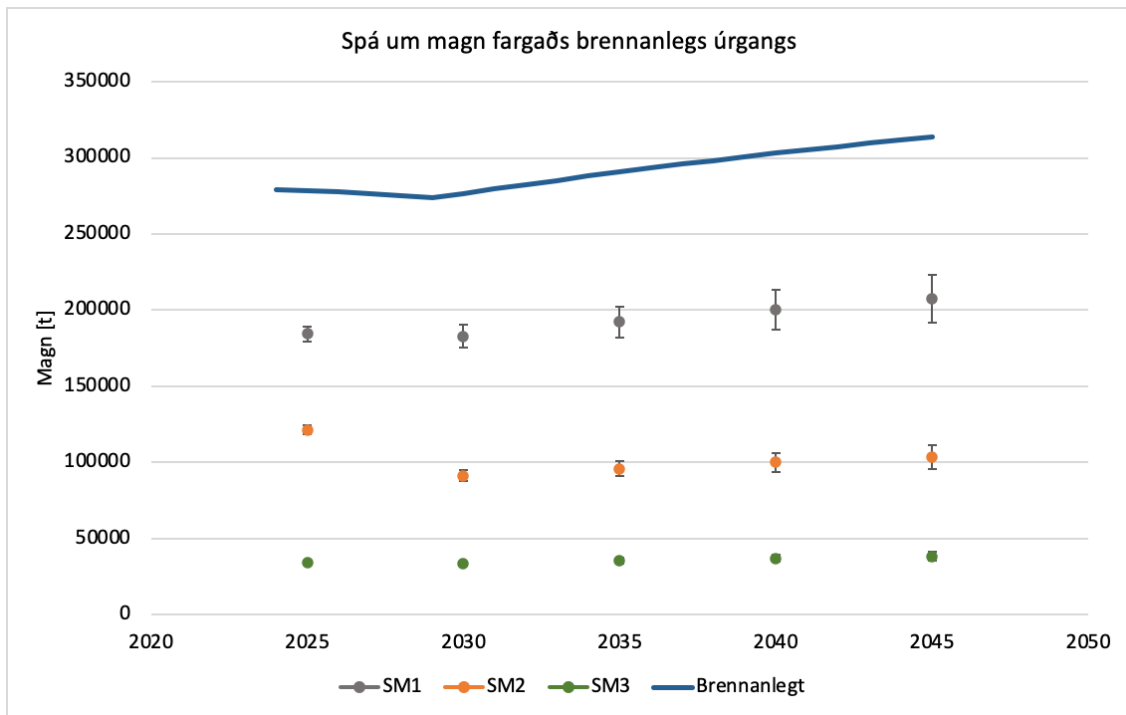
Til þess að svara spurningum eitt og tvö voru settar upp þrjár sviðsmyndir um þróun endurvinnslu og endurnýtingu til þess að sjá hversu stórt hlutfall yrði óendurvinnanlegt miðað við forsendur hveðrar sviðsmyndar (sjá kafla 7). Sviðsmyndirnar og spár þeirra miða við meðaltal úrgangsmýndunar áráanna 2017 og 2018. Í sviðsmyndunum er notast við heitið áætlaður fargaður brennanlegur úrgangur, sem er sá úrgangur sem ratar ekki í endurvinnslu en nýtist við orkuframleiðslu við sorpbrennslu.

Sviðsmynd nr. 1: Óbreytt ástand- Ísland bætir ekki hlutfall endurvinnslu eða endurnýtingu

Sviðsmynd nr. 2: Markmiðum ESB um meðhöndlun úrgangs náð - Ísland eykur hlutfall endurvinnslu og endurnýtingu í ákveðnum úrgangsflokkum í samræmi við markmiðum ESB.

Sviðsmynd nr. 3: Besta útkoma samkvæmt sérfræðingum ReSource International ehf. - Ísland nær hámarks hlutfalli endurvinnslu í þremur stærstu úrgangsflokkunum; plast, pappír, matarleifar og hámarks hlutfalli endurnýtingu í öllum úrgangsflokkum.

Grafið á mynd A sýnir spá um magn fargaðs brennanlegs úrgangs á tímabilinu fyrir sviðsmyndir 1, 2 og 3. Á myndinni sést áætlað heildarmagn brennanlegs úrgangs og þrjár sviðsmyndir um magn áætlað fargaðs úrgangs. Munurinn á milli heildarmagn brennanlegs úrgangs og niðurstöður sviðsmynda er sá úrgangur sem ratar í endurvinnslu. Sem dæmi þá er áætlað í sviðsmynd 2, þar sem markmiðum ESB nást, að endurvinnslu hlutfallið verður tvöfalt meira heldur en í sviðsmynd 1, árið 2030 þar sem gert er ráð fyrir óbreytt ástand. Tafla A sýnir spá um örlög brennanlegs úrgangs og hvernig hlutföllin milli endurvinnslu, endurnýtingar og förgun innan brennanlegs úrgangs breytast milli sviðsmynda yfir tímabilið 2025 - 2045 .



Mynd A. Spá um magn fargaðs brennanlegs úrgangs á Íslandi árin 2025 til 2045. Öryggisbilið gefur til kynna óvissu byggða á mannfjöldaspá Hagstofu Íslands (Hagstofa Íslands, 2019).

Tafla A. Spá um straum brennanlegs úrgangs á Íslandi, samanburður þriggja sviðsmynda árin 2025 til 2045.

Ár	2025	2030	2035	2040	2045	
Heildarmagn úrgangs [t]	1.217.658	1.208.548	1.269.999	1.324.049	1.370.302	
Brennanlegt [t]	278.695	276.610	290.674	303.045	313.631	
SM1	Endurvinnsla [t]	65.557	65.067	68.375	71.285	73.776
	Endurnýting [t]	28.864	28.648	30.105	31.386	32.482
	Förgun [t]	184.273	182.895	192.194	200.374	207.374
SM2	Endurvinnsla [t]	108.575	124.039	130.346	135.894	140.641
	Endurnýting [t]	48.825	61.375	64.496	67.240	69.589
	Förgun [t]	121.295	91.195	95.832	99.911	103.401
SM3	Endurvinnsla [t]	210.302	208.728	219.342	228.677	236.665
	Endurnýting [t]	34.541	34.282	36.026	37.559	38.871
	Förgun [t]	33.852	33.599	35.307	36.810	38.096

Í töflu A sést áætlað heildarmagn úrgangs á árunum 2025-2045 og magn brennanlegs úrgangs þar af en spáin gerir ráð fyrir að heildarmagn úrgangs aukist um 12,5% frá 2025 til 2045. Hlutfall brennanlegs úrgangs þar af er áætlað í kringum 23%.

Ef Ísland nær að uppfylla markmið ESB um meðhöndlun úrgangs (sviðsmynd 2) mun óendurvinnanlegur úrgangur dragast saman um 49% og samsetning hans verður hentugri fyrir brennslu en ella (sjá nánari umfjöllun í kafla 7.2). Ef Ísland nær betri árangri en markmið ESB um meðhöndlun úrgangs (sviðsmynd 3) mun óendurvinnalegur úrgangur dragast saman um 81% .

Þegar samsetning fargaðs brennanlegs úrgangs er skoðaður (sjá kafla 7) eru ákveðnir úrgangsflokkar umfram aðra sem munu skapa þörf fyrir sorpbrennslu á næstu 25 árum. Þessir úrgangsflokkar eru aðallega blandaður heimilisúrgangur, blandaður óskilgreindur úrgangur, gúmmí, viður (ekki umbúðir) og leifar frá meðhöndlun úrgangs. Þar að auki má nefna eðju, seyru, dýrahæ, sláturúrgang og fiskúrgang, þegar sá úrgangur hefur verið for-meðhöndlaður og/eða þurrkaður. Hlutfall þessara flokka er breytilegt eftir sviðsmyndum.

Sviðsmynd 1: Af þeim brennanlegum úrgangi sem áætlað er að þurfi að farga er 72,7% blandaður heimilisúrgangur, 8,5% dýrahæ, slátur- og fiskúrgangur, 10,4% blandaður óskilgreindur úrgangur og 3,3% viðarúrgangur (ekki umbúðir) aðrir flokkar 5%, sjá mynd 13.

Sviðsmynd 2: Af þeim brennanlega úrgangi sem er áætlað að þurfi að farga skv. sviðsmynd 2 árið 2030 er 22,5% blandaður heimilisúrgangur, 21,7% plast, 17,0% dýrahæ, slátur- og fiskúrgangur, 12,1% pappír og 10,0% viðarúrgangur (ekki umbúðir), sjá mynd 16 . Með þessum árangri væri magn brennanlegs úrgangs sem þyrfti að farga árið 2030 á bilinu 88-95 þúsund tonn þegar tekið er mið af öryggisbili um mannfjöldaspá. Ef horft er til ársins 2045 þá er áætlað magn brennanlegs úrgangs sem þyrfti að farga með öryggisbili um mannfjöldaspá um 96-111 þúsund tonn.

Sviðsmynd 3: Af þeim brennanlega úrgangi sem er áætlað að þurfi að farga í sviðsmynd 3 árið 2025 er 46,1% blandaður heimilisúrgangur 14,6% viðarúrgangur (ekki umbúðir), 14,9% hjólbarðar og annað gúmmí 6,6% blandaður óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri og veiðarfæri) og 6,4% leifar frá meðhöndlun úrgangs, sjá mynd 18. Með þessum árangri væri magn brennanlegs úrgangs sem þyrfti að farga árið 2030 á bilinu 32-35 þúsund tonn þegar tekið er mið af öryggisbili um mannfjöldaspá. Ef horft er til ársins 2045 þá er áætlað magn brennanlegs úrgangs sem þyrfti að farga með öryggisbili um mannfjöldaspá um 35-41 þúsund tonn. Taka skal fram að afar ólíklegt þykir að hægt sé að ná þeim markmiðum sem settar eru fram í sviðsmynd þrjú, hér er aðalega verið að leggja fram sviðsmynd sem gerir fólki kleift að sjá hvar er mögulega hægt að gera betur í endurvinnslu og hvaða áhrif það myndi hafa á samsetningu úrgangsins.

Í ljósi þeirra spá um þróun sem sett er fram í sviðsmyndum um magn brennanlegs úrgangs og úrgangsflokkar voru eftirfarandi þrjár leiðir varðandi útfærslu á sorpbrennslu bornar saman með tilliti til flutnings úrgangsins, hagkvæmni og kolefnisspors. Þessar þrjár leiðir eru: Ein sorpbrennslustöð á Íslandi; sorpbrennslustöðvum dreift um landið; sorpbrennsla á íslenskum úrgangi erlendis (sjá kafla 10)

Leið 1. – Ein sorpbrennslustöð til orkunýtingar fyrir allt landið

Kostir þess að vera með eina brennslustöð á landinu er t.d. að heildar rekstrarkostnaður er minni (kr/kg) samanborið við að vera með margar minni stöðvar um landið (Dominic, 2005). Stærri nýrri ofnar svokallaðir hátækni ofnar þykja einnig ná að nýta best þá orku sem skapast og draga mest úr loftmengun frá stöðinni. Ef horft er til staðsetningar á einni sorpbrennslustöð þá er ein megin forsendan sem sett er fram í þessari skýrslu við staðarval að sorpbrennslustöðin væri staðsett nálægt megin uppsprettu á úrgangi. Höfuðborgarsvæðið er með um 73% af heildarúrgangi landsins og er því ráðlagt, ef setja á upp

eina stöð fyrir landið, að hún yrði þá staðset í nágrenni höfuðborgarsvæðisins. Ef sorpbrennsluofninn á að geta annað það magn sem þyrfti að brenna miðað við sviðsmynd 2 þá þarf brennslu geta ofnsins að vera um 11 – 13 tonn/klst, ef miðað er við 8000 klst gangtíma á ári. Helsti gallinn við að vera með eina sorpbrennslustöð eru þær vegalengdir sem landsbyggðin þyrfti að fara með sinn úrgang til brennslu með tilheyrandi slit á vegum og aukin kolefnislosun.

Leið 2. – Sorpbrennslustöðvum dreift um landið

Í þessari skýrslu er sett upp sviðsmynd þar sem skoðað er möguleikann á því að setja upp 5 sorpbrennslustöðvar dreift um landið. Kostir þess að brennslustöðvum yrði dreift um landið er að dregið yrði úr flutningi á úrgangi á milli landshluta og ef til vill væri hægt að auka orkuöryggi á ákveðnum stöðum á landinu. Rekstrarkostnaður smærri sorpbrennslustöðva er hins vegar hærri (kr/kg) í samanburði við stærri brennslustöðvar. Þörf er á skilvirkari og nákvæmari gagnaöflun í flestum sveitarfélögum til þess að geta áætlað nákvæmari orkunýtingarmöguleika og stærð sérhvers brennsluofns.

Leið 3. – Sorpbrennsla á íslenskum úrgangi erlendis

Kostur þess að sorpbrennsla fari fram erlendis er að framkvæmdar- og rekstrarkostnaður er í lágmarki hér á landi, kostnaður fylgir helst því að undirbúa úrganginn til flutnings. Sorpbrennsla í vestur Evrópu þykir einnig umhverfisvænn kostur þegar verið er að bera saman orkuframleiðslu á brennslu úrgangs samanborið við brennslu á kolum. Þ.e.a.s. fyrir hverja MWh sem hægt er að framleiða með því að brenna sorp þá er verið að koma í veg fyrir að þurfa að brenna kol til að framleiða þessa sömu MWh. Brennsla á kolum losar um þrisvar sinnum meira CO₂/MWh heldur en brennsla á sorpi. Hins vegar eru mörg lönd, eins og t.d. Danmörk, Þýskaland og Írland, að hverfa frá kolabrennslu til orkunýtingar og þannig verður munur á kolefnisspori sorpbrennslu erlendis og á Íslandi minni í framtíðinni. Mörg Evrópulönd eru einnig farin að skattleggja innfluttan úrgang og loka sorpbrennsluofnum. Það er því metið sem svo að ekki þykir vænlegt að líta á sorpbrennslu erlendis sem framtíðar lausn á úrgangsmálum hérlandis þó að ágæt sé að nýta þessa lausn þar til aðrar lausnir verða í boði hér á landi.

.....	0
Titill: Greining á þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi.....	1
1 Samantekt.....	2
2 Orðalisti.....	8
3 Inngangur.....	8
3.1 Regluverk um meðhöndlun úrgangs á Íslandi	9
3.2 Markmið.....	9
Fyrri hluti: Greining úrgangsmýndunar á Íslandi	11
4 Aðferðarfræði	11
4.1 Flokkun úrgangs	11
4.2 Brennanleiki úrgangs	11
4.3 Orkuinnihald úrgangsflokka	15
5 Úrgangur á Íslandi og gæði gagna, árin 2000 til 2018.....	16
5.1 Gæði og samræmi gagna	17
6 Úrgangsmýndun á Íslandi 2020 til 2045.....	21
6.1 Spálíkan fyrir úrgangsmagn.....	22
7 Sviðsmýndir og forsendur	24
7.1 Sviðsmýnd 1: Óbreytt ástand	24
7.2 Sviðsmýnd 2: Markmiðum náð	26
7.3 Sviðsmýnd 3: Besta útkoma	29
7.4 Niðurstöður sviðsmýnda	31
7.5 Orkuinnihald sviðsmýnda.....	34
8 Samantekt á greiningu úrgangsmýndunar	35
Síðari hluti: Sorpbrennsla á Íslandi, framtíðarhorfur.....	37
9 Almennt um sorpbrennslustöðvar	37
9.1 Hvað er sorpbrennsla?.....	38
9.2 Val á stærð brennsluofna.....	38
10 Möguleikar sorpbrennslu til orkunýtingar á Íslandi.....	39
10.1 Forsendur fyrir mat á staðsetningu sorpbrennslustöðva	39
10.2 Ein sorpbrennslustöð á Íslandi	40
10.3 Sorpbrennslustöðvum dreift um landið	41
10.4 Sorpbrennsla á íslenskum úrgangi erlendis.....	43
11 Samantekt á möguleikum sorpbrennslu til orkunýtingar	44
12 Umræða.....	45

13	Heimildaskrá	46
	Viðaukar	49
14	Landshlutagreining.....	49
14.1	Austurland	49
14.2	Höfuðborgarsvæðið	50
14.3	Norðurland eystra	51
14.4	Norðurland vestra	52
14.5	Suðurland.....	52
14.6	Suðurnes	53
14.7	Vestfirðir	54
14.8	Vesturland.....	54
15	Eiginleikar úrgangsflokka eftir sviðsmyndum	56
16	Sviðsmynd 1. Óbreytt ástand	60
17	Sviðsmynd 2. Markmiðum ESB náð.....	61
18	Sviðsmynd 3. Besta útkoma	69
19	Almennt um sorpbrennsluofna	70
19.1	Tegundir sorpbrennsluofna.....	70
19.2	Útblástursstýring.....	72
19.3	Rekstur brennslustöðva	72
19.4	Sorpbrennsla í samanburðarlöndum	73
19.5	Spá um magn brennanlegs úrgangs á Íslandi 2045 – Sviðsmynd 2	76
19.6	Útreikningar á kolefnisspori	78

2 Orðalisti

ESB – Evrópusambandið

EWC stat - Evrópskt úrgangsflokkunarkerfi fyrir tölfraði (*European Waste Classification for Statistics*)

EFTA – Fríverslunarsamtök Evrópu

GaJa – Gas- og jarðgerðarstöð

LHV – Lower Heating Value (Lægra hitagildi)

RDF – Eldsneyti unnið úr úrgangi (e. Refuse Derived Fuel)

Brennanlegur úrgangur - Sá hluti úrgangs sem hægt er að brenna þannig að orka hlýst af bruna hans (miðað við orku-, raka- og öskuinnihald) og á sama tíma myndar ekki tærandi efni við bruna sem gæti eyðilagt brennsluofna

Óendurvinnanlegur úrgangur - Sá úrgangur sem ekki er hægt að endurvinna hverju sinni, hvort sem það sé vegna gerð efnis, tæknilegra vandamála eða skorts á hagnýtum lausnum.

Áætlaður fargaður úrgangur - Sá úrgangur sem áætlað er að hvorki sé hægt að endurvinna né endurnýta, hvort sem það sé vegna gerð efnis, tæknilegra vandamála eða skorts á hagnýtum lausnum.

3 Inngangur

Á árunum 1970 til 1990 voru engar sérstakar kröfur gerðar til staðsetningar, rekstrar eða frágangs urðunarstöðva á Íslandi. Úrgangi var víða rutt út í sjó, brenndur í opinni brennslu eða í brennsluþró. Ekki er vitað um nákvæma staðsetningu allra aflagðra urðunarstaða né magn eða samsetningu úrgangsins sem urðaður var. Hins vegar er vitað að blandaður úrgangur var að mestu urðaður, þ.e. allur blandaður heimilis- og rekstrarúrgangur, spilliefni ofl.. Á þessum tíma voru engar ráðstafanir gerðar til að koma í veg fyrir að mengunarvaldar bærust út í umhverfið (Meyles, 2003).

Árið 1990 voru um 19 stöðvar notaðar til opinnar brennslu og voru samtals 60 skráðir förgunarstaðir á landinu (Meyles, 2003). Frá árinu 1990 hafa orðið umskipti í úrgangsmálum á Íslandi sem stafa helst af A) alþjóðlegum umhverfisverndarsáttmálum sem Ísland er aðili að, B) stofnun Umhverfisráðuneytisins árið 1990, C) þátttöku Íslands í EES-samningum og setningu laga um meðhöndlun úrgangs, D) rekstur sem annast förgun varð starfsleyfisskyldur, E) stofnun Úrvinnslusjóðs og F) breytingu á gjaldskrá móttöku- og endurvinnslustöðva á landinu.

Skýrsla þessi greinir þörf fyrir rekstur sorpbrennslustöðva á Íslandi. Metið er magn og samsetningu brennanlegs og óendurvinnanlegs úrgangs á Íslandi með tilliti til markmiðum ESB um meðhöndlun úrgangs sem Ísland þarf að uppfylla.

3.1 Regluverk um meðhöndlun úrgangs á Íslandi

Samkvæmt rammatilskipun ESB um úrgang (e. Waste Framework Directive 2008/98/EC) er úrgangur skilgreindur sem „hvers kyns efni eða hlutir sem handhafi úrgangs ákveður að losa sig við, ætlar að losa sig við eða er gert að losa sig við“.

Ísland er meðlimur að fríverslunarsamtökum Evrópu (EFTA) og hefur samþykkt samning Evrópska efnahagssvæðisins (EES) og ber þess vegna skylda til þess að skila gögnum um úrgangsmýndun og uppfylla markmið rammatilskipunar ESB um úrgang. Markmið Evrópusambandsins eru sýnd í töflu 1.

Tafla 1. Markmið ESB um ráðstöfun úrgangs til ársins 2035.

Úrgangsflokkur	Ráðstöfun	Markmið 2025	Markmið 2030	Markmið 2035
Álumbúðir	Endurvinnsla	50%	60%	
Glerumbúðir	Endurvinnsla	70%	75%	
Heimilisúrgangur	Endurvinnsla	55%	60%	
Heimilisúrgangur	Urðun			10%
Plastumbúðir	Endurvinnsla	50%	55%	
Rafhlöðu- og rafgeymaúrgangur	Söfnun	85% (2024)		
Umbúðaúrgangur	Endurvinnsla	65%	70%	
Umbúðir úr járnrikum málmum	Endurvinnsla	70%	80%	
Umbúðir úr pappír og pappa	Endurvinnsla	75%	85%	
Viðarumbúðir	Endurvinnsla	25%	30%	

3.2 Markmið

Markmið verkefnisins er að meta líklega þróun á magni óendurvinnanlegs úrgangs á Íslandi til næstu 25 ára. Einnig skal meta hvaða úrgangsflokkar öðrum fremur skapa þörf fyrir sorpbrennslu og hvaða lausnir eru hagkvæmastar til að mæta slíkri þörf.

Leitast var við að svara eftirfarandi spurningum:

- Hvernig mun magn óendurvinnanlegs úrgangs sem fellur til á Íslandi, þróast frá árinu 2025 til ársins 2045, ef töluleg markmið, sem áætlað er að munu taka gildi um endurvinnslu, verða uppfyllt?
- Hvernig mun magn óendurvinnanlegs úrgangs á Íslandi þróast til ársins 2045, ef aðgerðir, sem ætlanin er að ráðast í til stuðnings aukinnar endurvinnslu, skila miklum árangri sem mun leiða til þess að hlutfall endurvinnslu verður enn hærra en þau tölulegu markmið sem fyrir séð er að munu taka gildi segja til um, þ.e. ef hér á landi næst eins hátt hlutfall endurvinnslu og raunhæft getur talist?
- Er fyrir séð að einhverjir úrgangsflokkar, öðrum fremur, skapi þörf fyrir sorpbrennslu á næstu 10–25 árum, ef tillit er tekið til þeirra breytinga á umhverfi endurvinnslu og urðunar í landinu sem fyrir séðar eru?
- Hvaða lausnir, héraðs eða erlendis, gætu mætt áætlaðri þörf fyrir brennslu á úrgangi ef horft er til næstu 10–25 ára, þar sem mið er tekið af magni óendurvinnanlegs úrgangs sem mun falla til hér á landi, dreifingu þess um landið, kolefnisspori og hagkvæmni mögulegra kosta við sorpbrennslu?

Vegna umfangs verkefnisins er skýrslu þessari skipt upp í tvo hluta: *Greining úrgangsmyndunar á Íslandi og Sorpbrennsla á Íslandi, framtíðarhorfur*. Í fyrri hlutanum verður fyrstu þremur spurningunum svarað varðandi þróun magns og úrgangflokka og í síðari hlutanum er síðustu spurningunni svarað og möguleikar sorpbrennslu á Íslandi kannaðir.

Í *Greining úrgangsmyndunar á Íslandi* er fyrst fjallað um flokkunarkerfi úrgangs (kafla 4.1) og skilgreiningu brennanlegs úrgangs (kafla 4.2). Farið verður í saumana á fortíð, nútíð og framtíð úrgangsmyndunar á Íslandi með tilliti til gagnasöfnunar. Gert verður grein fyrir úrgangsmyndun á Íslandi á árunum 2000 til 2018 (kafla 5), gæði gagna og samræmi þeirra (kafla 5.1), og aðferðafræði og útreikninga við gerð spálíkans um magn úrgangs sem mun falla til á Íslandi til ársins 2045 (kafla 6). Í viðauka 14 er svo að finna nánari upplýsingar um magn og samsetning úrgangs eftir landshlutum árið 2018.

Í kafla sjö eru þrjár sviðmyndir skoðaðar.

Sviðsmynd 1: Óbreytt ástand- Ísland bætir ekki hlutfall endurvinnslu eða endurnýtingu í samanburði við meðaltal fyrir árið 2017 og 2018

Sviðsmynd 2: Markmiðum ESB um meðhöndlun úrgangs náð - Ísland eykur hlutfall endurvinnslu og endurnýtingu í ákveðnum úrgangsflokkum í samræmi við markmiðum ESB (sjá töflu 1)

Sviðsmynd 3: Besta útkoma samkvæmt sérfræðingum ReSource International ehf. - Ísland nær hámarks hlutfalli endurvinnslu í þremur stærstu úrgangsflokkunum; plast, pappír, matarleifar og hámarks hlutfalli endurnýtingu í öllum úrgangsflokkum.

Þá er gert grein fyrir orkuinnihaldi efnanna fyrir sviðsmyndirnar þrjár í kafla 7.5. en orkuinnihald úrgangsefna er mikilvægt þegar kemur að því að skoða forsendur sorpbrennslu.

Í öðrum hluta skýrslunnar, *Sorpbrennsla á Íslandi, framtíðarhorfur* er farið yfir sorpbrennslu í samanburðarlöndum og lagðar fram þrjár mismunandi útfærslur hvernig má uppfylla þörf fyrir sorpbrennslu á Íslandi og forsendur fyrir val á staðsetningu sorpbrennslustöðva. Þær eru: Ein sorpbrennslustöð á Íslandi; Sorpbrennslustöðvum dreift um landið; Sorpbrennsla á íslenskum úrgangi erlendis. Kolefnisspor sorpbrennslu og urðunar eru svo borin saman í kafla 10.4.

Fyrri hluti:

Greining úrgangsmýndunar á Íslandi

Aðferðarfræði	11
Úrgangur á Íslandi og gæði gagna, árin 2000 til 2018.....	16
Úrgangsmýndun á Íslandi 2020 til 2045.....	21
Sviðsmyndir og forsendur	24
Samantekt á greiningu úrgangsmýndunar	35

4 Aðferðarfræði

Magntölur eru byggðar á EWC-stat kerfi sem er sú úrgangsflokkun sem notast er við skil á gögnum til Hagstofu ESB (Eurostat). Brennanlegur úrgangur er skilgreindur út frá EWC-stat flokkun og orkuinnihald flokkanna var metið í kjölfarið.

4.1 Flokkun úrgangs

Við flokkun mismunandi tegunda úrgangs var miðað við reglugerð ESB nr. 2150/2002 (Commission, 2002) um úrgangstölfræði og viðbætur við hana, reglugerð nr. 849/2010 (Commission, 2002) sem skilgreina Evrópskt úrgangsflokkunarkerfi fyrir tölfræði (*European Waste Classification for Statistics, EWC-Stat*). EWC-flokkunarkerfið skiptir öllum úrgangi upp í 33 meginflokka sem sumir skiptast síðan enn frekar upp í spilliefni og ekki spilliefni.

Þetta flokkunarkerfi er gert til þess að tölfræði um úrgang aðildarríkja ESB og EES sé sambærileg milli landa. Flokkarnir eru skilgreindir af Hagstofu ESB (Eurostat, 2010).

4.2 Brennanleiki úrgangs

Mikilvægt er að skilgreina hversu vel úrgangur hentar til brennslu til þess að geta ákvarðað orkuinnihald þess úrgangs sem á að brenna. Hentugleika úrgangs til brennslu má nálgast á tvo vegu. Annars vegar má athuga hvort viðkomandi úrgangsflokkur innihaldi efni sem er hættulegt að brenna eða geta haft neikvæð áhrif á brennsluofninn og hins vegar má skoða hlutfall raka, ösku og brennanlegs efnis í viðkomandi flokki, en þessi hlutföll ákvarða hvort hægt sé að brenna viðkomandi flokk án utanaðkomandi eldsneytis.

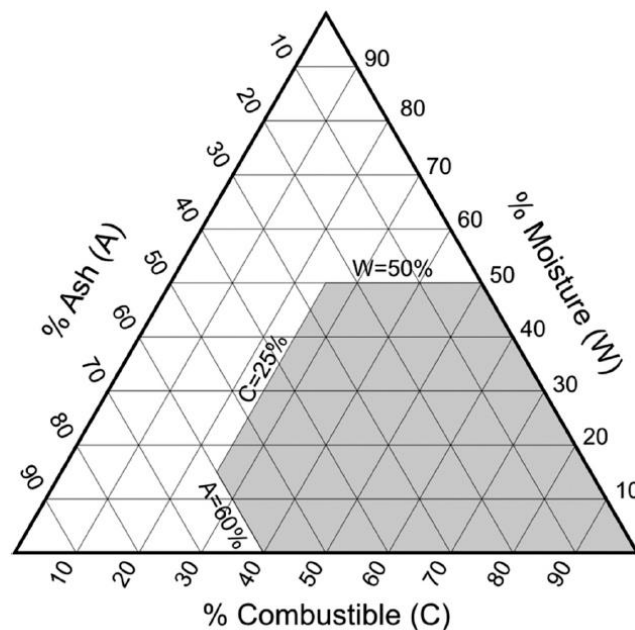
Úrgangur sem inniheldur ólífræn sölt, hátt brennisteins- eða halógenmagn eða er geislavikur hentar illa til brennslu.

- **Ólífræn sölt.** Úrgangur sem er ríkur af basískum söltum er óhentugur til brennslu vegna þess að söltin leysast upp í lofti, setjast innan á brennsluofninn og draga úr virkni brennslunnar.

- **Hátt brennisteins- eða halógenmagn.** Klóríð og súlfíð geta myndað súr efnasambönd sem brjóta niður málma og aðra hluta brennsluöfningsins.
- **Geislavirkur úrgangur.** Brennsluöfnar þurfa að vera sérstaklega hannaðir til þess að brenna geislavirkan úrgangur.

Hlutfall raka, ösku og brennanlegs efnis ákvarðar hversu vel úrgangur brennur. Orka fer í það að hita upp rakan í efninu og breyta því í gufu, svo raki dregur úr brennanleika úrgangs. Aska er sá hluti úrgangsins sem hefur ekkert orkuinnihald og situr eftir þegar búið er að brenna úrganginn. Aska er samsett úr steinefnum (t.d. kísil, fosfór, natríum, kalk o.fl.) og málmum (ál, járn, o.fl.) (Tchobangoglous & Kreith, 2002). Aska hefur ekki bein neikvæð áhrif á brennanleika eins og raki en hærra hlutfall hennar þýðir engu að síður að minna er af brennanlegum efnunum í úrganginum og dregur þ.a.l. úr brennanleika þess. Þegar búið er að draga vatn og ösku frá er brennanlegi hluti úrgangsins eftir (einnig nefnt rokgjörn föst efni – e. volatile solids, VS) en það er sá hluti sem inniheldur efnasambönd sem geta oxast og gefið frá sér hita.

Mynd 1 sýnir teikningu Tanners, en hún lýsir því hvernig hlutföll raka, ösku og brennanlegs efnis hafa áhrif á brennanleika úrgangs. Úrgangur sem er innan skyggða svæðisins á myndinni getur viðhaldið eigin bruna án þess að þurfi að notast við utanaðkomandi eldsneyti. Samkvæmt teikningunni þarf úrgangurinn að innihalda minna en 50% vatn, minna en 60% ösku og meira en 25% brennanlegt efni (Christensen, 2011).



Mynd 1. Teikning Tanners. Úrgangur sem fellur innan við grúa svæðið er hægt að brenna án eldsneytisástoðar (Christensen, 2011).

Teikning Tanners og áður nefnd skilyrði ákvarða getu EWC-stat flokka sem falla til á Íslandi til að viðhalda eigin bruna og þar af leiðandi hentugleika þeirra til sorpbrennslu. Til þess að geta greint hlutfall raka, ösku og brennanlegra efna fyrir hvern úrgangsflokk þarf að skoða innihaldsefni þeirra. Þetta var gert með hjálp EASETECH líkansins sem er lífsferilsgreiningarlíkan (e. LCA model) þróað af Tækniháskólanum í Danmörku (DTU) sem er sérhæft til þess að reikna umhverfisáhrif úrgangsstjórnunar, þ.e. þjónustu og meðhöndlun úrgangsefna. EASETECH líkanið hefur gagnabanka yfir eiginleika fjölda úrgangsflokka, meðal annars hlutföll raka, ösku og brennanlegra efna sem og orkuinnihald viðkomandi flokka. Með því

að tengja saman EWC og EASETECH flokkana er hægt að fá yfirlit yfir hvaða EWC-stat flokkar henta til sorpbrennslu.

Tafla 2 sýnir alla EWC-stat flokkana og hvort þeir uppfylli skilyrðin að geta viðhaldið eigin bruna. Í töflunni hafa verið merktir með rauðu þeir flokkar sem ekki uppfylla skilyrðin samkvæmt skilgreiningu Tanners til að hægt sé að brenna þau (eru ekki brennanlegir). Þeir flokkar sem eru merktir með gulu eru úrgangsflokkar sem hafa yfirleitt hærra en 50% rakainnihald en hægt væri að auka brennanleika þeirra með því að þurrka. Ef þessir flokkar eru ekki þurrkaðir má gera ráð fyrir að brennsla þeirra muni kosta orku í stað þess að framleiða orku. Nákvæm greining á hlutfalli raka, ösku og brennanlegra efna í þeim EWC-stat flokkum sem eru brennanlegir má sjá í viðauka 15.

Þeir úrgangsflokkar, sem ekki eru merktir, eru undir venjulegum kringumstæðum brennanlegir. Hins vegar eru flokkar í töflunni, eins og t.d. *Notaðir leysar, Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum, Raf- og rafeindatækjaúrgangur og Leifar frá meðhöndlun úrgangs*, sem þarf að meta hverju sinni hvort innihaldi ólífræn sölt, hátt brennisteins- eða halógenmagn eða geislavirkan úrgang og henta því ekki til brennslu.

Tafla 2. Kóðar og úrgangslýsingar EWC flokkunarkerfisins sem skráðir voru á Íslandi 2018. Rauðu raðirnar gefa til kynna að flokkur er óhentugur til brennslu og gulu raðirnar gefa til kynna að meðal rakainihald flokksins er hár og það þyrfti að þurrka efnið fyrir brennslu, annað flokkast sem brennanlegt.

EWC Kóði	Lýsing
01.1	Notaðir leysar
01.2	Sýrur, basar og úrgangur í saltlausn
01.3	Notaðar olíur
01.4, 02, 03.1	Efnaúrgangur
03.2	Eðja frá iðnaðarfrárennsli
03.3	Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs
05	Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum
06.1	Málmúrgangur, járnrikur (ekki umbúðir)
06.2	Málmúrgangur, járnlaus (ekki umbúðir)
06.31	Málmumbúðir
06.32	Málmúrgangur, blandaður járnrikur og járnlaus (ekki umbúðir)
07.11	Glerumbúðir
07.12	Glerúrgangur (ekki umbúðir)
07.21	Pappírs- og pappaubúðir
07.23	Pappírs- og pappauúrgangur (ekki umbúðir)
07.3	Hjólbarðar og annað gúmmí
07.41	Plastumbúðir
07.42	Plastúrgangur (ekki umbúðir)
07.51	Viðarumbúðir
07.53	Viðarúrgangur (ekki umbúðir)
	Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifsstarfsemi
07.6	Textílúrgangur
7.7	Úrgangur sem inniheldur PCB
08.1	Úr sér gengin ökutæki
08.2	Raf- og rafeindatækjaúrgangur
08.41	Rafhlöður og rafgeymar
09.11	Dýrahræ
	Fiskúrgangur
	Sláturúrgangur
09.12	Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum
09.21	Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur
09.31	Húsdýraskítur
10.11	Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrgangur)
10.12	Úrgangur frá götuhreinsun
10.22	Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri)
	Veiðarfæri
10.3	Leifar frá meðhöndlun úrgangs
11.4	Ristarúrgangur og seyra
12.11	Óvirkur úrgangur (t.d. steypa, flísar, gifs, gler)
12.12	Malbik
12.13	Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur
12.2	Úrgangur sem inniheldur asbest
12.3	Jarðefni (t.d. steinar, mól og sandur)
12.4	Úrgangur frá varmaferlum
12.5	Tilbúin steinefni og eldföst efni
12.6	Jarðvegur (hreinn)
	Jarðvegur (mengaður)
12.8	Leifar frá brennslu og hitasundrun úrgangs

4.3 Orkuinnihald úrgangsflokka

Til þess að hægt sé að meta enn frekar brennanleika þess úrgangs sem fellur til á Íslandi þarf að skoða orkuinnihald hans. Í því samhengi er lægra hitagildi úrgangsins (e. Lower Heating Value, LHV) sú tala sem skiptir mestu máli þegar skoða á hentugleika úrgangs til sorpbrennslu.

Hitagildi efnis er sú orka sem losnar við fullkomna oxun, þ.e. bruna, efnisins. Hægt er að skipta hitagildi frekar upp í hærra og lægra hitagildi. Lægra hitagildi efnis er sú orka sem fæst við fullkominn bruna efnis að frádreginni þeirri orku sem fer í að hita upp þann raka sem er í efninu og breyta í gufu. Hærra hitagildi efnis er sú hámarksorka sem fæst við fullkominn bruna efnisins þar sem sú orka sem fer í að hita upp rakan og breyta í gufu er endurheimt með því að láta gufuna þéttast aftur í vatn. Hærra hitagildi sýnir fræðilega hámarksorku sem hægt er að fá við að brenna efnið en lægra hitagildi gerir betur grein fyrir þeirri nýtanlegu orku sem fæst við bruna á úrgangi.

Til þess að hægt sé að brenna úrganginn þarf hann að uppfylla ákveðnar kröfur um lágmark lægra hitagildis. Þetta lágmark er mismunandi eftir því hvernig brennsluofn er byggður en almennt er miðað við að það sé á bilinu 10 - 12 MJ/kg (Christensen, 2011). Þetta skiptir máli þegar skoðuð er heildarsamsetning úrgangsins sem áætlað er að verði brenndur og er aftur fjallað um í kafla 7.5. Lægra hitagildi brennanlegu úrgangsflokkanna, sem ákvarðaðir voru í kafla 4.2, var fundið með því að nota gögn úr EASETECH gagnagrunninum varðandi hitagildi úrgangs. Gildið fyrir hvern EWC-stat flokk fyrir sig má sjá í viðauka nr.15.

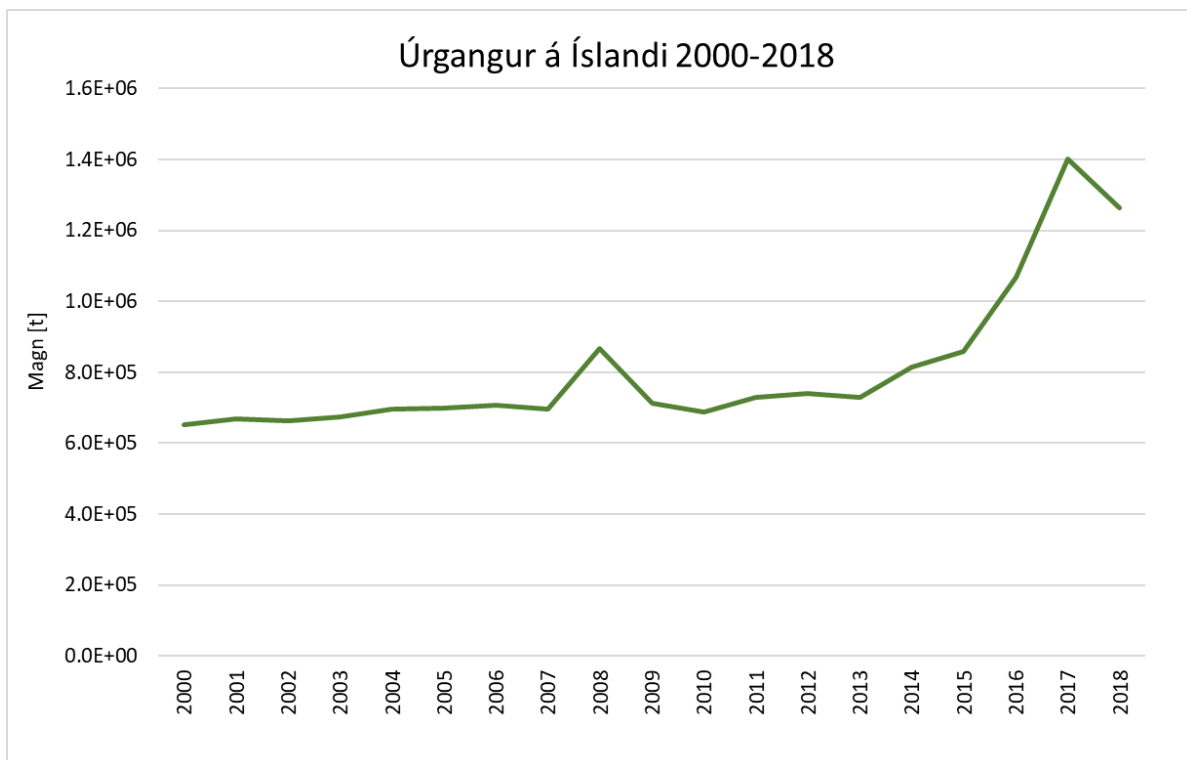
Ákveðnir flokkar úrgangs er ekki æskilegt að brenna sökum slæmra áhrifa á brennsluofna, á umhverfið eða vegna annara eiginleika. Tafla 3 gefur yfirlit yfir þá úrgangsflokka sem ekki eru brenndir og ástæðuna fyrir því. Þessir flokkar eru ekki teknir með í útreikninga um orkuinnihald brennanlegs úrgangs.

Tafla 3: EWC úrgangsflokkar sem eru ekki teknir með í útreikninga um orkuinnihald brennanlegs úrgangs

EWC flokkur	Lýsing	Ástæður fyrir að brenna ekki
01.0	Notaðir leysar	- Geta verið skaðlegir fyrir vélbúnað ef þeir innihalda halógena. Þörf á nánari flokkun og greiningu á innihaldi flokks.
03.3	Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs	- Of hátt rakainnihald, þarf að þurrka áður en hægt er að brenna.
11.4	Ristarúrgangur og seyra	- Of hátt rakainnihald, þarf að þurrka áður en hægt er að brenna.

5 Úrgangur á Íslandi og gæði gagna, árin 2000 til 2018

Árið 2018 var 1,26 milljón tonn af úrgangi skráð á skráningarvef Umhverfisstofnunar. Þann 1. janúar 2019 var mannfjöldi á Íslandi 360.562 sem gerir 3,5 tonn af úrgangi á íbúa árið 2018. Árið 2017 var heldur meiri úrgangur en árið 2018. Árið 2017 er áberandi hvað varðar óvirkan framkvæmdaúrgang (um 62% af heildarmagni úrgangs það ár). Skýring þess liggur meðal annars í framkvæmdum á höfuðborgarsvæðinu, t.d. nýr Landspítali, Hafnartorg, byggingasvæðið við Hörpu, bygging íbúðarhúsnæðis, samtals rúmlega 465 þúsund tonn af jarðvegi.



Mynd 2. Magn úrgangs í tonnum sem féll til á Íslandi á árunum 2000 til 2018 (óvirkur framkvæmdaúrgangur bakreiknaður fyrir árin 2000 til 2013).

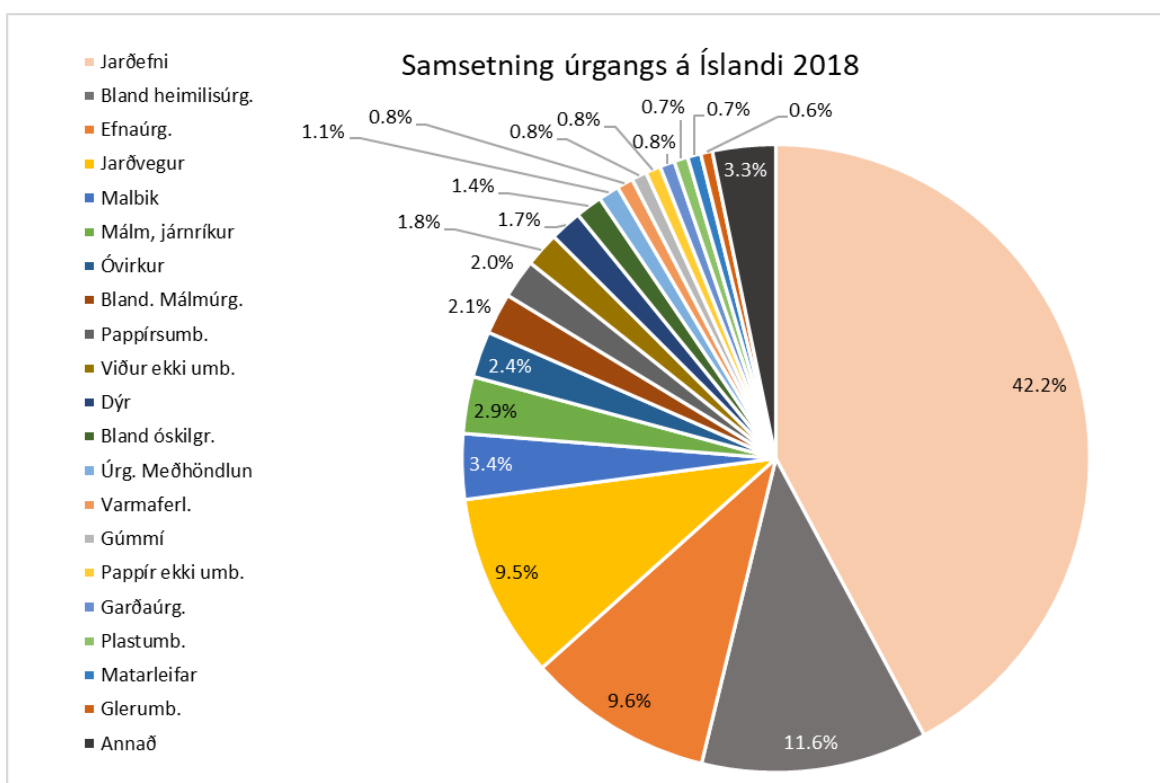
Árið 2014 var EWC-stat flokkunarkerfið tekið upp á Íslandi og áttak gert í að ná til allra þeirra rekstraraðila sem meðhöndla úrgang. Þannig varð aukning í skráningu á óvirkum framkvæmdaúrgangi á milli árunna 2013 og 2014. Auk þess féllu aukaafurðir úr dýrum að hluta til utan úrgangsskilgreiningar árið 2014. Vegna þessara breytinga í gagnasöfnun var nauðsynlegt að áætla fyrir árið 2014 þann hluta úrgangsins sem ekki var skráður á því ári. Það var gert með því að nota hlutfall þeirrar tegundar úrgangs á árunum 2015 til 2018 og bakreikna það fyrir árin 2000 til 2014. Grafið er þannig samsett út frá gagnasafni Umhverfisstofnunar um úrgang 2015 til 2018 og gögnum um úrgang 2000 til 2014, þar sem óvirkur framkvæmdaúrgangur hefur verið bakreiknaður. Þetta var gert til þess að rétta úr innbyggðri skekkju í gagnasöfnuninni og gefa áreiðanlega spálíkan (kafla 6.1).

5.1 Gæði og samræmi gagna

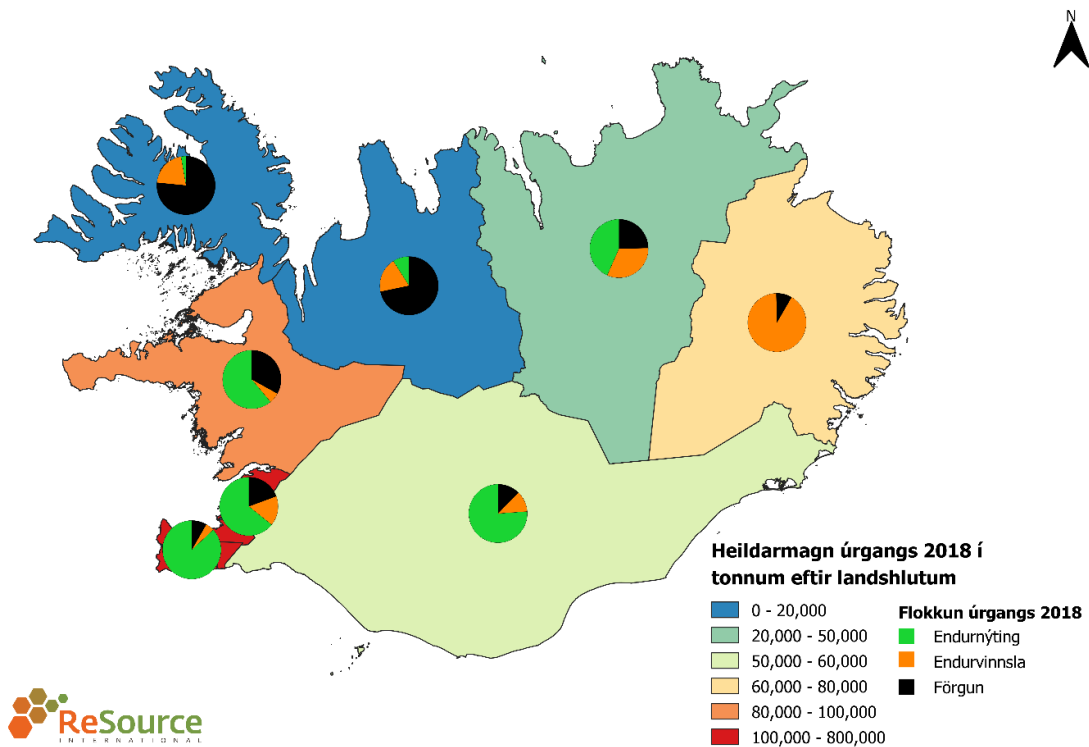
Myndir 5-8 gera grein fyrir úrgangsmýndun á Íslandi árið 2018. Þær sýna nákvæmni gagnanna og vankanta þeirra. Á mynd 3 má sjá samsetningu heildarúrgangs á landinu öllu árið 2018. Jarðefni (t.d. steinar, mól og sandur) (EWC-stat flokkur 12.3) voru 42,2%, 11,6% var blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11), 9,6% efnaúrgangur (EWC-stat flokkur 01.4, 02, 03.1) og 9,5% jarðvegur (hreinn eða mengaður) (EWC-stat flokkur 12.6).

Landupplýsingaforrit (Q-Gis) er notað til að tengja saman töluleg gögn um úrgang frá skráningarvef Umhverfisstofnunar, Hagstofunni og landfræðileg gögn frá Landmælingum Íslands (Landmælingar Íslands, 2020; Hagstofa Íslands, 2019). Með því má draga upp ýmsar myndir af dreifingu, magni og samsetningu úrgangs á landinu

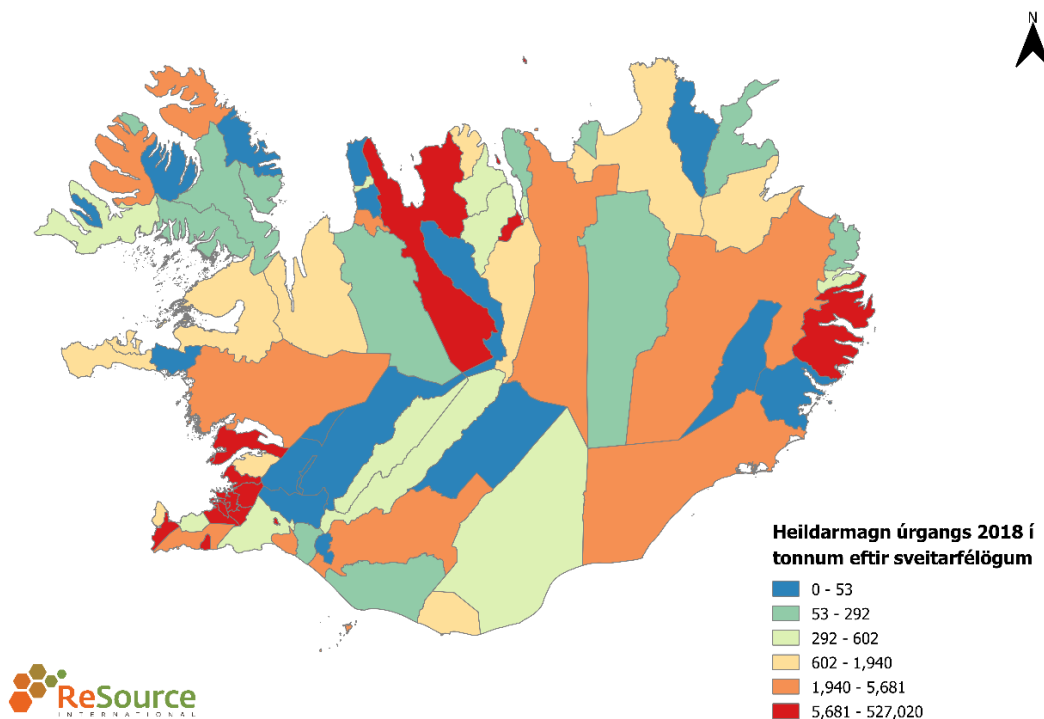
Á Mynd 4. má sjá heildarmagn úrgangs árið 2018 í tonnum eftir landshlutum. Fyrir hvern landshluta má að auki sjá skifurit sem sýnir skiptingu á milli endurnýtingar, endurvinnslu og förgunar. Af Mynd 4. má greina að mestur úrgangur fellur til á höfuðborgarsvæðinu og á Suðurnesjum og að mesta endurvinnslan fer fram á Austurlandi. Mesta förgunin á sér stað á Vestfjörðum og Norðurlandi vestra og mesta endurnýtingin á Suðurnesjum og Suðurlandi. Þó breytist magn og flokkunarhlutfall hvers landshluta þegar jarðvegur og jarðefni eru fjarlægð frá heildarmagni úrgangs (sjá Mynd 21 í viðauka 14).



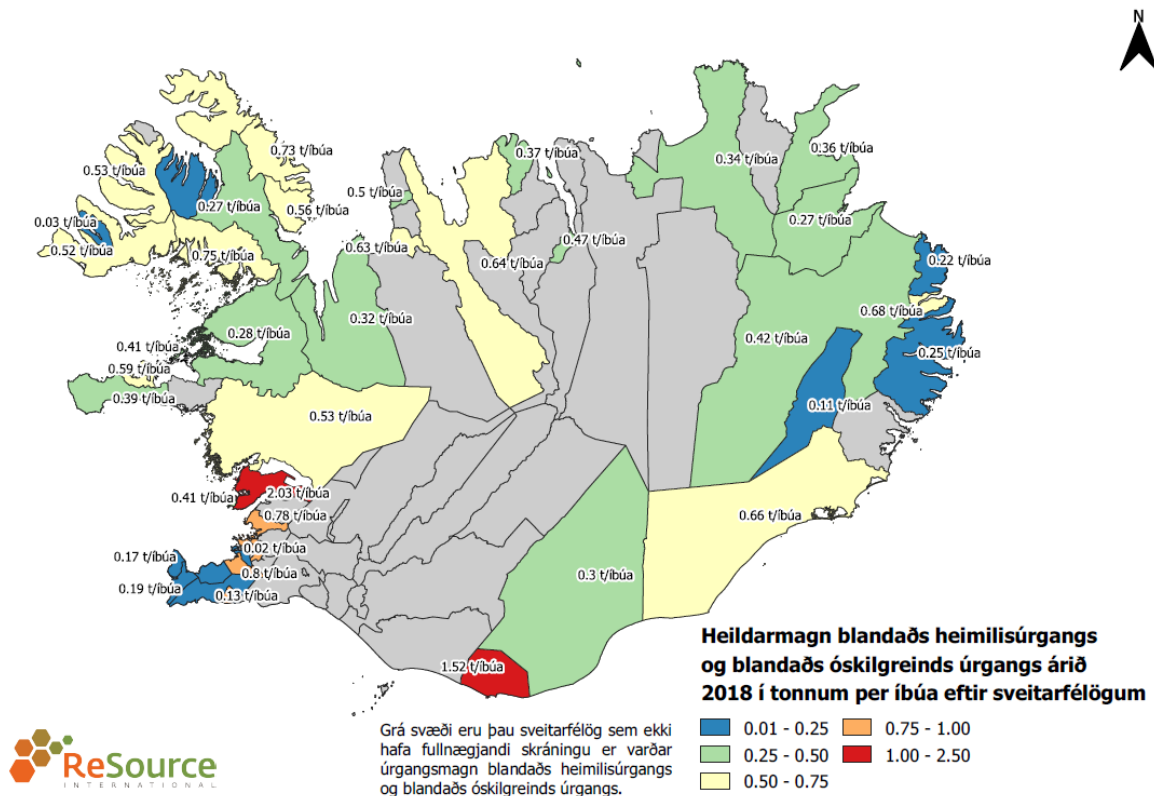
Mynd 3. Samsetning alls úrgangs á Íslandi árið 2018 flokkað eftir EWC-stat flokkum



Mynd 4. Heildarmagn úrgangs 2018 í tonnum eftir landshlutum ásamt skífuritum fyrir hvern landshluta sem sýna hlutföll flokkunarleiða, þ.e. hvernig skiptingin er í landshlutanum fyrir endurnýtingu, endurvinnslu og förgun.



Mynd 5. Heildarmagn úrgangs 2018 í tonnum eftir sveitarfélögum. Rauði liturinn gefur til kynna mesta úrgangs magnið



Mynd 6. Heildarmagn blandaðs heimilisúrgangs og blandaðs óskilgreinds úrgangs árið 2018 í tonnum per íbúa eftir sveitarfélögum. Gögn um íbúafjölda fengin frá Hagstofu Íslands.

Á Mynd 5. er skipting á úrgangi skoðuð á milli sveitarfélaga. Það er greinilegt að sveitarfélög sem hýsa stóriðju losa mun meiri úrgang en önnur sveitarfélög, t.d. Fjarðabyggð og Hvalfjarðarsveit. Þau sveitarfélög sem eru fámenn losa minni úrgang en þau sem eru fjölmenn, til að mynda Kaldraneshreppur (109 íbúar 01.01.2020) og Dalabyggð (639 íbúar 01.01.2020). Þau sveitarfélög sem eru nálægt stærri bæjum losa minni úrgang, t.d. Súðavíkurbreppur og Ísafjarðarbær.

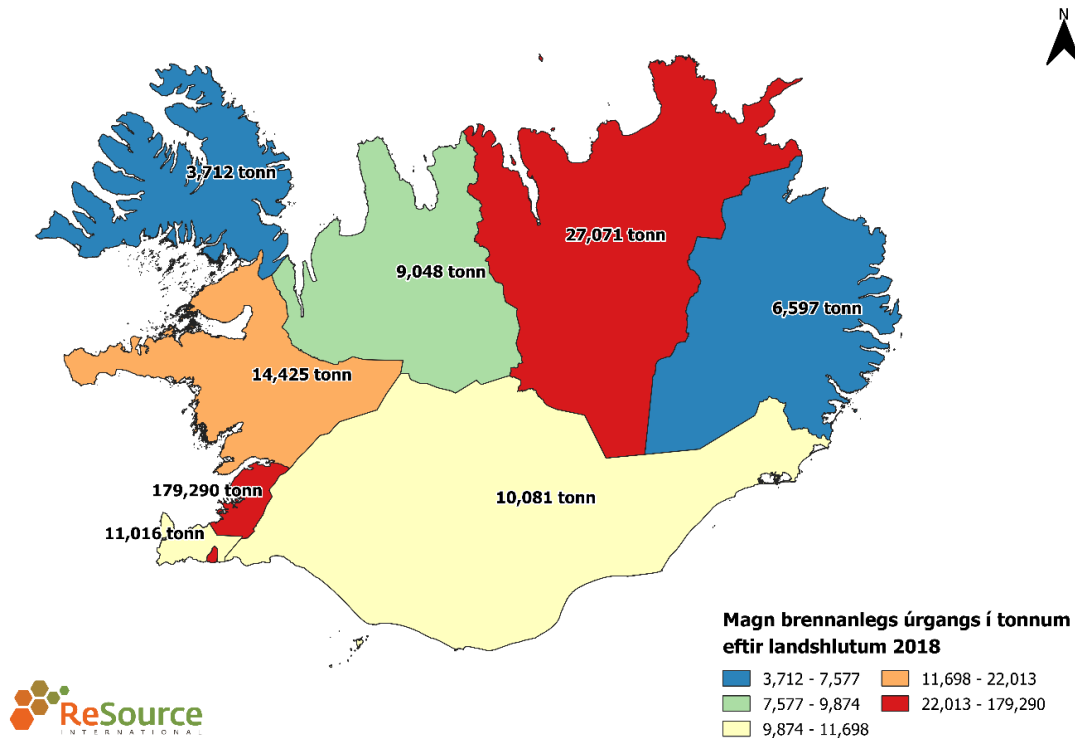
Á mynd 6 sést að skráning sveitarfélaga á blönduðum heimilisúrgangi er ekki nákvæm. Einnig eru Mýrdalshreppur og Hvalfjarðarsveit með óvenjulega hátt hlutfall af blönduðum heimilisúrgangi, sem gefur til kynna að magnið gæti verið heildarmagn nokkurra nærliggjandi sveitafélaga, úrgangur frá ferðapjónustu eða magn áætlað (en ekki mælt).

Á milli mynda 7 og 8 sjást áhrif stóriðju á úrgang í sveitarfélögum enn betur. Til að mynda er sveitarfélagið Fjarðarbyggð í flokki sveitarfélaga með hæsta heildarmagn úrgangs á sveitarfélag en í flokki sveitarfélaga með lægsta magn blandaðs heimilisúrgangs per íbúa. Af heildarmagni úrgangs á Austurlandi árið 2018 var 73% úrgangs efnaúrgangur og hann allur endurunninn, sem aftur útskýrir hátt hlutfall endurvinnslu á Austurlandi.

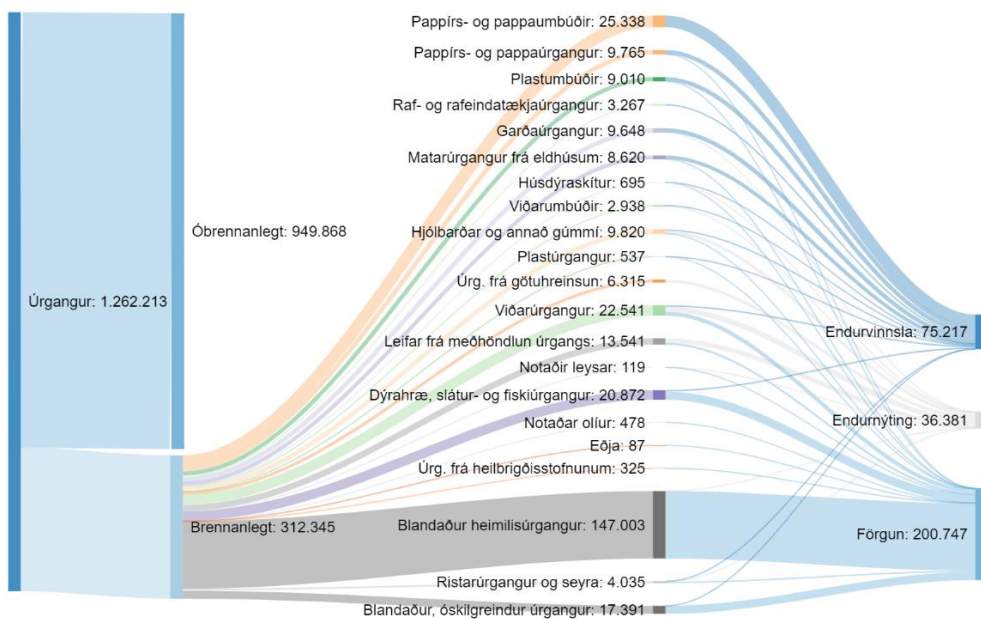
Umhverfisstofnun safnar gögnum frá rekstaraðilum og úrgangsmóttökustöðum sem er skylt að skila upprunamerktum gögnum (þ.e.a.s. með heiti sveitarfélags). Í mörgum tilfellum er úrgangur skráður á nærliggjandi sveitarfélög og þá sérstaklega í þeim tilvikum sem sorphirða á sér stað í tveimur sveitarfélögum samtímis eða ef um er að ræða fámenn sveitarfélög í návígi við stærri þéttbýli.

Á Mynd 7 má sjá kort sem sýnir heildarmagn brennanlegs úrgangs eftir landshlutum fyrir árið 2018. Brennanlegur úrgangur er sá úrgangur sem þykir hæfa til brennslu samkvæmt Tafla 2. Eins og sjá má þá fellur árið 2018 til mest magn brennanlegs úrgangs á höfuðborgarsvæðinu og Norðurlandi Eystra.

Með því að skoða samsetningu úrgangs með þessum hætti á milli landshluta má greina hvað stóriðja og önnur stórfyrirtæki skila miklu til úrgangsmyndunar í hverjum landshluta. Þegar litið er á brennanlegt magn má gera ráð fyrir að skráning á blönduðum heimilisúrgangi og blönduðum óskilgreindum úrgangi skarist. Nánari úttekt á samsetningu úrgangs eftir landshlutum má sjá í viðauka 14. Á Mynd 8 má sjá Sankey-línurit fyrir úrgangsstrauma brennanlegs úrgangs árið 2018, þar sem breidd strauma táknar magn úrgangs, og gildi standa fyrir magn úrgangs í tonnum.



Mynd 7: Kort sem sýnir heildarmagn brennanlegs úrgangs eftir landshlutum fyrir árið 2018.



Mynd 8. Sankey línurit um farveg brennanlegs úrgangs á Íslandi árið 2018. Magn í tonnum.

6 Úrgangsmyndun á Íslandi 2020 til 2045

Spálíkön um úrgang eru ýmist tengd við gögn um neyslu, úrgangsforvarnir, framleiðslu og/eða viðskipti. Líkönin eru ýmist byggð á samanburðargreiningu, fylgigreiningu, margbreytuaðhvarfslíkingu, aðfanga- og afurðagreiningu, tímaraðagreiningu eða kerfisvirknisgreiningu (e. Group Comparison, Correlation analysis, Multiple regression analysis, Input-output analysis, Time-series analysis or System dynamics).

Þær breytur sem hafa mest áhrif á úrgang eru neyslumynstur, félags- og efnahagslegar breytingar, lýðfræðilegar breytingar og forvarnir gegn úrgangi (Beigl, Wasserman, Schneider, & Salhofer, 2004).

Algengustu félags- og efnahagslegu vísbendingar sem er horft til eru m.a. íbúafjöldi, aldursdreifing íbúa, íbúabéttleiki, atvinnuleysi, einkaneysla, hlutfall atvinnu eftir atvinnugreinum, gistinætur, verg landsframleiðsla, verð nýframleiddra efna og orku og meðalstærð heimila (Beigl, Wasserman, Schneider, & Salhofer, 2004).

Spálíkan fyrir Ísland um úrgangsmyndun til ársins 2045 var tengt við gögn um magn úrgangs frá Umhverfisstofnun sem kynnt voru hér fyrir í þessari skýrslu. Kosið var að beina athyglinni að fylgni vergrar landsframleiðslu og íbúafjölda við úrgangsmyndun með margbreytuaðhvarfslíkingu (MRA). Gögn um framangreindar breytur fengust frá Hagstofu Íslands.



Mynd 9. Breyting á úrgangsmagni, vergri landframleiðslu (VL), einkaneyslu og íbúafjölda milli ára, frá árinu 2001 til 2013. Gögn fengin af vefsíðu Hagstofu Íslands.

Á Mynd 9 sést ársbreyting á úrgangsmagni, ársbreyting vergrar landframleiðslu (VL), ársbreyting einkaneyslu og ársbreyting íbúafjölda. Á myndinni sést að úrgangsmagn jókst árið 2008 um tæp 25% frá því árinu áður og vegna efnahagshrunsins dróst það aftur saman um tæp 18% árið eftir. Árið 2014 var ársbreyting úrgangs ekki marktæk vegna breytingar í gagnaöflun og því er brot í grafinu.

6.1 Spálíkan fyrir úrgangsmagn

Spálíkaninu er skipt í tvö tímabil, skammtímaspá og langtímaspá. Fyrra tímabilið er spá fyrir úrgangsmyndun árin 2019 til 2023 og seinna frá 2024 til 2045. Skammtímaspáin byggir á breytum um verga landsframleiðslu og íbúafjölda fyrir árin 2000 til 2018, sem fengust frá Hagstofu Íslands. Spálíkanið er gert með margbreytuaðhvarfslíkingu (e. Multiple regression analysis, MRA) þar sem jafnan er:

$$y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2$$

$y = \text{magn úrgangs}$

$b_0, b_1, b_2 = \text{fasti} \neq 0$

$x_1, x_2 = \text{breyta}$

Langtímaspáin er gerð með línulegri aðhvarfsgreiningu (e. Linear regression analysis, LRA), þar sem jafnan er með svipuðu sniði:

$$y = b_0 + b_1 * x_1$$

Eina breytan, sem tekið er tillit til, er íbúafjöldi.

Skammtímaspá (2019 til 2023), fylgir jöfnunni:

$$y = 2010245 + 48,41 * x_1 - 10,35 * x_2$$

$x_1 = \text{Verg landframleiðsla}$

$x_2 = \text{Mannfjöldi}$

Reiknast með $R = 0,845357$ sem segir að rúmlega 84% af breytingum í úrgangsmagni má útskýra með breytunum sem notaðar eru fyrir líkanið. P gildi líkansins er $3,3 * 10^{-7}$ þannig að hægt er að hafna því að sambandið milli breytna og magn úrgangs sé tilviljun.

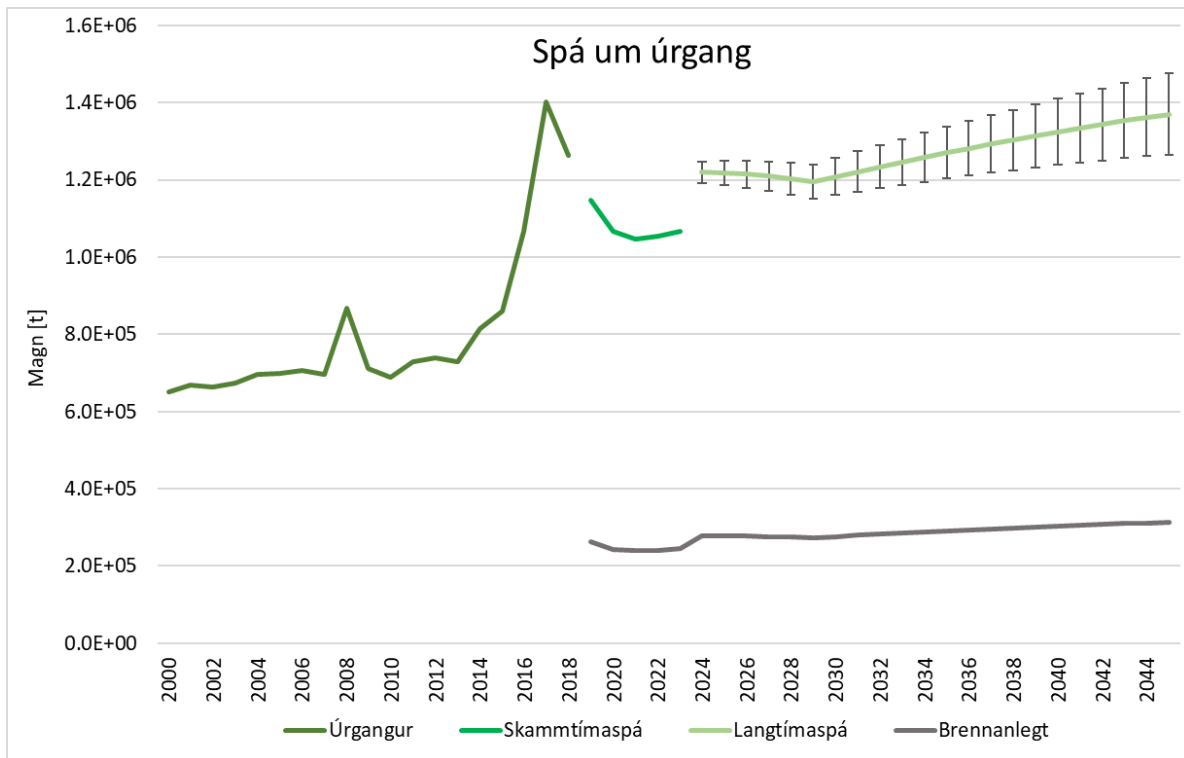
Langtímaspá (2022 til 2045), fylgir jöfnunni:

$$y = -967368 + 5,66 * x_2$$

$x_2 = \text{Mannfjöldi}$

Reiknast með $R = 0,611608$ sem segir að ekki nema 61% af breytingum í úrgangsmagni má útskýra með breytunum sem notaðar eru fyrir líkanið. P gildi líkansins er $6,36 * 10^{-6}$ þannig að hægt er að hafna því að sambandið milli breytanna og magn úrgangs sé tilviljun.

Langtímaspáin er byggð á spá Hagstofunnar (Hagstofa Íslands, 2019) um íbúafjölda sem gefur ákveðna óvissu sem gert er grein fyrir á Mynd 10. Þar að auki, spáir langtímaspáin ekki fyrir sveiflum í efnahagslífinu, heldur gefur ákveðið meðaltal úrgangsmyndunar.



Mynd 10. Spá um úrgang á Íslandi. Úrgangur (2020-2018), skammtímaspá (2019-2023) og langtímaspá (2024-2045). Öryggisbil langtímaspárinnar er óvissa vegna íbúafjölda byggt á mannfjöldaspá Hagstofu Íslands (Hagstofa Íslands, 2019). Áætlað magn brennanlegs úrgangs af spáðu úrgangsmagni í gráu.

Á Mynd 10 er að sjá líkan þar sem byggingar- og niðurrifsúrgangur og jarðvegur hefur verið bakreiknaður miðað við meðalhluftfall byggingarúrgangs seinni ára. En eins og áður hefur verið nefnt var þetta gert til þess að rétta úr innbyggðri skekkju í gagnasöfnuninni og gefa áreiðanlega spálíkan.

Líkanið spáir fyrir aukningu í úrgangi vegna þess að á meðan ekki er dregið úr einkaneyslu eða komið á skilvirkari notkun efna í landinu mun úrgangsmyndun aukast með sístækkandi mannfjölda. Spálíkanið tekur ekki mið af úrgangsförvörnum. Ástæða þess er að einkaneysla þótti ekki áreiðanleg breyta í margbreytuaðhvarfslíkingu fyrir spá um magn úrgangs, og þó svo aðgerðir stjórnvalda verða áhrifamikil var talið ómarktækt að meta áhrif þeirra án tölulegra markmiða.

Í útreikningum um magn brennanlegs úrgangs er gert ráð fyrir að hlutfallaskipting efna haldist óbreytt frá árinu 2018 til ársins 2045 (þ.e. ekki verður hlutfallsleg breyting á einhverjum einum flokki t.d. dýrahæ) (sjá hlutfallslega skiptingu úrgangsflokka í viðauka 16). En einnig að hlutfall byggingar- og niðurrifsúrgangs og jarðvegs á móti öðrum úrgangi haldist óbreytt eða um 45% (viðmiðunarár 2014-2015).

Endurvinnna og endurnýta má megnið af þeim brennanlegum úrgangi sem myndast og hefur Ísland skuldbundið sig til þess að ná ákveðnum markmiðum um endurvinnslu og endurnýtingu ákveðinna efna. Í þeim tilgangi að greina þörf sorpbrennslu á Íslandi verður þannig að áætla magn farganlegs brennanlegs úrgangs sem fellur til á næstu árum og sett er fram í þremur sviðsmyndum í næsta kafla.

7 Sviðsmyndir og forsendur

Til þess að áætla þörf á sorpbrennslu á Íslandi eru settar fram þrjár sviðsmyndir:

Sviðsmynd 1: Óbreytt ástand- Ísland bætir ekki hlutfall endurvinnslu eða endurnýtingu í samanburði við árið 2018.

Sviðsmynd 2: Markmiðum ESB um meðhöndlun úrgangs náð - Ísland eykur hlutfall endurvinnslu og endurnýtingu í ákveðnum úrgangsflokkum í samræmi við markmiðum ESB

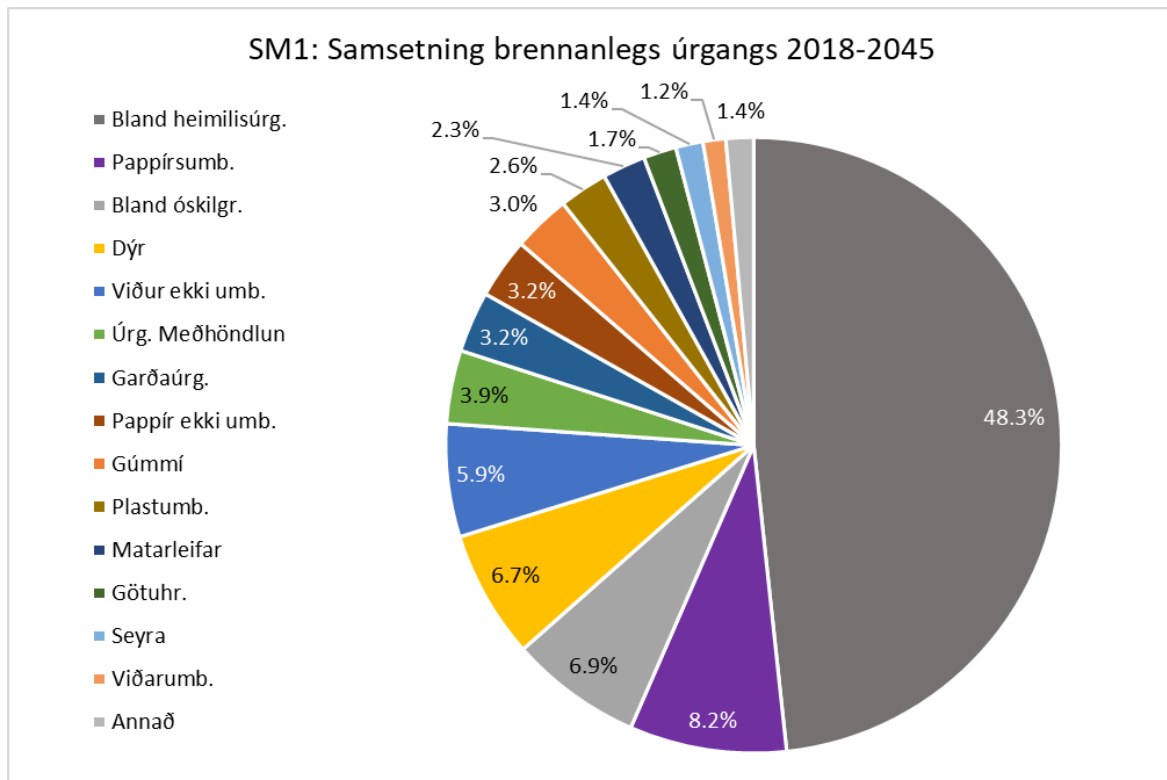
Sviðsmynd 3: Besta útkoma samkvæmt sérfræðingum ReSource International ehf. - Ísland nær hámarks hlutfalli endurvinnslu í þremur stærstu úrgangsflokkunum; plast, pappír, matarleifar og hámarks hlutfalli endurnýtingu í öllum úrgangsflokkum.

Grunnforsenda sviðsmyndanna er að hlutfall brennanlegs og óbrennanlegs úrgangs haldist óbreytt út spátímabilið og í því felst að magn byggingar- og niðurrifsúrgangs og jarðvegs er hlutfallslega svipað og árin 2014 og 2015 í samanburði við annan úrgang. Einnig er gert ráð fyrir að samsetning blandaðs heimilisúrgangs og blandaðs óskilgreinds úrgangs sé eins á öllu landinu og miðað er við samsetningu blandaðs heimilisúrgangs á höfuðborgarsvæðinu (ReSource, 2019). Þar að auki er gert ráð fyrir sömu íbúadreifingu um landið líkt og var árið 2018 (en það hefur ekki áhrif á niðurstöður greiningarinnar nema hvað varðar Mynd 21 í kafla 10.3).

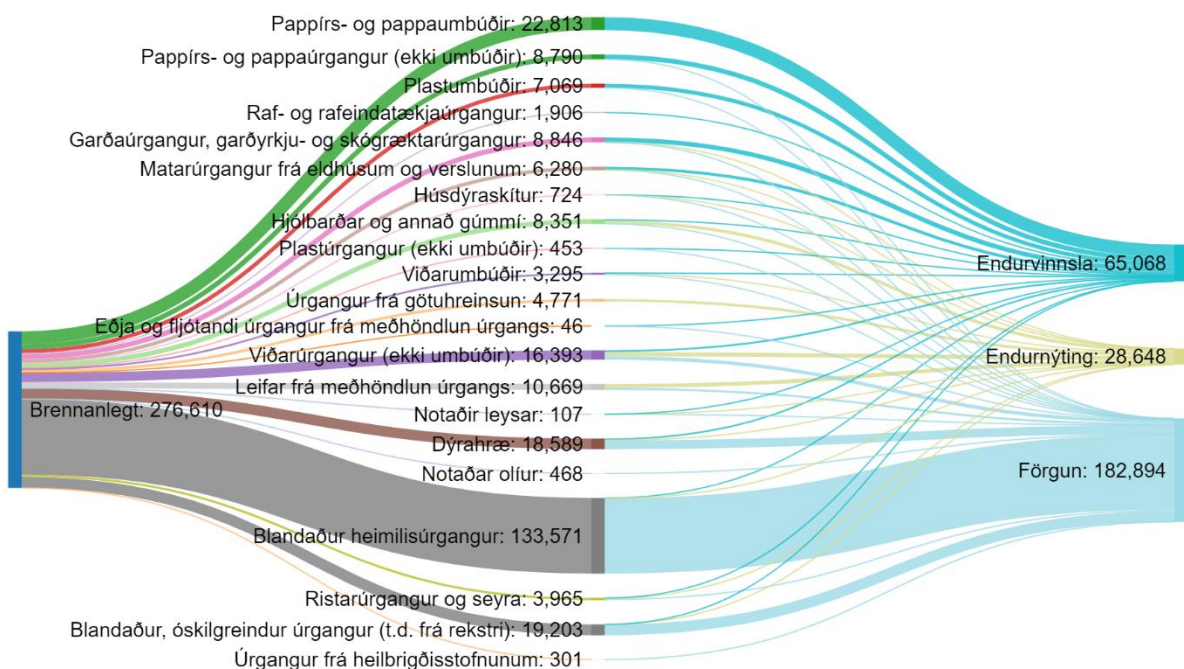
Í sviðsmyndunum verður árið 2030 notað sem samanburðarár vegna þess að í sviðsmynd 2 er gert er ráð fyrir að þróun eigi sér stað í samræmi við markmiðum ESB í söfnun úrgangs á árabílinu 2019 til 2030 (sjá viðauka 17). Þannig verður samsetning áætlað fargaðs úrgangs breytileg til ársins 2030 fyrir sviðsmynd 2 og erfiðara að bera saman sviðsmyndir fyrir það ár.

7.1 Sviðsmynd 1: Óbreytt ástand

Í sviðsmynd 1 er markmiðið að sýna magn og samsetningu brennanlegs úrgangs sem mun falla til til ársins 2045. Sýndur er farvegurinn sem hann tekur miðað við núverandi flæði úrgangs og sýnt magn og samsetningu úrgangsins sem áætlað er að þyrfti að farga á þessum tíma miðað við að engum framförum verði náð í úrgangsmálum á tímabilinu. Mikilvægustu forsendur þessarar sviðsmyndar eru annars vegar að sama hlutfall úrgangs og fellur til samanburðarárin 2017 og 2018, heldur sér út spátímabilið) og hins vegarað söfnun úrgangs sé með sama hætti og árin 2017 og 2018, einkum söfnun blandaðs úrgangs. Einnig er gert ráð fyrir að endurvinnslu-, endurnýtingar- og förgunarhlutfall úrgangs sé með sama hætti og var að meðaltali árána 2017 og 2018. Þannig er t.d. gert ráð fyrir að 48,3% af brennanlegum úrgangi verði blandaður heimilisúrgangur og 99,5% af honum þurfi að farga (sjá nánar hlutföll og farvegi úrgangsflokka í viðauka 16). Á Mynd 11 sést meðaltals samsetning brennanlegs úrgangs á tímabilinu 2018 – 2045.



Mynd 11. Samsetning brennanlegs úrgangs á Íslandi á tímabilinu 2018-2045, flokkað eftir EWC-stat flokkunarkerfinu (viðmiðunarár 2018).

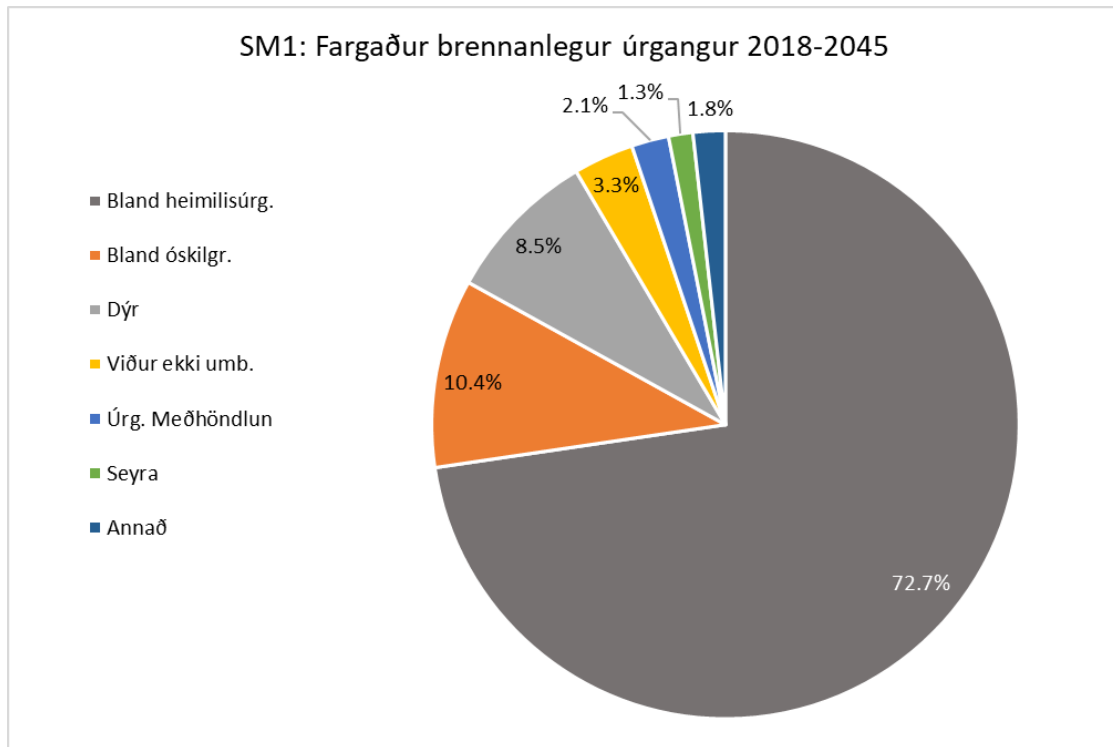


Mynd 12. Magn, samsetning og flæði brennanlegs úrgangs 2018-2045 skv. sviðsmynd 1, flokkað eftir EWC-stat flokkunarkerfinu. Gildi tákna magn í tonnum sem áætlað er fyrir árið 2030.

Á Mynd 12 má sjá Sankey línurit fyrir magn, samsetningu og flæði brennanlegs úrgangs á árunum 2018 - 2045, fyrir sviðsmyndina, þar sem breidd strauma tákna magn úrgangs. Í þessari sviðsmynd er gert ráð fyrir að hlutföll endurvinnslu, endurnýtingu og förgunar haldist óbreytt, þ.e. að af heildarmagni brennanlegs úrgangs sé 10,4% endurnýtt, 23,5% endurunnið og 66,1% fargað (sjá töflu í viðauka 16). Þannig er áætlað að 66,1% af brennanlegum úrgangi yrði fargað árið 2045 ef úrgangsmeðhöndlun væri

með óbreyttu sniði. Mynd 11 og Mynd 12 sýna annars vegar samsetningu og hlutfallslega skiptingu brennanlegs úrgangs og hins vegar magns hans í tonnum. Heildar magnið er 276.610 tonn og skiptist að 65,068 tonn fara í endurvinnslu, 28,648 tonn fara í endurnýtingu og 182,894 fara í förgun

Af þeim brennanlega úrgangi sem áætlað er að þurfi að farga (Mynd 13) er 72,7% blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11); 8,5% dýrahæ, slátur- og fiskúrgangur (EWC-stat flokkur 09.11), 10,4% blandaður, óskilgreindur úrgangur (EWC-stat flokkur 10.22) og 3,3% viðarúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 7.53).

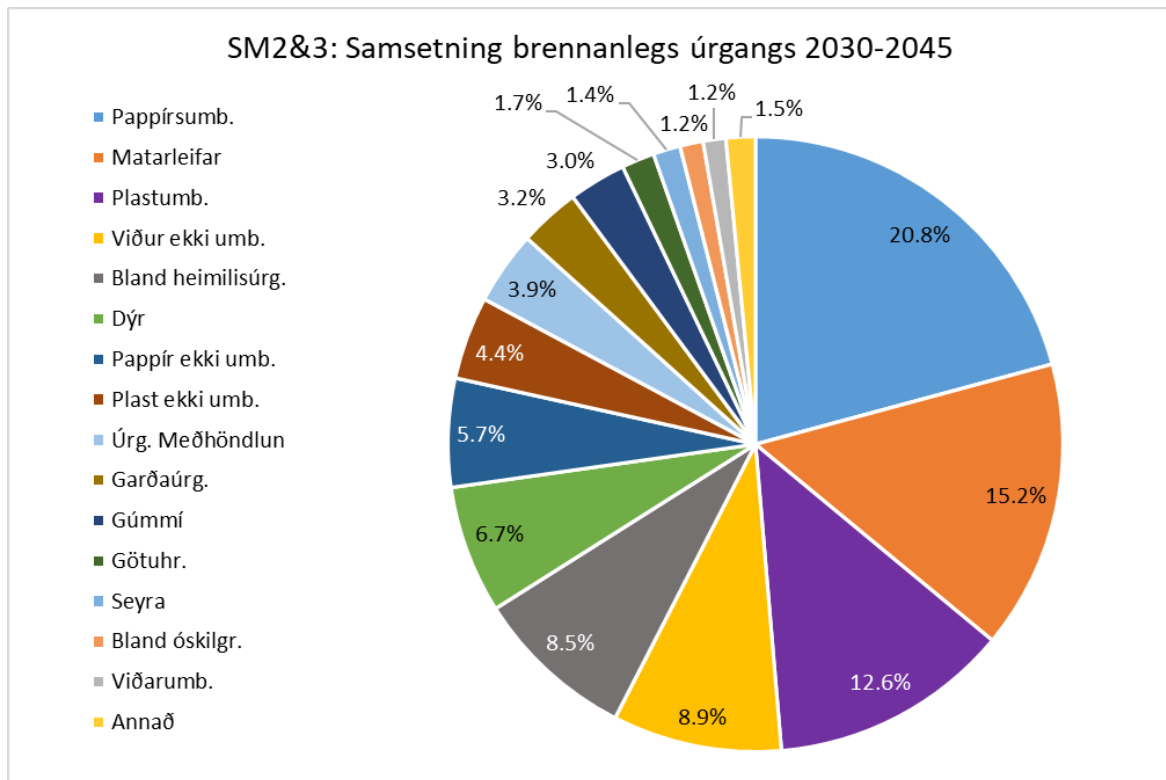


Mynd 13. Samsetning fargaðs brennanlegs úrgangs á Íslandi 2018 til 2045 m.v. Sviðsmynd 1: óbreytt ástand

Með óbreyttri úrgangsstjórnun er áætlað að þörf sé á að farga tæpum 183 þúsund tonnum af brennanlegum úrgangi á Íslandi árið 2030. Gert er ráð fyrir að hin nýopnaða Gas- og jarðgerðarstöð (Gaja) á Álfsnesi taki við 40 þúsund tonnum af lífrænum úrgangi sem flokkaður er frá blönduðum heimilisúrgangi sem safnast á höfuðborgarsvæðinu. Þegar framlag Gaju er dregið frá blönduðum heimilisúrgangi verður heildarmagn brennanlegs úrgangs sem þyrfti að farga árið 2030, 143 þúsund tonn og þar af 65% blandaður heimilisúrgangur.

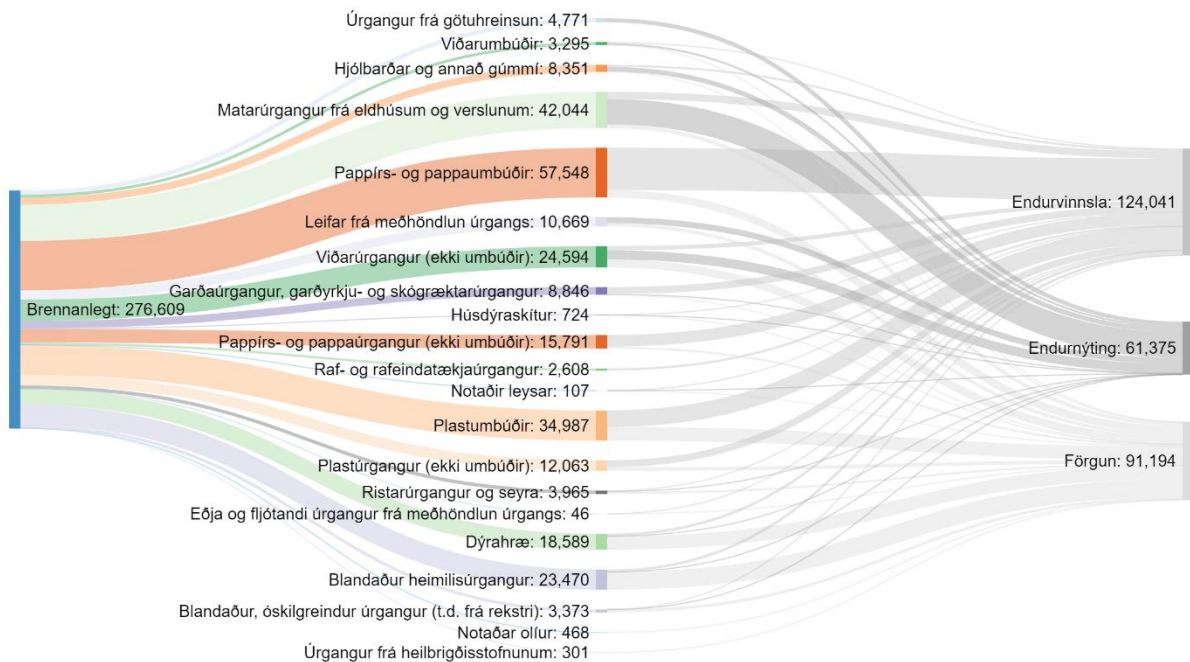
7.2 Sviðsmynd 2: Markmiðum náð

Markmið sviðsmyndar 2 er að sýna magn og samsetningu brennanlegs úrgangs miðað við bættu söfnun, sýna farveginn sem hann tekur miðað við að markmiðum ESB verði náð (sjá viðauka 17) og sýna magn og samsetningu úrgangsins sem áætlað er að þyrfti að farga á þessum tíma. Mikilvægustu forsendurnar sem lagt var upp með í sviðsmynd 2 voru að breytingar á söfnun úrgangs eiga sér stað jafnt og þétt til ársins 2030 og að þeim tíma loknum sé búið að lágmarka hlutfall blandaðs úrgangs (m.ö.o. hámarksflokun) í samræmi við markmið ESB. Þannig er gert ráð fyrir að samsetning brennanlegs úrgangs þróist á árunum 2019 til 2030 (meðan flokkun og söfnun úrgangs eykst) og eftir þann tíma sé samsetningin stöðug.



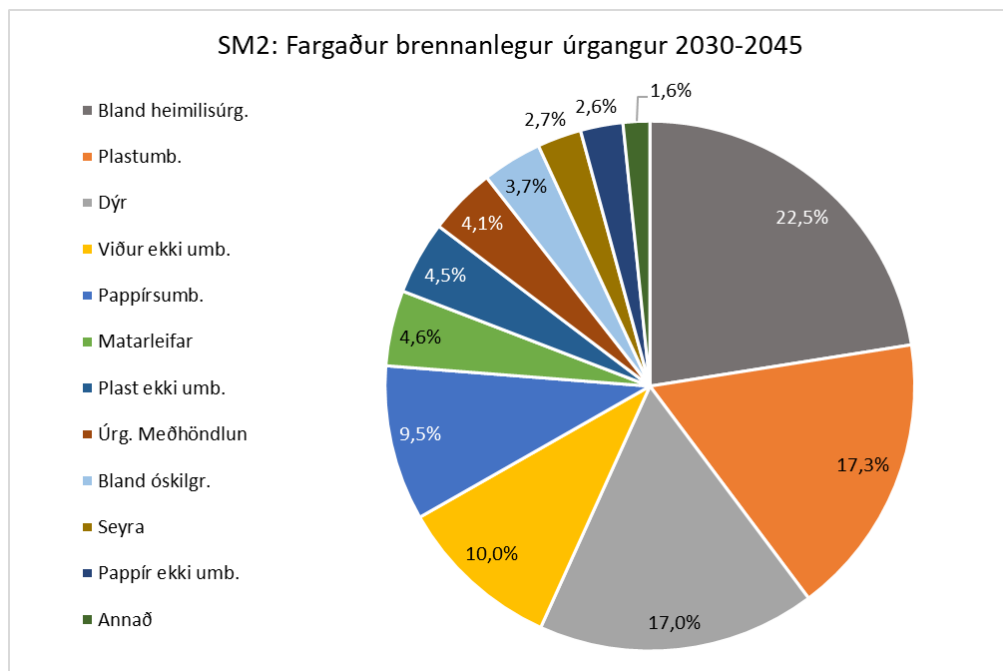
Mynd 14. Samsetning brennanlegs úrgangs á Íslandi árið 2030 ef flokkun úrgangs nær hámarki (m.v. baggarannsókn 2018, SORPA (ReSource, 2019)).

Á Mynd 14 sést samsetning brennanlegs úrgangs á Íslandi, ef allur blandaður úrgangur (EWC stat flokkar 10.11 og 10.22) væri flokkaður í viðeigandi flokka eftir efnum. Myndin sýnir samsetningu brennanlegs úrgangs fyrir sviðsmynd 2 og 3 þar sem að gert er ráð fyrir að samsetningin sé sú sama í þessum sviðsmyndunum. Þessi niðurstaða er byggð á baggarannsókn Sorpu frá árinu 2018, þar sem samsetning blandaðs urðaðs úrgangs á höfuðborgarsvæðinu var skoðuð (ReSource, 2019). Í söfnunarkerfum má gera ráð fyrir að hluti af pappírs- og pappambúðum, plastumbúðum, viðarumbúðum og matarleifum safnist sem blandaður heimilisúrgangur. Þannig ef söfnun flokkunarefna tekst ekki eins vel sem skildi stækkar hlutfall blandaðs heimilisúrgangs og hlutfall pappírs, mataleifa, plasts og viðs minnkar. Í sviðsmynd 2 er ekki gert ráð fyrir aukinni endurvinnslu eða endurnýtingu í þeim flokkum sem ESB hefur ekki sett markmið um og haldast þeir því óbreyttir. Ekki er gert ráð fyrir aukinni endurvinnslu eða endurnotkun í þeim úrgangsflokkum (eins og pappírs- og pappambúðum) eftir að markmið hafa verið uppfyllt. Ef engin markmið hafa verið sett er gert ráð fyrir að endurvinnslu- og endurnýtingarhlutföll haldist óbreytt frá árinu 2018 að undanskilinni þeim aðgerðum sem gerðar verða vegna tilkomu GaJu. Í því samhengi er gert ráð fyrir að 75% af matarleifum rati í GaJu og er slátur- og fiskiúrgangur notaður til þess að fylla upp í nýtingargetu stöðvarinnar. Þannig er endurnýtingarhlutfall slátur- og fiskiúrgangs meira en árið 2018, þó svo ESB hafi ekki gefið út markmið varðandi flokkinn. Þá fer förgunarhlutfall dýrahreija, slátur- og fiskiúrgangs frá 83% árið 2018 niður í 52% árið 2045.



Mynd 15. Magn, samsetning og flæði úrgangs á Íslandi árið 2030-2045 skv. sviðsmynd 2, flokkað eftir EWC-stat flokkunarkerfinu. Gildi tákna magn í tonnum sem áætlað er fyrir árið 2030.

Sankey-líkan sviðsmyndar 2 sýnir úrgangsstrauma árið 2030 og breidd strauma tákna magn úrgangs. Fyrir sviðsmynd 2 er gert ráð fyrir að þessum árangri sé náð árið 2030, þ.e. að af heildarmagni brennanlegs úrgangs sé 22,2% endurnýttt, 44,8% endurrunnið og 33,0% fargað. Þannig er gert ráð fyrir að 33,0% af brennanlegum úrgangi yrði fargað eftir árið 2030 ef markmiðum ESB yrði náð. Mynd 14 sýnir samsetningu brennanlegs úrgangs og hversu mikið magn er áætlað að fari í endurvinnslu, endurnýtingu og förgun. Áætlað magn í förgun er 93,011 tonn (Mynd 15) og Mynd 16 sýnir hvernig hlutfall flokka innan brennanlegs úrgangs skiptist.



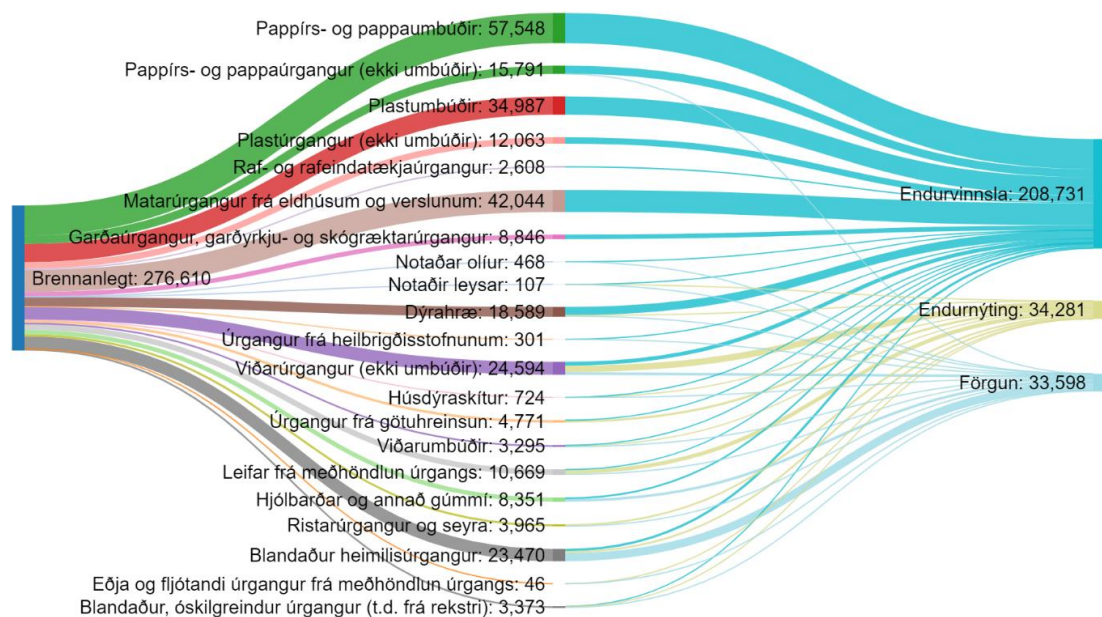
Mynd 16. Samsetning fargaðs brennanlegs úrgangs á Íslandi 2030 til 2045 m.v. Sviðsmynd 2: Markmiðum ESB náð

Af þeim brennanlega úrgangi sem er áætlað að þurfi að farga skv. sviðsmynd 2 (Mynd 16) er 22,5% blandaður heimilísúrgangur (EWC-stat 10.11), 21,7% plast (EWC-stat 7.41 og 7.42) 17,0% dýrahæ, slátur- og fiskúrgangur (EWC-stat 09.11), 12,1% pappír (EWC-stat 7.21 og 7.23) og 10,0% viðarúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat 07.53). En gera má ráð fyrir að einhver hluti af pappírs- og pappaubúðum, plastumbúðum, viðarumbúðum og matarleifum safnist sem blandaður heimilísúrgangur. Með þessum árangri væri magn brennanlegs úrgangs sem þyrfti að farga tímabilinu 2030 til 2045 frá 93 og upp í 105 þúsund tonn (sjá Tafla 4).

Samsetning blandaðs heimilísúrgangs er ekki sú sama í sviðsmynd 1 og 2, samanber myndir 14 og Mynd 16. Á mynd 14 er blandaður heimilísúrgangur samsettur flokkur sem inniheldur lífrænan úrgang, pappírs- og pappauúrgang og plastúrgangs, en þessir flokkar eru aftur á móti sýndir sér á Mynd 16. Þessi munur er tilkomin vegna þess að gert er ráð fyrir aukinni flokkun á blönduðum heimilísúrgangi í sviðsmynd tvö sem skilar sér í annarri samsetningu hans. Nauðsynlegt var að gera ráð fyrir aukinni flokkun blandaðs heimilísúrgangs til þess að uppfylla markmið ESB um aukna endurvinnslu og endurnýtingu.

7.3 Sviðsmynd 3: Besta útkoma

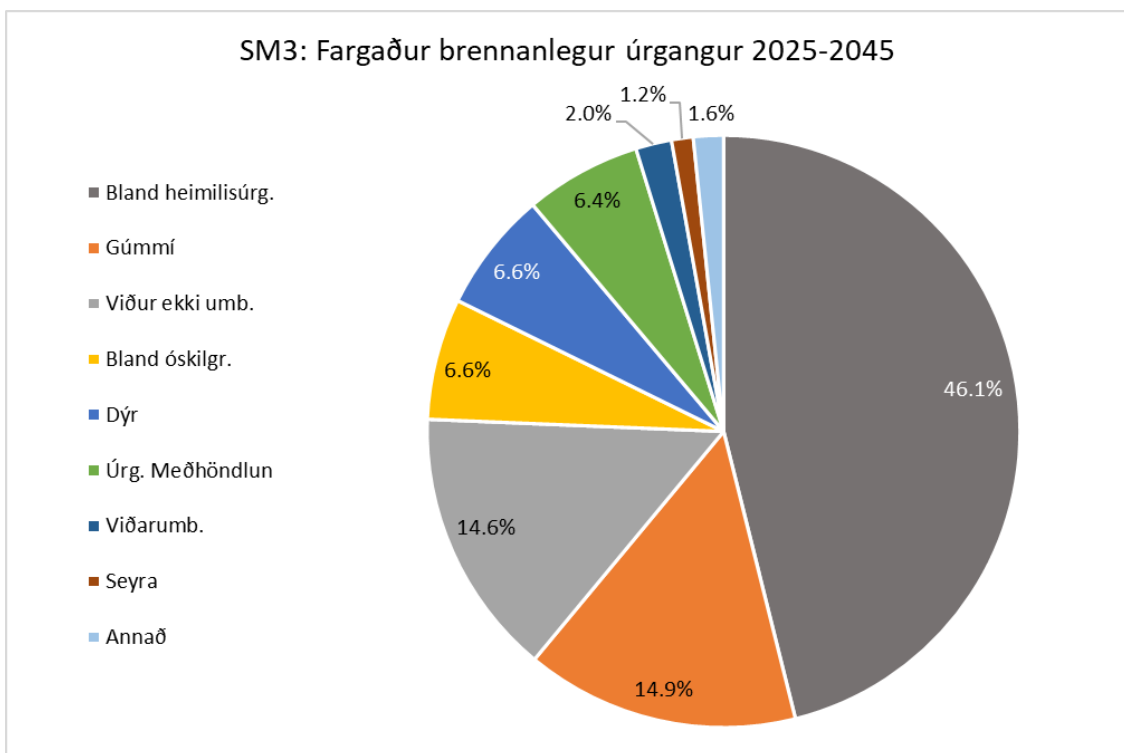
Í sviðsmynd þrjú er markmiðið að sýna farveginn sem brennanlegur úrgangur tekur miðað við að bestu mögulegu útkomu sé náð og að sýna magn og samsetningu úrgangsins sem áætlað er að þyrfti að farga. Besta mögulega útkoma er þannig að öllum endurvinnanlegum efnum er komið í endurvinnslu, endurnýtanlegum efnum í endurnýtingu og þeim úrgangi sem er hvorugt sé fargað. Flokkar voru þannig metnir af sérfræðingum ReSource International ehf. Mikilvægustu forsendurnar sem lagt var upp með í sviðsmynd þrjú voru að breytingar á söfnun eiga sér stað jafnt og þétt til ársins 2025 og að þeim tíma loknum er búið að lágmarka hlutfall blandaðs úrgangs (m.ö.o. hámarks flokkun). Samsetning brennanlegs úrgangs verður þannig sú sama og sést á Mynd 14 í sviðsmynd 2 en farvegir úrgangsins breytast. Breyting verður á endurvinnslu-, endurnýtingar- og förgunarhlutföllum allra flokka en ekki einungis þeim sem eru háð markmiðum. Þótt sviðsmynd 3 sé besta mögulega útkoma er ekki gert ráð fyrir að heildarmagn úrgangs drægist saman á tímabilinu.



Mynd 17. Magn, samsetning og flæði úrgangs á Íslandi árið 2030 skv. sviðsmynd 3, flokkað eftir EWC flokkunarkerfinu. Gildi tákna magn í tonnum sem áætlað er fyrir árið 2030.

Sankey-líkan sviðsmyndar 3 stendur fyrir úrgangsstrauma árið 2030 og breidd strauma tákna magn úrgangs og af heildarmagni brennanlegs úrgangs sé 12,4% endurnýtt, 75,5% endurunnið og 12,1% fargað.

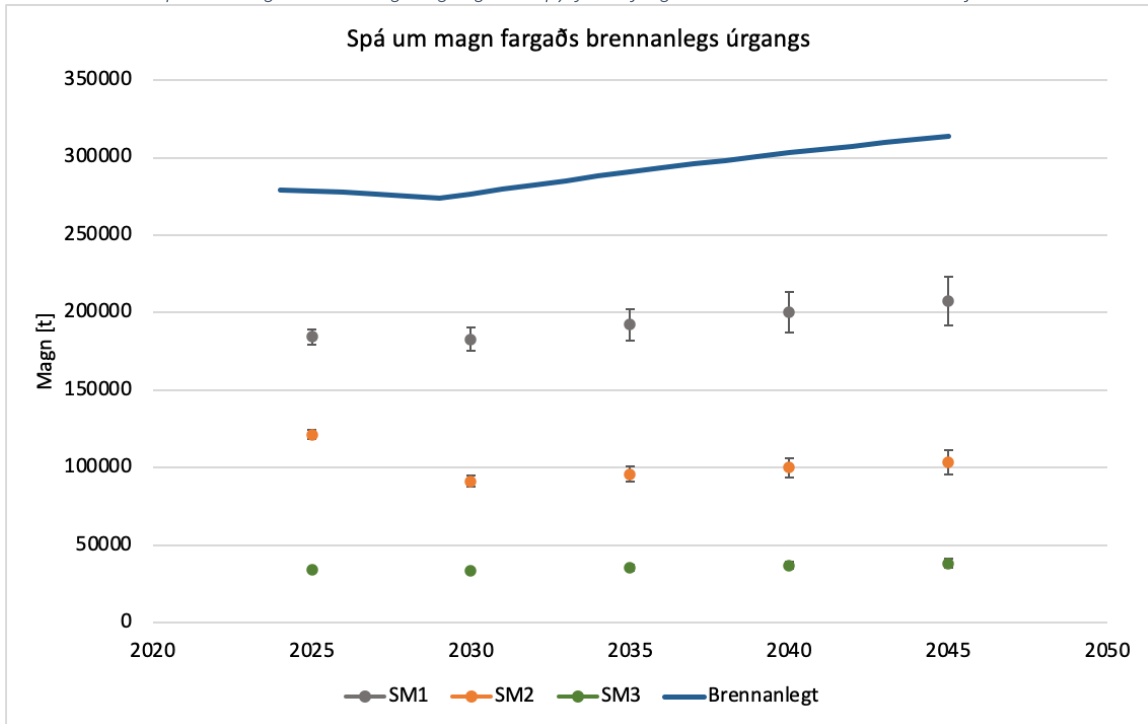
Af þeim brennanlega úrgangi sem er áætlað að þurfi að farga í sviðsmynd 3 er 46,1% blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11); 14,6% veiðarúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 07.53), 14,9% hjólbardar og annað gúmmí (EWC-stat flokkur 07.3) 6,6% blandaður óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri og veiðarfæri (EWC-stat 10.22) og 6,4% leifar frá meðhöndlun úrgangs (EWC-stat 10.3) (sjá Mynd 18). Með þessum árangri væri magn brennanlegs úrgangs sem þyrfti að farga frá 34 og upp í 38 þúsund tonn á ári á tímabilinu 2025-2045.



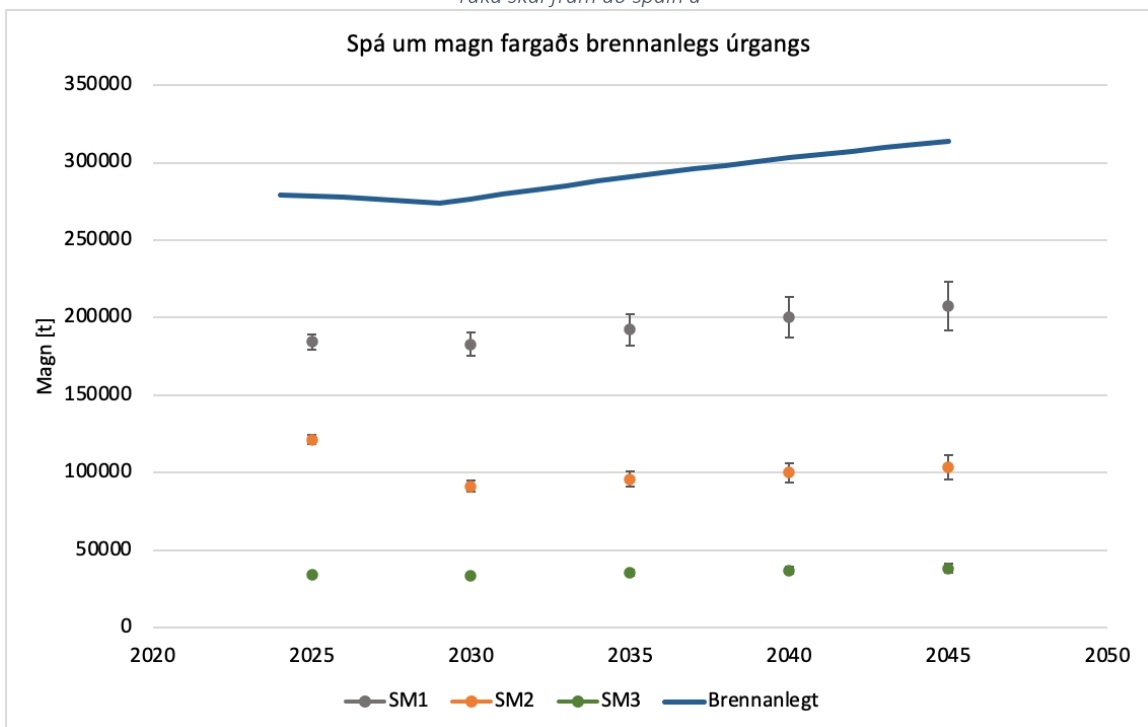
Mynd 18. Fargaður brennanlegur úrgangur á Íslandi (bestu útkomu er náð árið 2025).

7.4 Niðurstöður sviðsmynda

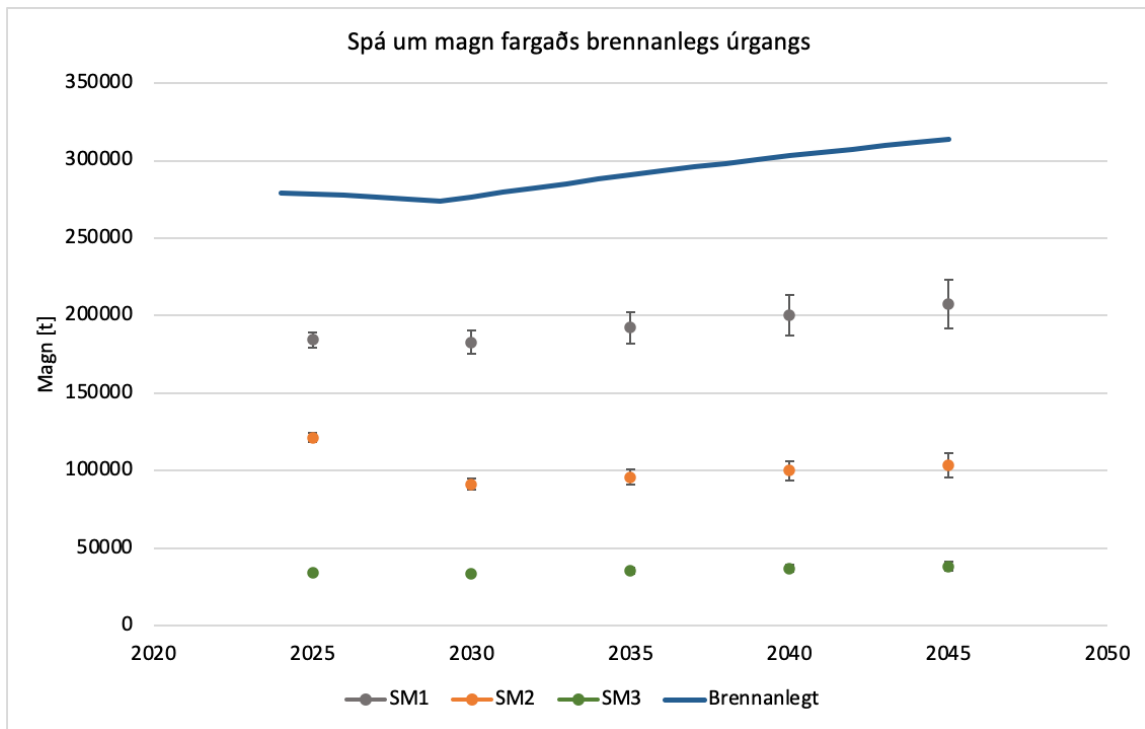
Spá um magn brennanlegs úrgangs sem þyrfti að farga á árunum 2025 til 2045 má sjá á



Mynd 19. Öryggisbilin eru byggð á óvissu hvað varðar mannfjölda á Íslandi (byggt á mannfjöldaspá (Hagstofa Íslands, 2019)). Taka skal fram að spáin á

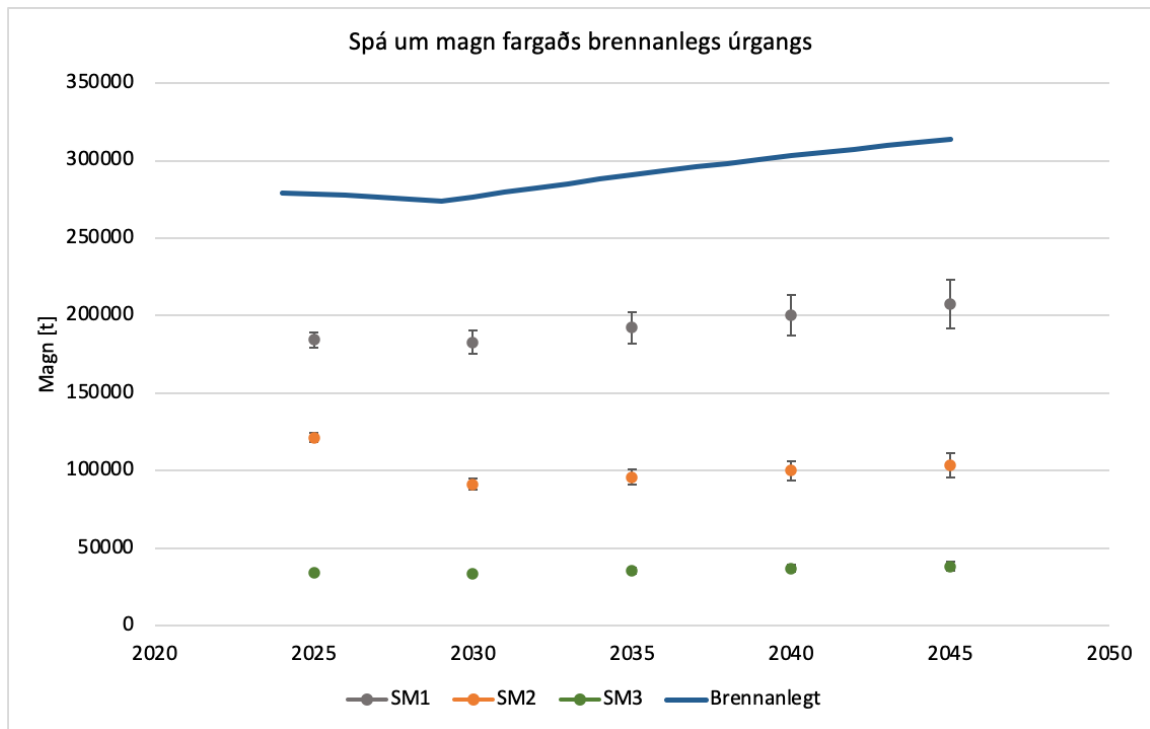


Mynd 19 segir til um meðalmagn úrgangs og tekur ekki tillit til tiltekinna sveifla í efnahagslífinu sem gæti haft áhrif á úrgangsmýndun.



Mynd 19 má sjá magn brennanlegs úrgangs (sjá einnig Tafla 4), samkvæmt spálíkani, á árunum 2025 til 2045 (spátölur grafsins má sjá í Tafla 4). SM1 á grafinu gefur til kynna það magn brennanlegs úrgangs sem áætlað er að yrði fargað ef fylgt yrði sviðsmynd 1, sem segir til um þróun miðað við óbreytt ástand (og byggt á spálíkani). SM2 gefur til kynna magn brennanlegs úrgangs sem áætlað er að yrði fargað ef fylgt er sviðsmynd 2, þar sem öllum markmiðum ESB væri náð. SM3 sýnir magn brennanlegs úrgangs, sem yrði fargað, ef bestu útkomu um úrgangsmiðhöndlun, endurvinnslu og endurnýtingu er náð.

Sviðsmyndirnar byggja allar á sama spálíkani um heildarmagn úrgangs og sömu samsetningu úrgangsefna, en flokkun blandaðs heimilisúrgangs er mismunandi eftir sviðsmyndum. Að sama skapi gildir að gert er ráð fyrir að hlutfall brennanlegs úrgangs, af heildarúrgangsmagni, haldist eins og var árið 2018 í öllum þremur sviðsmyndum.



Mynd 19. Spá um þörf fyrir förgun brennanlegs úrgangs á Íslandi árin 2025 til 2045. Öryggisbilið gefur til kynna óvissu byggða á mannföldaspá Hagstofu Íslands.

Tafla 4. Spá um farveg brennanlegs úrgangs á Íslandi, samanburður þriggja sviðsmynda árin 2025 til 2045.

Ár	2025	2030	2035	2040	2045	
Heildarmagn úrgangs [t]	1.217.658	1.208.548	1.269.999	1.324.049	1.370.302	
Brennanlegt [t]	278.695	276.610	290.674	303.045	313.631	
SM1	Endurvinnsla[t]	65.557	65.067	68.375	71.285	73.776
	Endurnýting[t]	28.864	28.648	30.105	31.386	32.482
	Förgun[t]	184.273	182.895	192.194	200.374	207.374
SM2	Endurvinnsla[t]	108.575	124.039	130.346	135.894	140.641
	Endurnýting[t]	48.825	61.375	64.496	67.240	69.589
	Förgun[t]	121.295	91.195	95.832	99.911	103.401
SM3	Endurvinnsla[t]	210.302	208.728	219.342	228.677	236.665
	Endurnýting[t]	34.541	34.282	36.026	37.559	38.871
	Förgun[t]	33.852	33.599	35.307	36.810	38.096

Áætlun um magn fargaðs úrgangs mun breytast um leið og hafist er handa við að brenna úrgang til orkuframleiðslu, því að þá er hinn brenndi úrgangur kominn í flokk endurnýtingar. Hins vegar, ef orka er ekki framleidd í kjölfarið flokkast úrgangsmeðhöndlunin sem förgun.

7.5 Orkuinnihald sviðsmynda

Orkuinnihald brennanlegs úrgangs er reiknað fyrir sviðsmyndir og lægra hitagildi en lægra hitagildi gerir betur grein fyrir þeirri nýtanlegu orku sem fæst við bruna á úrgangi (sjá kafla 4.1). Byggt er á niðurstöðum í kafla 7.1 til 7.4 um magn og samsetningu úrgangs. Ekki er gert ráð fyrir að allur úrgangur sem hægt er að brenna sé brenndur, eins og fjallað var um í kafla 4.2. Þess vegna eru tölur um heildarmagn úrgangs í Tafla 5 örlítið minni en þær tölur sem nefndar eru í Tafla 4.

Tafla 5 sýnir heildarmagn þess úrgangs sem áætlað er að brenna fyrir allar sviðsmyndir. Tafla 6 inniheldur upplýsingar um lægra hitagildi (LHV) fyrir úrgang í öllum sviðsmyndum og Tafla 7 gefur yfirlit yfir þróun heildarorkumagns alls úrgangs.

Tafla 5: Magn úrgangs til brennslu fyrir allar sviðsmyndir frá 2025 til 2045

Magn úrgangs til brennslu [t]	2025	2030	2035	2040	2045
Sviðsmynd 1	181.717	180.358	189.528	197.594	204.497
Sviðsmynd 2	118.739	90.475	95.075	99.121	102.584
Sviðsmynd 3	33.426	33.176	34.863	36.347	37.617

Tafla 6: Lægra hitagildi úrgangs ætlað til brennslu fyrir allar sviðsmyndir á árunum 2025 til 2045

Lægra hitagildi [MJ/kg]	2025	2030	2035	2040	2045
Sviðsmynd 1	18,95	18,95	18,95	18,95	18,95
Sviðsmynd 2	22,60	21,61	21,61	21,61	21,61
Sviðsmynd 3	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28

Tafla 7. Heildar orkuinnihald úrgangs til brennslu fyrir allar sviðsmyndir á árunum 2025 til 2045

Orkuinnihald [GJ]	2025	2030	2035	2040	2045
Sviðsmynd 1	3,442,724	3,416,966	3,590,710	3,743,527	3,874,298
Sviðsmynd 2	2,683,078	1,916,099	2,013,527	2,099,221	2,172,553
Sviðsmynd 3	677,967	672,895	707,110	737,204	762,956

Tafla 6 gefur til kynna að lægra hitagildi þess úrgangs sem ætlað er að brenna er í öllum tilvikum hærra en 10 - 12 MJ/kg sem er algengt hitagildi úrgangs sem brennt er í nágrannalöndum okkar eins og Danmörk og Svíþjóð, eins og gert var grein fyrir í kafla 4.3. Mikilvægt er að athuga að eiginleikar úrgangsflokka í alþjóðlegum gagnaböndum eins og EASETECH (t.d. hitagildi, hlutfall ösku, raka og brennanlegra efna) endurspeglar ekki endilega raunverulega eiginleika úrgangs á Íslandi. Því ber að taka tölur um hitagildi íslensks úrgangs hér með ákveðnum fyrirvara þar til nánari rannsóknir hafa verið gerðar á eiginleikum hans. Engu að síður þykja þessar niðurstöður gefa til kynna að hitagildi úrgangsins ætti ekki að vera minni en það sem þekktist í okkar samburðarlöndum.

Mikilvægt er að athuga í samhengi við orkuinnihald sviðsmynda að hér er um að ræða heildarmagn orku sem er í úrganginum en ekki magn þeirrar orku á formi rafmagns eða hita sem hægt væri að framleiða við brennslu á úrgangi. Orkuver sem brenna úrgang hafa nýtni á bilinu 20-90% eftir gerð orkuvers og hvort framleitt sé rafmagn, hiti eða hvort tveggja (Christensen, 2011).

8 Samantekt á greiningu úrgangsmýndunar

Sviðsmyndirnar þrjár eru byggðar á spálíkani um úrgangsmagn og rannsókn á samsetningu blandaðs heimilisúrgangs á höfuðborgarsvæðinu árið 2018. Samantekið eru niðurstöður úr sviðsmyndagreiningunni eftirfarandi.

Sviðsmynd 1: Óbreytt ástand segir til um það magn úrgangs sem yrði endurunninn, endurnýtt og fargað miðað við núverandi úrgangssamsetningu, flokkun, söfnun og meðhöndlun. Með óbreyttri úrgangsstjórnun þyrfti að farga 207 þúsund tonnum af brennanlegum úrgangi árið 2045. Lægra hitagildi (LHV) þess úrgangs miðað við áætlaða samsetningu (Mynd 13) er 18,95 MJ/kg. Orkuver á borð við sorpbrennslustöðvar hafa þó nýtni á bilinu 20-90% eftir því hvort framleiðslan er nýtt í rafmagn, hita eða hvort tveggja.

Sviðsmynd 2: Ef markmiðum ESB um meðhöndlun úrgangs er náð verður endurvinnsla og endurnýting meiri í samanburði við óbreytt ástand. Þannig þyrfti einungis að farga um 103 þúsund tonnum af brennanlegum úrgangi árið 2045. Reiknað lægra hitagildi (LHV) þessa úrgangs er 21,61 MJ/kg miðað við áætlaða samsetningu (Mynd 16).

Sviðsmynd 3: Ef bestu mögulegu endurvinnslu og endurnýtingu er náð þyrfti hins vegar einungis að farga 38 þúsund tonnum af brennanlegum úrgangi árið 2045. Reiknað lægra orkuinnihald (LHV) þessa úrgangs er 20,28 MJ/kg miðað við áætlaða samsetningu úrgangsins (Mynd 18).

Myndir 17 og 19 gefa til kynna þá úrgangsflokka sem, öðrum fremur, skapa þörf fyrir sorpbrennslu á næstu 10-25 árum. Þessir úrgangsflokkar eru aðallega blandaður heimilisúrgangur, blandaður óskilgreindur úrgangur, gúmmí, viður (ekki umbúðir) og leifar frá meðhöndlun úrgangs. Þar að auki má nefna úrgang eins og eðju, seyru, dýrahær, sláturúrgang og fiskúrgang, þegar hann hefur verið for-meðhöndlaður og/eða þurrkaður.

Síðari hluti:

Sorpbrennsla á Íslandi, framtíðarhorfur

Almennt um sorpbrennslustöðvar	37
Möguleikar sorpbrennslu til orkunýtingar	39
Forsendur fyrir mat á staðsetningum sorpbrennslustöðva.....	39
Ein sorpbrennslustöð á Íslandi	40
Sorpbrennslusöðvumdreift um landið	41
Sorpbrennsla á Íslenskum úrgangi erlendis.....	43
Umræða	45

9 Almennt um sorpbrennslustöðvar

Úrgangur sem fer í sorpbrennslustöð, þar sem hitinn er notaður til framleiðslu á orku, er skilgreint sem endurnýting, annars er um að ræða förgunar- eða sorpeyðingarstöðvar. Brennslustöðvar framleiða orku annað hvort sem rafmagn eða hita, þ.e. hita vatn inn á hitaveitukerfi, eða hvort tveggja. Fjallað er um sorpbrennslustöðvar, lofthreinsibúnað fyrir starfsemina og sorpbrennslu í samanburðarlöndum í viðauka 18.

Með því að brenna úrgang er komið í veg fyrir að hann sé urðaður og orkan sem myndast bætist inn á núverandi orkukerfi landsins. Einnig má líta svo á að orkan sem verður til dregur úr notkun á öðrum óumhverfisvænni orkugjöfum, líkt og kolum eða olíu sem nýtt eru til orkuframleiðslu. Við urðun á úrgangi myndast loftfirrt niðurbrot lífræns úrgangs í jarðvegi sem leiðir svo út í andrúmsloftið og verður að metangasi sem hefur 28 sinnum meiri gróðurhúsaáhrif en koltvísýringur (EPA - United States Environmental Protection Agency, n.d.). Í Tafla 8 er samanburður á losun CO₂ ígilda (EU meðaltöl) frá heimilisúrgangi við urðun og sorpbrennslu (IEA Bioenergy, 2003). Ljóst er að brennsla hefur rúmlega helmingi minna kolefnisspor en að urða sama úrgangsmagn án þess að tekið sé tillit til kolefnissparnaðar við t.d. orkuframleiðslu. Í viðhengi 19.6 má finna nánari útreikninga fyrir Tafla 8.

Tafla 8: Samantekt yfir kolefnisútreikninga þess að urða úrgang árið 2030 á Íslandi eða brenna úrganginn á Íslandi.

Páttur	Magn per tonn úrgangs (kg CO ₂ ígildi/t)
Heildarlosun frá urðun	1960 ^{1, 2}
Heildarlosun frá brennslu	828

¹ https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/40_IEAPositionPaperMSW.pdf bls. 4

² [https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials#:~:text=The%20Global%20Warming%20Potential%20\(GWP,warming%20impacts%20of%20different%20gases.&text=Methane%20\(CH4\)%20is%20estimated,uses%20a%20different%20value.](https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials#:~:text=The%20Global%20Warming%20Potential%20(GWP,warming%20impacts%20of%20different%20gases.&text=Methane%20(CH4)%20is%20estimated,uses%20a%20different%20value.)

9.1 Hvað er sorpbrennsla?

Úrgangur brenndur í sorpbrennslustöð til orkuframleiðslu er flokkaður sem endurnýting en ef engin orkuframleiðsla á sér stað er um að ræða förgun úrgangs. Í samanburði við urðun hefur sorpbrennsla ákveðna kosti og galla.

Kostir:

- Rúmmál og þyngd úrgangs dregst saman miðað við upphaflega stærð
- Stærðarminnkun úrgangs tekur skamman tíma og þarf ekki langtíma dvöl á urðunarstað
- Hægt er að stjórna útblæstri á árangursríkan hátt og lágmarka áhrif á andrúmsloftið
- Öskuleifar sorpbrennslu eru yfirleitt dauðhreinsaðar
- Til er tækni til að eyða hættulegustu efnunum á áhrifaríkan hátt
- Sorpbrennsla tekur hlutfallslega lítið landsvæði í samanburði við urðunarstaði
- Með samhliða orkuframleiðslu og -sölu er hægt að draga úr rekstrarkostnaði sorpbrennslu
- Framleiði sorpbrennslan orku er kolefnisspor hennar lægra en urðun úrgangsefna

Gallar:

- Fjármagnskostnaður er hár
- Ekki öll efni henta til brennslu
- Þörf er á viðbótareldsneyti til þess að hefja brennslu og í sumum tilfellum til að viðhalda brennslu

9.2 Val á stærð brennsluofna

Þegar verið er að ákvarða stærð brennsluofns þarf m.a. að huga að heildarmagni þess úrgangs sem á að brenna á ári, orkugildi þess úrgangs og taka þarf til greina þann tíma sem ofninn getur ekki verið í gangi vegna viðhalds. Gangtími stærri brennsluofna miðast oftast við sirka 8000 klst á ári og gera þarf ráð fyrir því að slökkva þarf á ofninum fyrir ýmist viðhald og þrif (Mathews Environmental Solutions, 2020).

Einnig skal hafa í huga þá fylgikvilla sem fylgja því ef þörf er ofmetin eða vanmetin. Ef byggður er brennsluofn sem er of stór er hættu á eftirfarandi:

- A) Slökkva þarf á brennsluofni hluta úr ári sem veldur því að orkuöryggi er ekki tryggt og það getur reynst dýrt að kveikja aftur upp í brennsluofninum. Sorpbrennsluofnar eru oftast ekki kynntir upp með jarðefnaeldsneyti og það að þurfa ítrekað að kveikja upp í þeim vinnur gegn umhverfislegum ávinningi orkuframleiðslunnar.
- B) Það gæti þurft að brenna endurvinnsluefni til þess að halda ofninum gangandi þegar ekki er nóg framboð af brennanlegum úrgangi, en slíkt vinnur gegn markmiðum ESB um aukna endurvinnslu.
- C) Að flytja þurfi úrgang inn til landsins til að viðhalda brennslu. Stærð ofna hefur verið ofmetin víða í Evrópu og hafa sum lönd gripið til þess ráðs að taka á móti úrgangi erlendis frá.

Ef byggður er of lítill brennsluofn er hættu á eftirfarandi:

- A) Auka þarf forvinnslu efna, mylja efni niður í smærri einingar. Þessu fylgir aukinn kostnaður og aukin landnotkun.
- B) Hætta á áframhaldandi urðun óæskilegra úrgangsflokka.

10 Möguleikar sorpbrennslu til orkunýtingar á Íslandi

Í þessum kafla eru teknar saman sviðsmyndir um brennslu úrgangs á Íslandi ásamt brennslu á íslenskum úrgangi erlendis, lagt er áherslu á niðurstöðum frá sviðsmynd 2 úr kafla 7.2. Ástæðan fyrir því að lagt er áhersla á sviðsmynd 2 er sú að gert er ráð fyrir því að Ísland mun uppfylla markmiðum ESB. Rýnt er í orkuinnihald og spurt hvort vænlegt eða mögulegt sé að nýta þetta efni til orkunýtingar með sorpbrennslu, sem flokkast þar með sem endurnýting. Þrjár megin sviðsmyndir eru settar fram um sorpbrennslu til orkunýtingar á Íslandi í framtíðinni. Þær eru:

- Ein sorpbrennslustöð á Íslandi
- Sorpbrennslustöðvar dreift um landið
- Sorpbrennsla á íslenskum úrgangi erlendis

Mat verður lagt á hugsanlegar staðsetningar þessara sorpbrennslustöðva þar sem rýnt er í magn úrgangs eftir svæðum, innviði og aðgengi, nýtingu orkunnar og nýtingu aukaafurða frá sorpbrennslu. Taka skal fram að mat á völdum staðsetningarkostum fyrir sorpbrennslustöðvar er ekki tæmandi, heldur er þetta einungis haft til viðmiðunar um mögulegar staðsetningar.

10.1 Forsendur fyrir mat á staðsetningu sorpbrennslustöðva

Við mat á staðsetningu sorpbrennslustöðva hefur verið sett saman listi (Tafla 9) yfir þær megin forsendur sem lagt er til grundvallar við staðarval. Forsendur eru settar upp í þeirri röð sem vægi þykir skipta mestu máli að mati höfunda þessara skýrslu.

Tafla 9. Forsendur fyrir mat á staðsetningu sorpbrennslustöðva.

Nr.	Forsendur skoðaðar við val á staðsetningu	Athugasemdir varðandi forsendur
1	Sorpbrennslustöð er staðsett innan við 60 km frá 65% af heildarmagni efna til sorpbrennslu á því svæði	Megin áherslan er að koma í veg fyrir mikla flutninga á úrgangi frá upprunastað og draga þar með úr umhverfisáhrifum og álagi á vegakerfi. Forsendunni er gefið mesta vægi af þeim forsendum sem settar eru fram.
2	Höfn í nálægð við sorpbrennslustöð sem getur tekið við skipum til gámaflutninga.	Hægt sé að flytja aukaafurðir sem koma frá sorpbrennslustöðvum, eins og t.d. málma, botn- og flugösku á viðeigandi markað eða endastöð. Einnig er þá hægt að taka við úrgangi sjóleiðis til sorpbrennslu, ef þörf krefur.
3	Bestun á orkunýtingu frá stöðvum	Hér er verið að horfa sérstaklega til kaldra svæða þar sem raforka er nýtt til húshitunar. Einnig er horft til aukins raforkuöryggis á svæðum þar sem raforkunet liggja yfir heiðar o.s.frv.
4	Nýting aukaafurða	Hægt er að nýta t.d. botnösku og CO ₂ -losun frá sorpbrennslu, botnaska er t.d. notuð í vegagerð og CO ₂ er notuð sem dæmi til að auka framleiðslu í gróðurhúsum (nánar um aukaafurðir í viðauka 19.4).
5	Innviðir, þekking og reynsla við sorpbrennslu og aðra meðhöndlun úrgangs	Megin áhersla er á að þekking, reynsla og viðeigandi innviðir til úrgangsmeðhöndlunar séu á þeim stöðum sem koma til greina.
6	Landsvæði skilgreint sem iðnaðarsvæði eða annað sambærilegt samkvæmt skipulagi	Þetta einfaldar ferlið við uppbyggingu sorpbrennslustöðva.

10.2 Ein sorpbrennslustöð á Íslandi

Ef tekið er tillit til forsenda sem settar eru fram í Tafla 9, þá er augljóst að langmesta efnið sem þyrfti að fara í sorpbrennslu fellur til á suðvesturhorni landsins eða um 84% (sjá Mynd 20 um landsvæðaskiptingu). Þar af er höfuðborgarsvæðið með um 73% af heildarúrgang til brennslu á landsvísu og 88% af brennanlegum úrgangi er frá suðvesturhorninu. Ef farið yrði í uppbyggingu á einni sorpbrennslustöð á Íslandi þá ætti hún þar af leiðandi að vera staðsett eins nálægt höfuðborgarsvæðinu og unnt er.

Áætlað úrgangsmagn sem einn brennsluofn á Íslandi þyrfti að taka við, miðað við það magn sem áætlað er samkvæmt sviðsmynd 2 í kafla 7, árið 2030 er á bilinu 89.300 tonn og 96.700 tonn ári þegar tekið er mið af öryggisbili um mannfjöldaspá og er orkugildi þess 21,6 MJ/kg líkt og nefnt var í kafla 7.5. Minna skal á fyrirvarann um orkugildi spálíkansins.

Ef miðað er við að gangtími brennsluofnsins sé 8.000 klst á ári þá þarf ofninn að geta tekið við magni frá 11,16 tonn/klst til 12,09 tonn/klst.

Áætlað heildarmagn úrgangs til brennslu árið 2045 er 105.461 tonn (tafla 4, kafli 7.4). Ef miðað er við að gangtími brennsluofnsins sé 8.000 klst á ári þá þarf ofninn að geta tekið við 13,18 tonn/klst

Sorpbrennslustöðin KALKA hefur starfsleyfi til að brenna 1,7 tonn tonn/klst (Umhverfisstofnun, 2016).Ef nýta á Sorpbrennslustöðina KALKA áfram samhliða nýjum ofni, sem mælt er með til að tryggja lágmarks brennslu ef nýi ofninn bilar yfir óákveðin tíma, þá þarf að taka það magn sem KALKA getur tekið við með í útreikningum á stærð nýrrar sorpbrennslustöðvar.

10.2.1 Nánari athugun á staðsetningu sorpbrennsluofns

Þeir staðir sem koma helst til greina ef horft er til þeirra forsenda sem nefndar eru í Tafla 9 eru: Álfsnes, Helguvík, Straumsvík, Þorlákshöfn, Grundartangi. Uppröðun á staðavali segir ekki til um forgang staðsetningar. Farið er yfir kosti og galla þess að vera með sorpbrennslustöðvar á þessum völdu stöðum í Tafla 10.

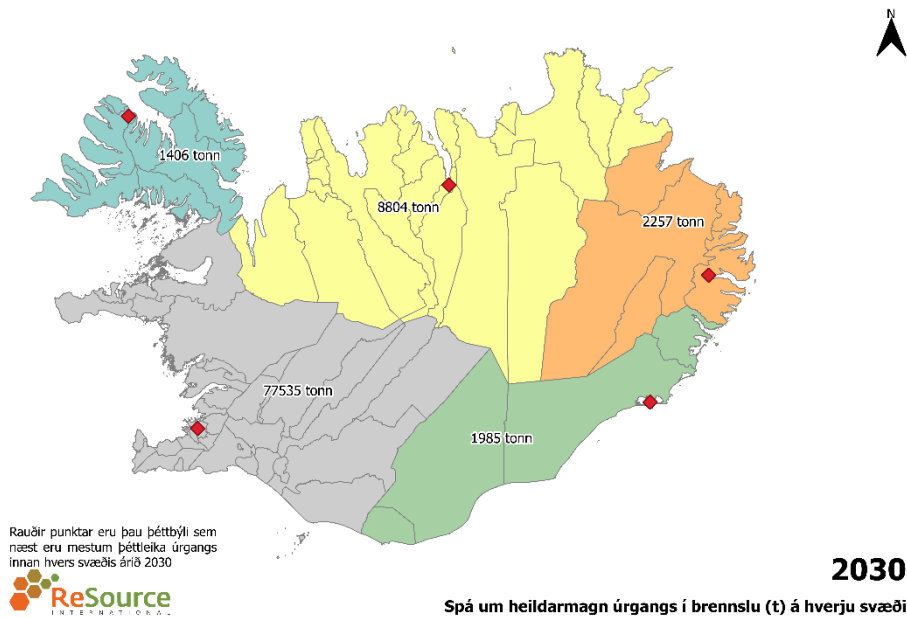
Tafla 10. Athugun á staðsetningu sorpbrennsluofns á Íslandi. Kostir og gallar skoðaðir með tilliti til forsenda í töflu 8.

	Kostir	Gallar
Reykjavík, Álfsnes Iðnaðarsvæði	<ul style="list-style-type: none"> • Nálægt aðaluppsprettu brennanlegs úrgangs <20 km. • Svæðið hefur verið nýtt við meðhöndlun úrgangs, mikil þekking og búnaður til staðar <ul style="list-style-type: none"> • Byggst hefur upp reynsla erlendis á að þyrpa saman innviðum tengdum úrgangsmeðhöndlun <ul style="list-style-type: none"> • Hægt er að nýta metan frá GaJa til að viðhalda hita í brennsluofni • Hægt að taka efni út úr gömlum urðunarreinum og brenna. • Land í eigu Reykjavíkurborgar 	<ul style="list-style-type: none"> • Næsta höfn er í sirka 20 km fjarlægð og er inni í byggð (Sundahöfn)
Reykjanesbær, Helguvík Iðnaðarsvæði	<ul style="list-style-type: none"> • Nálægt aðaluppsprettu brennanlegs úrgangs <60km • Mikil þekking á meðhöndlun úrgangs og áratuga reynsla á sorpbrennslu <ul style="list-style-type: none"> • Höfn er til staðar • Búið að samþykkja uppbyggingu stóriðju á svæðinu og því möguleikar á nýtingu efnis og orku sem koma frá brennslustöð • Skilgreint sem iðnaðar og hafnarsvæði í deiliskipulagi 	<ul style="list-style-type: none"> • Í töluverðri fjarlægð frá suður- og vesturlandi
Hafnarfjörður, Straumsvík Iðnaðarsvæði	<ul style="list-style-type: none"> • Nálægt aðaluppsprettu brennanlegs úrgangs <20km • Höfn er til staðar • Búið að samþykkja uppbyggingu stóriðju á svæðinu og því möguleikar á nýtingu efnis og orku sem koma frá brennslustöð 	<ul style="list-style-type: none"> • Þekking á meðhöndlun úrgangs og sorpbrennslu lítil
Ölfus, Þorlákshöfn Iðnaðarsvæði vestan við Þorlákshöfn	<ul style="list-style-type: none"> • Nálægt aðaluppsprettu brennanlegs úrgangs <60km • Höfn er til staðar • Land í eigu Ölfuss 	<ul style="list-style-type: none"> • Þekking á meðhöndlun úrgangs og sorpbrennslu lítil • Fjarlægðir frá Vesturland meiri hér • Höfn staðsett í þéttbýli
Grundatangi, Hvalfjörður Iðnaðarsvæði	<ul style="list-style-type: none"> • Nálægt aðaluppsprettu brennanlegs úrgangs <60km • Höfn er til staðar • Samþykkt stóriðja er á svæðinu nýtingar möguleikar á efni og orku sem koma frá brennslustöð eru því mögulega til staðar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fjarlægðir fyrir Suðurland meiri hér. • Þekking á meðhöndlun úrgangs og sorpbrennslu er lítil.

10.3 Sorpbrennslustöðvum dreift um landið

Ýmsir kostir fylgja því að dreifa sorpbrennslustöðvum um landið. Til dæmis þá styttest vegalengdir sem flytja þarf úrganginn og dregur þar með um losun koltvísýrings. Það getur aukið orkuöryggi á sumum svæðum og nýst við upphitun húsa á köldum svæðum þar sem jarðvarmi er ekki til staðar.

Í þessari sviðsmynd er lögð meiri áhersla á sjálfbærni landshluta og það að lágmarka flutning og kostnað sveitarfélaga við úrgangsmeðhöndlun. Ákveðið var að leggja til staðsetningu á fimm smærri ofnum um landið nálægt uppsprettum brennanlegs úrgangs en ekki endilega eftir skilgreindum landshlutum.



Mynd 20: Spá um magn úrgangs árið 2030. Á kortinu er búið að skipta landinu upp í fimm mismunandi svæði sem táknuð eru með litum. Sveitarfélagsskipting innan hvers svæðis sést með gráum línum. Innan hvers svæðis má sjá heildarmagn brennanlegs úrgangs í tonnum, ásamt punktum fyrir þéttbýlisstaði sem eru næst þeim svæðum þar sem mesta úrgangsmýndun verður.

Á Mynd 20 sést kort yfir Ísland sem sýnir spá um magn brennanlegs úrgangs árið 2030 samkvæmt sviðsmynd 2. Landinu hefur verið skipt upp í fimm svæði sem aðgreind eru með litum og innan hvers svæðis má sjá sveitarfélagsskiptingu táknaða með gráum línum. Heildarmagn brennanlegs úrgangs má sjá fyrir hvert svæði ásamt því sveitarfélagi sem mesta magn úrgangs er að koma frá innan þess sveitarfélags. Innan þessara landsvæða er lagt upp með að brennsluofnar séu staðsettir nálægt mesta magni úrgangs til brennslu og eru það eftirfarandi byggðakjarnar:

- Höfn í Hornafirði
- Reyðarfjörður
- Akureyri
- Ísafjörður
- Höfuðborgarsvæðið, með því staðarvali sem farið var yfir í kaflanum hér á undan.

Þessar staðsetningar uppfylla þær forsendur að mestu sem nefndar eru í Tafla 9, góðir möguleikar eru á að nýta orkuna við húshitun á Höfn, Reyðarfirði og Ísafirði.

Suðurlandi er skipt í tvennt við Mýrdalshrepp, þar er áætlað að úrgangur frá hreppnum fari á Höfn í Hornafirði og úrgangur vestan við hreppinn fari á höfuðborgarsvæðið. Djúpvogur og svæðið sunnan þess fer einnig á Höfn. Langmesti úrgangurinn á Suðurlandi fellur til í sveitarfélaginu Árborg og nærliggjandi sveitarfélögum og er því álitid hagkvæmast að flytja þann úrgang í brennslu á höfuðborgarsvæðið. Ef horft er til Vesturlands þá er mesta magn úrgangs að koma frá Borgarbyggð og því álitid hagkvæmast að flytja úrgang frá Vesturlandi einnig á höfuðborgarsvæðið til brennslu vegna nálægðar.

Sorpbrennslutækni hefur tekið miklum framförum undanfarin áratug og verið er að framleiða minni sorpbrennslustöðvar fyrir t.d. lítil sveitarfélög með möguleika á orkunýtingu. Þessa ofna er hægt að fá í ýmsum stærðum allt niður í ofna með vinnslugetu sem er undir eitt tonn á sólarhring. Þessir ofnar byggja á nýlegri tækni og uppfylla allar þær reglur og kröfur sem gerðar eru til sorpbrennslustöðva á Evrópska

Efnahagsvæðinu að sögn söluaðila slíkra ofna. (Mathews Environmental Solutions, 2020); (Eco Waste Solutions, 2020).

Athuga þarf vel gangtíma minni ofna þar sem heildarúrgangsmagn í brennslu er undir 5000 tonnum á ári. Með minni ofnum og úrgangsmagni er stundum ekki hægt að brenna úrgang jafnt yfir árið eða jafnt allan sólarhringinn. Í þeim tilfellum þarf að skoða geymslu þurrefna fyrir vetrarmánuði, ef áætlað er að nota orkuna til húshitunar. Rekstrarkostnaður minni sorpbrennslustöðva er hærri (kr/kg) í samanburði við stærri brennslustöðvar. Þörf er á skilvirkari og nákvæmari gagnaöflun í flestum sveitarfélögum til þess að geta áætlað nákvæmari orkunýtingarmöguleika og stærð hvers brennsluofns. Einnig þarf að taka tillit til brennslu á dýrahæjum og hvort það þurfi sérstaka ofna fyrir þann úrgang.

10.4 Sorpbrennsla á íslenskum úrgangi erlendis

Framleiðsla orku í brennslustöðvum erlendis dregur úr þörf á annarri orkuframleiðslu, t.d. brennslu kola. Ef byggð væri brennslustöð á Íslandi til orkuframleiðslu kæmi sú orka í staðinn fyrir t.d. vatnsaflsorku, sem er einn umhverfisvænasti orkugjafi sem völ er á.

Framleiðsla á 1 MWh af orku með brennslu kola losar um 1020 kg CO₂-ígildi (Landsvirkjun, 2008). Framleiðsla á 1 MWh af orku með því að brenna úrgang til orkuframleiðslu losar um 367 kg CO₂ ígildi (IEA Bioenergy, 2003). Meðallosun við orkuframleiðslu á Íslandi er 2 kg CO₂ ígildi/MWh_{to} (Landsvirkjun, 2019)

Danska umhverfisráðuneytið lét framkvæma rannsókn á sorpbrennslustöðvum í Danmörku og sýndi sú rannsókn fram á töluverðan sparnað á losun koltvísýrings við að framleiða orku með sorpbrennslu í stað þess að brenna kol. Vestforbræðing sorpbrennslustöðin í Kaupmannahöfn var tekin sem dæmi í þessum útreikningum danska umhverfisráðuneytisins og telst sú brennslustöð vera hátæknistöð, með afar góða nýtni upp á > 90% (Technical University of Denmark).

Í Tafla 11 eru teknir saman útreikningar á losun CO₂ ígilda fyrir hvert tonn af brennanlegum úrgangi sem viðbúið er að verði árið 2030. Þar er borin saman brennsla á þeim úrgangi hérlendis og ef sá úrgangur yrði sendur til Danmerkur til brennslu. Reiknað er út frá orkuinnihaldi (MWh_{to}) þess úrgangs sem myndast árið 2030 og gert er ráð fyrir að nýtni brennslunar sé 100%. Á Íslandi er gert ráð fyrir að staðgengi orkuframleiðslunnar sé út frá meðaltalslosun Landsvirkjunar (Landsvirkjun, 2019) en í Danmörku er gert ráð fyrir að orkuframleiðslan sé staðgengi kolabrennslu (fyrir nánari skýringar og útreikningar sjá viðauka 19.6).

Tafla 11: Samantekt yfir kolefnisútreikninga þess að urða úrgang árið 2030 á Íslandi, senda úrganginn til Danmerkur í brennslu eða brenna úrganginn á Íslandi.

	Brennsla á úrgangi á ÍSL til orkuframleiðslu	Brennsla á úrgangi í DK til orkuframleiðslu	Eining
Heildarmagn brennanlegs úrgangs árið 2030 (SM2)	90475	90475	tonn
Losun frá meðhöndlun úrgangs	828	828	kg CO ₂ eq/tonn
Losun frá flutningi	0	84	kg CO ₂ eq/tonn
Staðgengi orkuframleiðslu (ÍSL = Meðaltal Landsvirkjunar*, DK = Losun frá kolum*)	-14	-2229	kg CO ₂ eq/tonn
Losun með staðgengi	814	-1317	kg CO ₂ eq/tonn

*Meðaltalslosun Landsvirkjunar er 2 kg CO₂ eq/MWh_{to} (Landsvirkjun, 2019) sem gerir 14 kg CO₂ eq/tonn miðað við orkuinnihald þess úrgangs sem viðbúið er að myndist árið 2030 (537.683 MWh í 90.475 tonnum úrgangs). Meðaltalslosun frá kolabrennslu í Danmörku er 375 kg CO₂ eq/MWh_{to} (IEA Bioenergy, 2003) sem gerir 2229 kg CO₂ eq/tonn miðað við orkuinnihald þess úrgangs sem viðbúið er að myndist árið 2030. Sjá fulla töflu útreikninga í viðauka 19.6.

Til lengri tíma litið er þó ekki öruggt að reiða sig á aðgengi að brennsluofnum erlendis (Center for EcoTechnology, 2018). Holland hefur t.d. sett háa skatta á innfluttan úrgang ætlaður brennslu (EUWID, 2020) og Danmörk hefur hrint af stað áformum sínum um að auka endurvinnslu og er byrjuð að loka sorpbrennslustöðvum (EUWID, 2020). Í fleiri löndum eru svipuð áform uppi vegna þeirra markmiða sem sett hafa verið fyrir lönd í ESB og EFTA. Þar að auki eru mörg lönd eins og t.d. Danmörk, Þýskaland og Írland að hverfa frá kolabrennslu til orkunýtingar og um leið verður samanburðurinn í Tafla 11 ekki eins marktækur.

11 Samantekt á möguleikum sorpbrennslu til orkunýtingar

Kostir þess að vera með eina brennslustöð á landinu er að rekstrarkostnaður er lágur samanborið við margar litlar ef litið er til (kr/kg). Álitlegasta staðsetning á slíkum ofni er í eða nálægt höfuðborgarsvæðinu þar sem uppspretta brennanlegs úrgangs er sirka 73% af heildinni yfir landinu öllu. Ofninn þyrfti að geta brennt um 11 til 13 tonn/klst ef miðað er við 8000 klst gangtíma á ári. Kostir þess að brennslustöðvum yrði dreift um landið er að dregið yrði úr flutningi á úrgangi á milli landshluta og hægt væri hugsanlega að bæta orkuöryggi á ákveðnum stöðum á landinu. Orkunýting væri meiri á köldum svæðum þar sem nýta mætti orkuna til húshitunar. Þörf er á skilvirkari og nákvæmari gagnaöflun í flestum sveitarfélögum til þess að geta áætlað nákvæmari orkunýtingarmöguleika og stærð sérhvers brennsluofns.

Kostir þess að sorpbrennsla fari fram erlendis er að nettó heildarlosun gróðurhúsalofttegunda frá brennslu samanborið við urðun úrgangs er minni erlendis en á Íslandi. Það er þó alfarið byggt á samanburði við orkuframleiðslu með kolum erlendis, en mörg lönd hafa sett sér það markmið að hætta notkun á kolum við orkuframleiðslu fyrir 2037. Kostnaður við útflutning á úrgangi getur verið mjög breytilegur (fer eftir olíuverði, gengi gjaldmiðla o.s.frv.) og getur einnig hækkað töluvert á komandi árum í formi skatta á innfluttan úrgang. Holland hefur t.d. nýlega samþykkt verulega skatta hækkun á innfluttan úrgang. Aðalástæðan fyrir því að Danmörk hefur verið að brenna úrgang erlendis frá er vegna ofmats á stærð ofna og áformar danska ríkisstjórnin því að loka hluta af brennsluofnum sínum á komandi árum.

12 Umræða

Gagnagrunnur umhverfisstofnunar er grunnurinn fyrir spálíkan um úrgangsmagn á Íslandi. Þar þyrfti að bæta upprunaskráningu úrgangs og mikilvæg viðbót væri að gera reglulegar rannsóknir á samsetningu blandaðs heimilisúrgangs, blandaðs óskilgreinds úrgangs og blandaðs byggingar- og niðurrifsúrgangs í öllum landshlutum.

Áður en ráðist er í uppbyggingu á sorpbrennslutöð eða stöðvum þá er nauðsýnilegt að skoða nánar innihald blandaðs úrgangs á öllu landinu, greiða úr upprunaskráningu úrgangs og skoða tækifæri til þess að nýta aukaafurðir sorpbrennsluofna á Íslandi. Í þessu samhengi er sérstaklega horft til nýtingu botnösku, koltvíoxíðs og hvernig á að meðhöndla flugösku.

Í kjölfarið á þessari greiningu væri vert að skoða þörf á gas- og jarðgerðarstöðvum, skolphreinsistöðvum og endurvinnslustöðvum á Íslandi og hvernig það hefði frekari áhrif á þörf fyrir sorpbrennslu. Uppbygging sorpbrennslustöðva felur í sér aukið aðgengi að þess konar úrgangsmeðhöndlunarúrræði og í því samhengi væri ákjósanlegt að sama aðgengi næðust einnig fyrir endurvinnslu úrgangsefna. Jafnframt hefur aukin skolphreinsun í för með sér aukningu á brennanlegum úrgangsefnum og fleiri gas- og jarðgerðarstöðvar geta dregið úr magni blandaðs heimilisúrgangs og annarra brennanlegra úrgangsefna. Í kafla 10.4 er rætt um brennslu úrgangs erlendis og því samhliða er nauðsynlegt að ræða hvort öruggt sé að endurvinnslustöðvar erlendis haldi áfram að taka á móti endurvinnsluefnum frá Íslandi.

13 Heimildaskrá

- Christensen, T. H. (2011). *Solid Waste Technology & Management*. Lyngby: Blackwell Publishing Ltd.
- Commission, E. (25. November 2002). Regulation (EC) No 2150/2002 of The European Parliament and of the Council on waste statistics. Brussels, Belgium: Official Journal of the European Communities.
- Beigl, P., Wasserman, G., Schneider, F., & Salhofer, S. (2004). *Forecasting Municipal Solid Waste Generation in Major European Cities*. International Congress on Environmental Modelling and Software. 83.
- McGraw-Hill handbooks. (2002). *Handbook of Solid Waste management - second edition*.
- Bach, H., Mild, A., Natter, M., & Weber, A. (2004). Combining Socio-demographic and logistic factors to explain the generation and collection of waste paper. *Resources, Conservation and Recycling*, 41(1), 65-73.
- Hockett, D., Lober, D. J., & Pilgrim, K. (1995). Determinants of per capita municipal solid waste generation in the Southeastern United States. *Journal of Environmental Management*, 43(3), 205-217.
- Meyles, C. A. (2003). *Förgun úrgangs 1970-2003*. Fenúr.
- Eurostat. (2010). *Guidance on classification of waste according to EWC-Stat categories. Supplement to the Manual for the Implementation of the Regulation (EC)*. Commission of the European Communities.
- Landmælingar Íslands. (17. júní 2020). IS 50V Mörk. Reykjavík. Sótt frá <https://gatt.lmi.is/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/A1919501-BA1F-4AEE-ABB8-00A3217258AA>
- Landsvirkjun. (2008). *Kolefnisspor Landsvirkjunar, Loftslagsbókhald 2008*.
- Covenant of Mayors. (án dags.). *Technical annex to the SEAP template instructions document: The Emission Factors*. Sótt frá https://www.eumayors.eu/IMG/pdf/technical_annex_en.pdf
- Tchobangoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management, 2nd ed.* McGraw-Hill.
- Alikí Kriekouki, A. L. (2018). *A wasted opportunity? EU environmental standards for waste incineration plants under review*. Brussels: EEB.
- IEA Bioenergy. (2003). *Municipal Solid Waste and its Role in Sustainability*. IEA Bioenergy.
- Dakofa. (9. July 2020). *Dakofa Waste and Resource Network Denmark*. Sótt frá Incineration in Denmark: <https://dakofa.com/element/incineration-in-denmark/>

- EPA - United States Environmental Protection Agency. (án dags.). *Understanding Global Warming Potentials*. Sótt frá Greenhouse Gas Emissions: [https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials#:~:text=The%20Global%20Warming%20Potential%20\(GWP,warming%20impacts%20of%20different%20gases.&text=Methane%20\(CH4\)%20is%20estimated,uses%20a%20different%20value.\)](https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials#:~:text=The%20Global%20Warming%20Potential%20(GWP,warming%20impacts%20of%20different%20gases.&text=Methane%20(CH4)%20is%20estimated,uses%20a%20different%20value.))
- Time for Change. (án dags.). *CO2 emissions for shipping of goods*. Sótt frá <https://timeforchange.org/co2-emissions-for-shipping-of-goods/>
- IPCC - Integrated Pollution Prevention and Control. (2006). *Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration*. European Commission.
- Kirkeby, J., Grohnheit, P. E., Møller Andersen, F., Herrmann, I. T., & Karlsson, K. B. (2014). *Experiences with waste incineration for energy production in Denmark*. Roskilde: DTU Management Engineering.
- ReSource, I. (2019). *Rannsókn á samsetningu baggaðs úrgangs, nóvember 2018*. Reykjavík: Sorpa bs.
- Bundesamt, U. (2008). *The role of waste incineration in Germany*. Umweltbundesamt.
- Bundesamt, U. (23. Mars 2015). *Umwelt Bundesamt*. Sótt frá Thermal Treatment: <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/waste-resources/waste-disposal/thermal-treatment#thermal-waste-treatment->
- Mathews Environmental Solutions. (2020). *Mathews*. Sótt 07 2020 frá <https://matthewsenvironmentalsolutions.com/us/>
- Eco Waste Solutions. (2020). *Eco Waste Solutions*. Sótt 2020 frá <https://ecosolutions.com/>
- Center for EcoTechnology. (9. maí 2018). *CET*. Sótt frá Center for EcoTechnology: <https://www.centerforecotecology.org/what-is-the-national-sword/>
- EUWID;. (18. september 2019). *Netherlands will apply hefty tax to RDF imports as of 2020*. Sótt frá 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>
- EUWID. (20. maí 2020). *Danish ministers call for cuts to waste imports*. Sótt frá Recycling and waste management: <https://www.euwid-recycling.com/news/policy/single/Artikel/danish-ministers-call-for-cuts-to-waste-imports.html>
- Umhverfis- og auðlindaráðuneyti. (2020). *Aðgerðaáætlun í loftlagsmálum. Viðauki 1: Lýsing á aðgerðum. F.2 Bann við urðun lífræns úrgangs*. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið.
- Euwid. (5. Maí 2020). *EUWID Recycling and Waste Management*. Sótt frá Danish ministers call for cuts to waste imports: <https://www.euwid->

recycling.com/news/policy/single/Artikel/danish-ministers-call-for-cuts-to-waste-imports.html

ReSource International ehf. (2018). *Rannsókn á samsetningu baggaðs úrgangs*. Reykjavík: Sorpa.

Hagstofa Íslands. (22. 11. 2019). Mannfjöldaspa 2019-2068. Reykjavík. Sótt frá <https://hagstofa.is/talnaefni/ibuar/mannfjoldaspa/mannfjoldaspa/>

Umhverfisstofnun. (2016). *Starfsleyfi Sorpeyðingarstöðvar Suðurnesja sf.*

Landsvirkjun. (2019). *Loftslagsbókhald 2019*. Landsvirkjun.

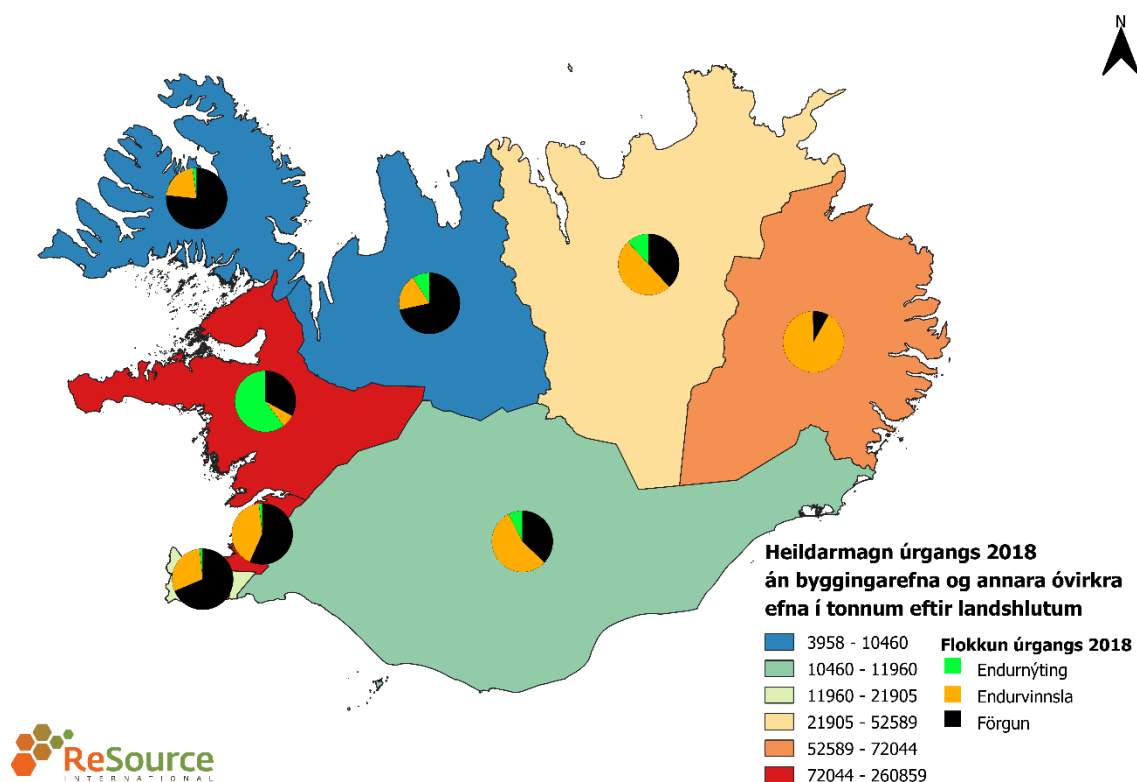
Technical University of Denmark. (án dags.). *Waste incineration - recovery of energy and material resources*. Sótt frá https://eng.ecoinnovation.dk/media/mst/8051413/Affald_Case_Forbr%C3%A6nding_web_15.01.13.pdf

Dominic, D. H. (2005). *Costs for Municipal Waste Management in the EU*. Directorate General environment, European Commission.

Viðaukar

Landshlutagreining.....	49
Eiginleikar úrgangsflokka eftir sviðsmyndum.....	56
Sviðsmynd 1. Óbreytt ástand.....	60
Sviðsmynd 2. Markmiðum ESB náð.....	61
Sviðsmynd 3. Besta útkoma.....	69
Almennt um sorpbrennsluofna.....	70

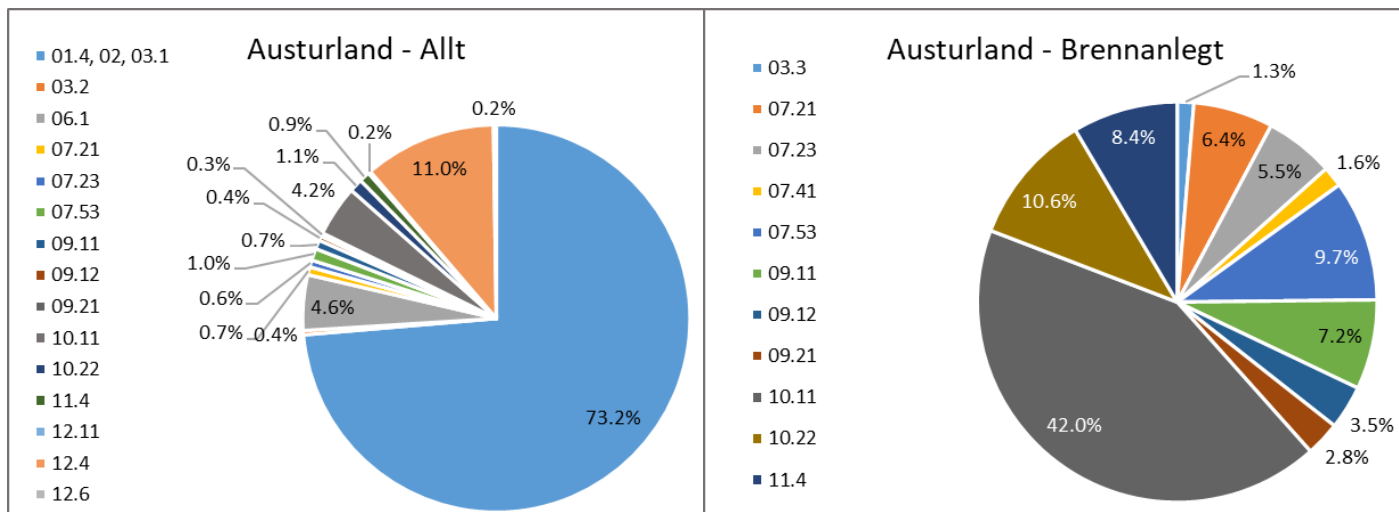
14 Landshlutagreining



Mynd 21. Heildarmagn úrgangs 2018 án byggingarefna og annarra óvirkra efna í tonnum eftir landshlutum. Skifurnar gefa til kynna hlutföll endurnýtingar, endurvinnslu og förgunar úrgangsins.

14.1 Austurland

Á Austurlandi var 73,2% af úrgangi efnaúrgangur (EWC-stat flokkur 01.4, 02, 03.1) árið 2018 (sjá Mynd 22). Að frátöldum þeim flokki eru stærstu þrjú flokkar: járnrikur málmúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 06.1: 4,6%), blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11: 4,2%) og úrgangur frá varmaferlum (EWC-stat flokkur 12.4: 10,9%).

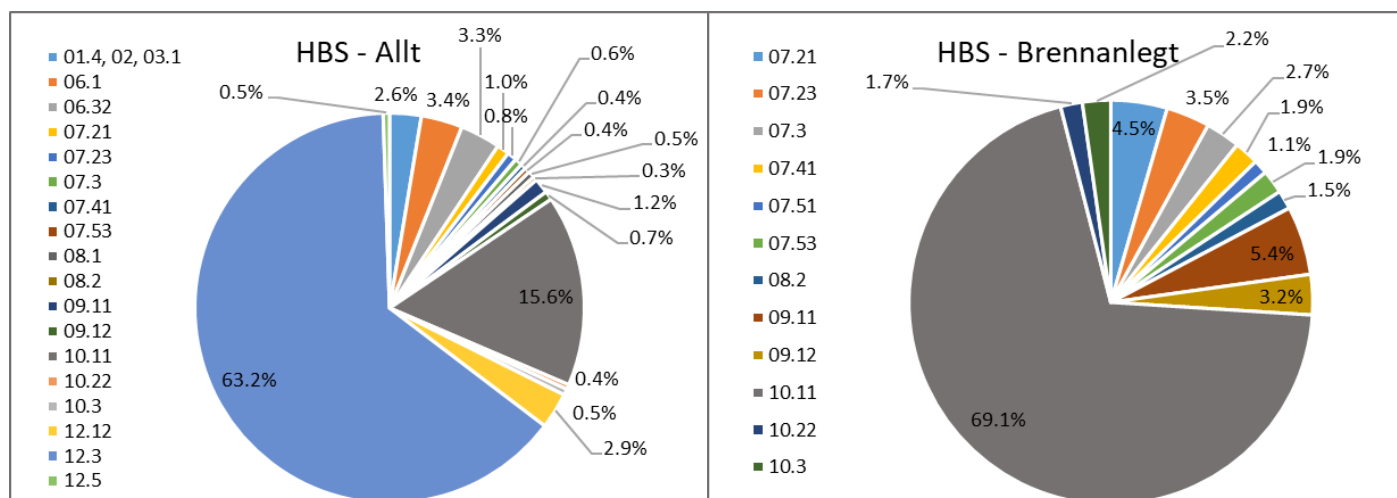


Mynd 22. Samsetning úrgangs sem féll til á Austurlandi árið 2018 flokkað eftir EWC-stat flokkum (sjá töflu 3). Samsetning alls úrgangs annars vegar (vinstri) og samsetning brennanlegs úrgangs hins vegar (hægri).

Þegar litið er á magn brennanlegs úrgangs á Austurlandi var eru stærstu EWC flokkarnir 42,0% blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11), 10,6% blandaður óskilgreindur úrgangur (EWC-stat flokkur 10.22) og 9,7% viðarúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 07.53). Megnið af þessum úrgangi er endurvinnanlegur.

14.2 Höfuðborgarsvæðið

Af öllum úrgangi sem féll til árið 2018 á Íslandi varð 62,8% til á höfuðborgarsvæðinu (sjá Mynd 23). Þar af var 63% úrgangsins jarðefni (t.d. steinar, mól og sandur) (EWC-stat flokkur 12.3). Að þeim flokki frátöldum voru fjórir stærstu flokkarnir blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11: 15.6%), járnrikur málmúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 06.1: 3.4%), malbik (2.9%) og efnaúrgangur (EWC-stat flokkur 01.4,02,03,1: 2.6%).

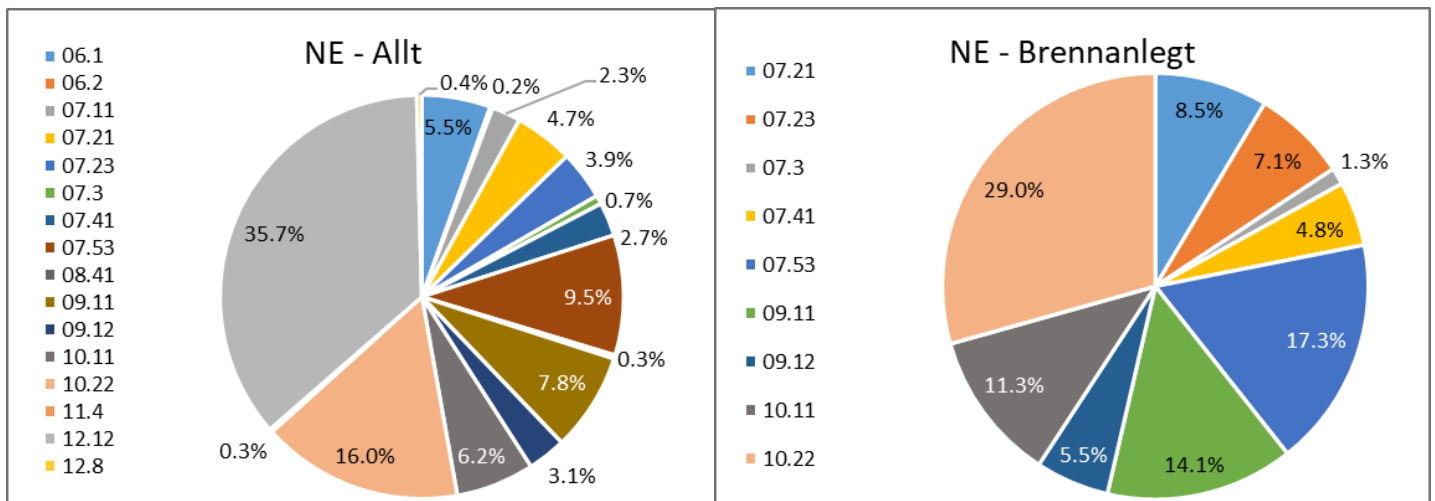


Mynd 23. Samsetning úrgangs sem féll til á höfuðborgarsvæðinu (HBS) árið 2018 flokkað eftir EWC-stat flokkum (sjá töflu 3). Samsetning alls úrgangs hins vegar (vinstri) og samsetning brennanlegs úrgangs hins vegar (hægri).

Af brennanlegum úrgangi var 69.1% blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11), en megnið af þeim úrgangi væri hægt að flokka.

14.3 Norðurland eystra

Á Norðurlandi eystra féll mest til af malbiki árið 2018 eða 35.7% úrgangsins (sjá Mynd 24). Fjórir næst umfangmestu flokkarnir voru blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri) og veiðarfæri (EWC-stat flokkur 10.22: 16.0%), pappírs- og pappaúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 07.23: 9.5%), dýrahæ, fisk- og sláturúrgangur (EWC-stat flokkur: 09.11: 7.8%) og blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11: 6.2%).

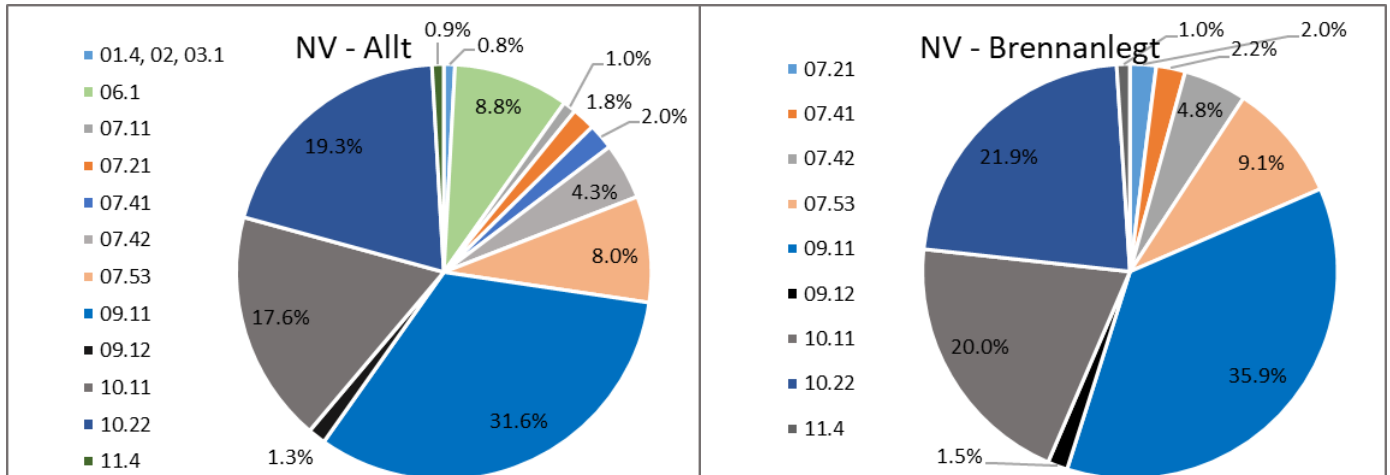


Mynd 24. Samsetning úrgangs sem féll til á Norðurlandi eystra (NE) árið 2018 flokkað eftir EWC-stat flokkum (sjá töflu 3). Samsetning alls úrgangs hins vegar (vinstri) og samsetning brennanlegs úrgangs hins vegar (hægri).

Af þeim brennanlega úrgangi sem féll til á Norðurlandi eystra var meira af blönduðum óskilgreindum úrgangi en blönduðum heimilisúrgangi (EWC-stat flokkar 10.22 og 10.11), en hlutföllin voru 29.0% á móti 11.3%. Einnig var mikið sem féll til af veiðarúrgangi (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 07.53) eða um 17.3% og dýrahæ, slátur- og fiskúrgangur (EWC-stat flokkur 09.11) var 14.1%.

14.4 Norðurland vestra

Á Norðurlandi vestra var EWC-statflokkur 9.11 (dýrahrae, fisk- og sláturúrgangur) stærstur árið 2018, eða 31.6% (sjá Mynd 25). Fjórir næststærstu úrgangsflokkarnir voru blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri) og veiðarfæri (EWC-stat flokkur 10.22: 19.3%), blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11: 17,6%), járnrikur málmúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 06.1: 8.8%) og viðarúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 07.52: 8.0%).

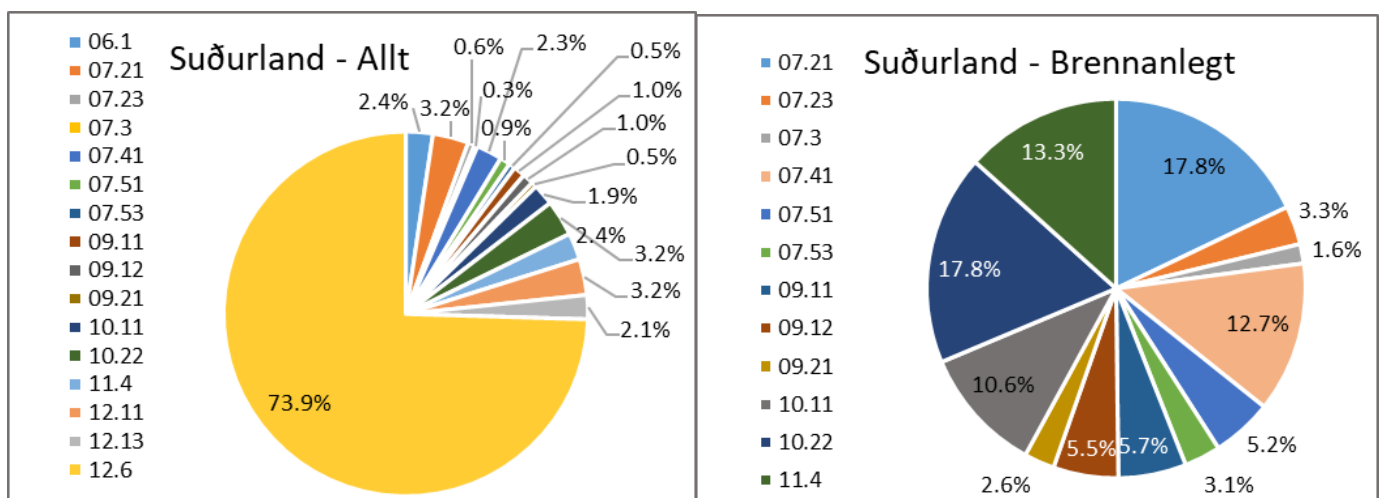


Mynd 25. Samsetning úrgangs sem féll til á Norðurlandi vestra árið 2018 flokkað eftir EWC-statflokkum (sjá töflu 3). Samsetning alls úrgangs hins vegar (vinstri) og samsetning brennanlegs úrgangs hins vegar (hægri).

Á Norðurlandi vestra er helsti munur á heildarmagni úrgangs og brennanlegs úrgangs sá að járnrikur málmúrgangur er ekki brennanlegur og þannig stækka hinir flokkarnir hlutfallslega. Af brennanlegum úrgangi var mesta magn af dýrahraejum, slátur- og fiskúrgangi (EWC-stat flokkur 09.11: 35.9%) og blönduðum óskilgreindum úrgangi og blönduðum heimilisúrgangi (EWC-stat flokkar 10.22 og 10.11), 21.9% og 20.0%.

14.5 Suðurland

Á Suðurlandi árið 2018 var 73.9% úrgangs hreinn jarðvegur (sjá Mynd 26). Að þeim flokki frátöldum voru þrír stærstu flokkarnir blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri) og veiðarfæri (EWC-stat flokkur 10.22: 3.2%), pappírs- og pappaubúðir (EWC-stat flokkur 07.21: 3.2%) og óvirkur úrgangur (t.d. steypa, flísar, gífs og gler) (EWC-stat flokkur 12:11: 3.2%).

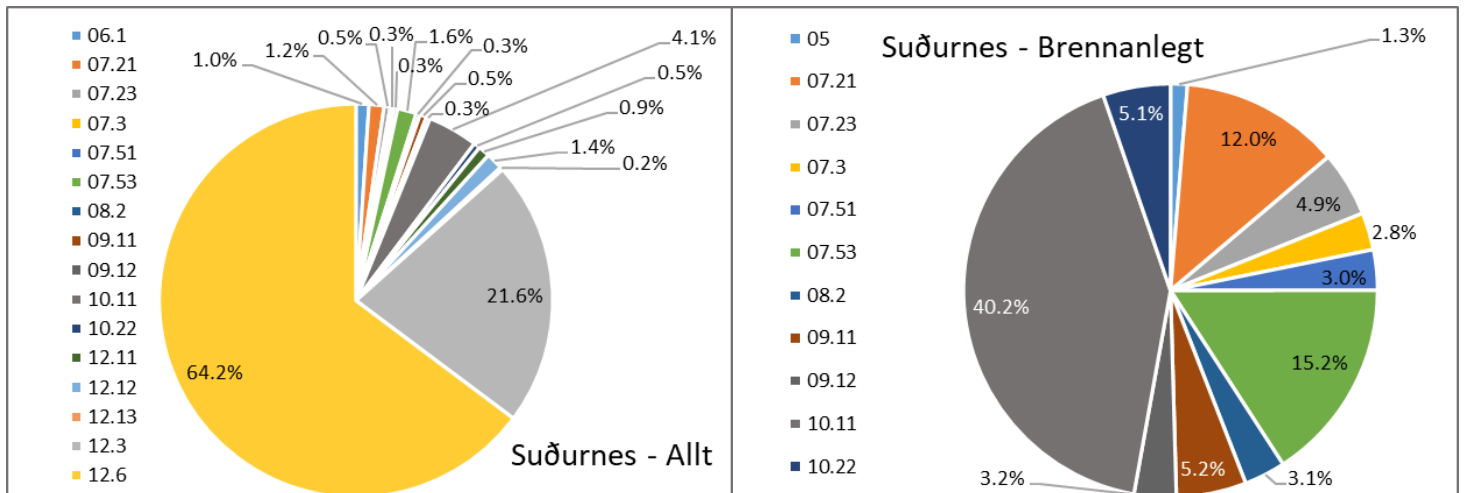


Mynd 26. Samsetning úrgangs sem féll til á Suðurlandi árið 2018 flokkað eftir EWC-stat flokkum (sjá töflu 3). Samsetning alls úrgangs annars vegar (vinstri) og samsetning brennanlegs úrgangs hins vegar (hægri).

Hins vegar skal hafa í huga(sbr. mynd 6 í kafla 5.1) að þessi gögn byggja nánast eingöngu á gögnum þriggja sveitarfélaga, þ.e. Mýrdalshrepps, Skaftárhrepps og Hornafjarðar.

14.6 Suðurnes

Á Suðurnesjum var 64.2% af úrganginum hreinn jarðvegur (EWC-stat flokkur 12.6) og 21.6% jarðefni (t.d. steinar, möl og sandur) (EWC-stat flokkur 12.3) árið 2018 (sjá Mynd 27). Þriðji stærsti flokkurinn var blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11: 4.1%) en heldur jafnari voru flokkarnir viðarúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 07.53: 1.6%) og malbik (EWC-stat flokkur 12.12: 1.4%).

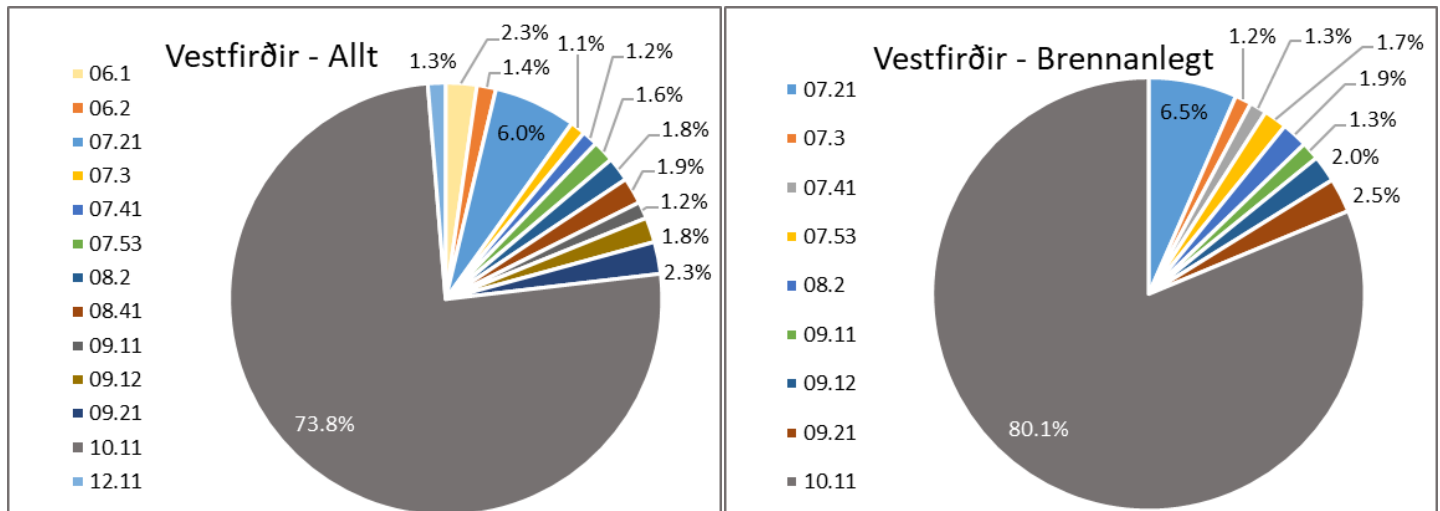


Mynd 27. Samsetning úrgangs sem féll til á Suðurnesi árið 2018 flokkað eftir EWC-stat flokkum (sjá töflu 3). Samsetning alls úrgangs annars vegar (vinstri) og samsetning brennanlegs úrgangs hins vegar (hægri).

Af brennanlegum úrgangi á Suðurnesjum var 40.2% blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11), 12.0% pappírs- og pappaubúðir (EWC-stat flokkur 07.21) og 15.2% viðarúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 07.53).

14.7 Vestfirðir

Á Vestfirðum var 73.8% úrgangsins árið 2018 blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11) (sjá Mynd 28). Þrjú stærstu flokkarnir, að honum frátöldum, voru pappírs- og pappaubúðir (EWC-stat flokkur 07.21: 6.0%), járnrikur málmúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 06.1: 2.3%) og matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum (flokkur 09.12: 2.3%).

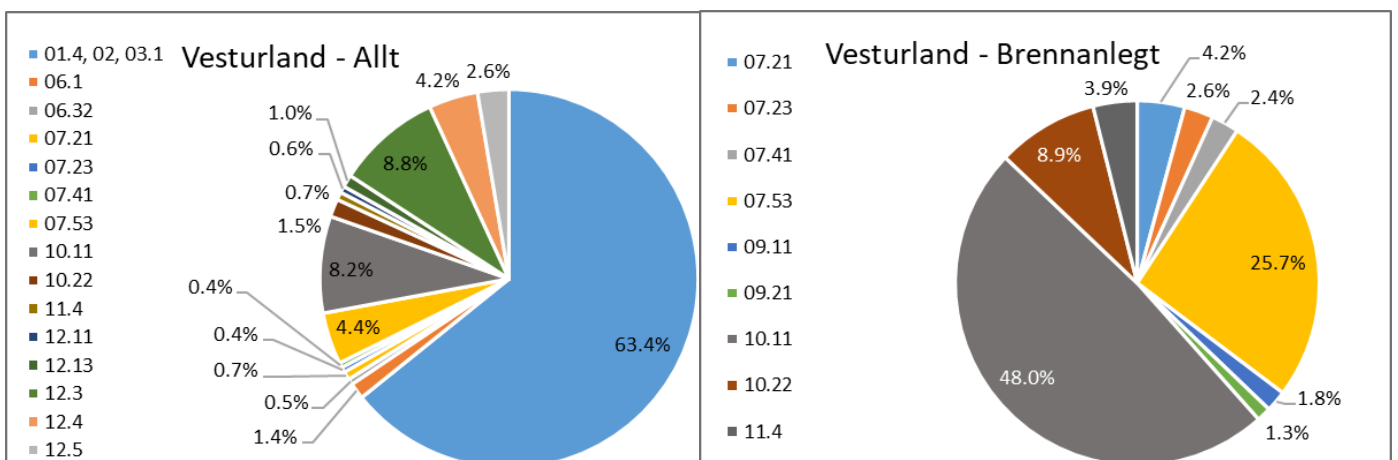


Mynd 28. Samsetning úrgangs sem féll til á Vestfirðum árið 2018 flokkað eftir EWC-stat flokkum (sjá töflu 3). Samsetning alls úrgangs annars vegar (vinstri) og samsetning brennanlegs úrgangs hins vegar (hægri).

Lítill munur var á samsetningu alls úrgangs og brennanlegs úrgangs á Vestfirðum en áberandi hátt hlutfall úrgangsins er blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11: 80.1%).

14.8 Vesturland

Á Vesturlandi var 63.4% úrgangsins árið 2018 efnaúrgangur (EWC-stat flokkur 01.4, 02, 03.1) (sjá Mynd 29). Fjórir stærstu flokkarnir, að honum frátöldum, voru jarðefni (t.d. steinar, mól og sandur) (EWC-stat flokkur 12.3: 8.8%), blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11: 8.2%), viðarúrgangur (ekki umbúðir) (EWC-stat flokkur 07.53: 4.4%) og úrgangur frá varmaferlum (EWC-stat flokkur 12.4: 4.2%).



Mynd 29. Samsetning úrgangs sem féll til á Vesturlandi árið 2018 flokkað eftir EWC-stat flokkum (sjá töflu 3). Samsetning alls úrgangs annars vegar (vinstri) og samsetning brennanlegs úrgangs hins vegar (hægri).

Af brennanlegum úrgangi á Vesturlandi var blandaður heimilisúrgangur (EWC-stat flokkur 10.11) 48.0% og blandaður óskilgreindur úrgangur (EWC-stat flokkur 10.22) 8.9%. Að öðru leyti var viðarúrgangur áberandi (EWC-stat flokkur 07.53), eða 25.7%.

15 Eiginleikar úrgangsflokka eftir sviðsmyndum

Tafla 12: Eiginleikar EWC-statúrgangsflokka fyrir Sviðsmynd 1, 2025-2045

EWC-stat úrgangsflokkur	Lýsing	Orkuinnihald (MJ/kg) (LHV)	Vatn (%)	Aska (%)	Brennanlegtefni (%)
01.1	Notaðir leysar	40,7	0,0	0,0	100,0
01.3	Notaðar olíur	40,7	0,0	0,0	100,0
03.3	Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs	-0,5	90,0	2,0	8,0
05	Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum	10,5	49,1	1,6	49,4
07.21	Pappírs- og pappaubúðir	11,1	22,3	10,4	67,3
07.23	Pappírs- og pappáúrgangur (ekki umbúðir)	12,0	7,4	16,1	76,5
07.3	Hjólbarðar og annað gúmmí	27,2	7,7	9,0	83,3
07.41	Plastumbúðir	33,0	8,7	4,1	87,2
07.42	Plastúrgangur (ekki umbúðir)	33,0	8,7	4,1	87,2
07.51	Viðarumbúðir	14,9	19,7	1,3	79,0
07.53	Viðarúrgangur (ekki umbúðir)	15,1	18,4	3,7	77,8
07.6	Textíluúrgangur	19,8	6,0	3,4	90,6
08.2	Raf- og rafeindatækjaúrgangur	19,8	6,0	3,4	90,6
09.11	Dýrahæ, slátur- og fiskiúrgangur	24,6	57,1	3,7	39,2
09.12	Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum	10,8	35,9	9,5	53,8
09.21	Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur	5,4	50,4	13,6	36,0
09.31	Húsdýraskítur	3,3	69,2	7,0	23,9
10.11	Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.)	20,8	15,3	26,4	58,3
10.12	Úrgangur frá götuhreinsun	10,5	42,0	19,7	38,3
10.22	Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri)	20,8	0,0	0,0	0,0
10.3	Leifar frá meðhöndlun úrgangs	10,5	42,0	19,7	38,3
11.4	Ristarúrgangur og seyra	-0,5	90,0	2,0	8,0

Tafla 13: Eiginleikar EWC-stat úrgangsflokka fyrir Sviðsmynd 2, 2025

EWC- statkóði	Lýsing	Orkuinnihald (MJ/kg) (LHV)	Vatn (%)	Aska (%)	Brennanlegt efni (%)
01.1	Notaðir leysar	40,7	0,0	0,0	100,0
01.3	Notaðar olíur	40,7	0,0	0,0	100,0
03.3	Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs	-0,5	90,0	2,0	8,0
05	Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum	10,5	49,1	1,6	49,4
07.21	Pappírs- og pappaubúðir	11,1	22,3	10,4	67,3
07.23	Pappírs- og pappauúrgangur (ekki umbúðir)	12,0	7,4	16,1	76,5
07.3	Hjólbarðar og annað gúmmí	27,2	7,7	9,0	83,3
07.41	Plastumbúðir	33,0	8,7	4,1	87,2
07.42	Plastúrgangur (ekki umbúðir)	33,0	8,7	4,1	87,2
07.51	Viðarumbúðir	14,9	19,7	1,3	79,0
07.53	Viðarúrgangur (ekki umbúðir)	15,1	18,4	3,7	77,8
07.6	Textíluúrgangur	19,8	6,0	3,4	90,6
08.2	Raf- og rafeindatækjaúrgangur	19,8	6,0	3,4	90,6
09.11	Dýrahæ, slátur- og fiskiúrgangur	24,6	57,1	3,7	39,2
09.12	Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum	10,8	35,9	9,5	53,8
09.21	Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur	5,4	50,4	13,6	36,0
09.31	Húsdýraskítur	3,3	69,2	7,0	23,9
10.11	Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.)	23,0	23,8	13,2	62,7
10.12	Úrgangur frá götuhreinsun	10,5	42,0	19,7	38,3
10.22	Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri)	23,0	0,0	0,0	0,0
10.3	Leifar frá meðhöndlun úrgangs	10,5	42,0	19,7	38,3
11.4	Ristarúrgangur og seyra	-0,5	90,0	2,0	8,0

Tafla 14: Eiginleikar EWC-statúrgangsflokka fyrir sviðsmynd 2, 2030-2045

EWC-stat kóði	Lýsing	Orkuinnihald (MJ/kg) (LHV)	Vatn (%)	Aska (%)	Brennanlegtefni (%)
01.1	Notaðir leysar	40,7	0,0	0,0	100,0
01.3	Notaðar olíur	40,7	0,0	0,0	100,0
03.3	Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs	-0,5	90,0	2,0	8,0
05	Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum	10,5	49,1	1,6	49,4
07.21	Pappírs- og pappaubúðir	11,1	22,3	10,4	67,3
07.23	Pappírs- og pappáúrgangur (ekki umbúðir)	12,0	7,4	16,1	76,5
07.3	Hjólbarðar og annað gúmmí	27,2	7,7	9,0	83,3
07.41	Plastumbúðir	33,0	8,7	4,1	87,2
07.42	Plastúrgangur (ekki umbúðir)	33,0	8,7	4,1	87,2
07.51	Viðarumbúðir	14,9	19,7	1,3	79,0
07.53	Viðarúrgangur (ekki umbúðir)	15,1	18,4	3,7	77,8
07.6	Textíluúrgangur	19,8	6,0	3,4	90,6
08.2	Raf- og rafeindatækjaúrgangur	19,8	6,0	3,4	90,6
09.11	Dýrahæ, slátur- og fiskúrgangur	24,6	57,1	3,7	39,2
09.12	Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum	10,8	35,9	9,5	53,8
09.21	Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur	5,4	50,4	13,6	36,0
09.31	Húsdýraskítur	3,3	69,2	7,0	23,9
10.11	Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.)	20,8	15,3	26,4	58,3
10.12	Úrgangur frá götuhreinsun	10,5	42,0	19,7	38,3
10.22	Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri)	20,8	0,0	0,0	0,0
10.3	Leifar frá meðhöndlun úrgangs	10,5	42,0	19,7	38,3
11.4	Ristarúrgangur og seyra	-0,5	90,0	2,0	8,0

Tafla 15: Eiginleikar EWC-stat úrgangsflokka fyrir sviðsmynd 3, 2025-2045

EWC-statkóði	Lýsing	Orkuinnihald (MJ/kg) (LHV)	Vatn (%)	Aska (%)	Brennanlegtefni (%)
01.1	Notaðir leysar	40,7	0,0	0,0	100,0
01.3	Notaðar olíur	40,7	0,0	0,0	100,0
03.3	Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs	-0,5	90,0	2,0	8,0
05	Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum	10,5	49,1	1,6	49,4
07.21	Pappírs- og pappaubúðir	11,1	22,3	10,4	67,3
07.23	Pappírs- og pappáúrgangur (ekki umbúðir)	12,0	7,4	16,1	76,5
07.3	Hjólbarðar og annað gúmmí	27,2	7,7	9,0	83,3
07.41	Plastumbúðir	33,0	8,7	4,1	87,2
07.42	Plastúrgangur (ekki umbúðir)	33,0	8,7	4,1	87,2
07.51	Viðarumbúðir	14,9	19,7	1,3	79,0
07.53	Viðarúrgangur (ekki umbúðir)	15,1	18,4	3,7	77,8
07.6	Textíluúrgangur	19,8	6,0	3,4	90,6
08.2	Raf- og rafeindatækjaúrgangur	19,8	6,0	3,4	90,6
09.11	Dýrahæ, slátur- og fiskúrgangur	24,6	57,1	3,7	39,2
09.12	Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum	10,8	35,9	9,5	53,8
09.21	Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur	5,4	50,4	13,6	36,0
09.31	Húsdýraskítur	3,3	69,2	7,0	23,9
10.11	Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.)	20,8	15,3	26,4	58,3
10.12	Úrgangur frá götuhreinsun	10,5	42,0	19,7	38,3
10.22	Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri)	20,8	0,0	0,0	0,0
10.3	Leifar frá meðhöndlun úrgangs	10,5	42,0	19,7	38,3
11.4	Ristarúrgangur og seyra	-0,5	90,0	2,0	8,0

16 Sviðsmynd 1. Óbreytt ástand

Tafla 16. Magn og samsetning brennanlegs úrgangs árið 2018 og hlutfall farveg þess úrgangs.

EWC-stat flokkur	Magn 2018		Endurnýting [%]	Endurvinnsla [%]	Förgun [%]
	[t]	Hlutf. [%]			
Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.)	145.547	48,3%	0,0%	0,5%	99,5%
Pappírs- og pappaubúðir	24.866	8,2%	0,0%	100,0%	0,0%
Viðarúrgangur (ekki umbúðir)	20.796	6,9%	1,1%	0,1%	98,8%
Dýrahæ, sláturúrg., fiskiúrg.	20.270	6,7%	0,6%	16,1%	83,4%
Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri)	18.016	5,9%	43,4%	19,5%	37,1%
Leifar frá meðhöndlun úrgangs	11.687	3,9%	64,8%	0,0%	35,2%
Hjólbarðar og annað gúmmí	9.636	3,2%	8,7%	91,2%	0,1%
Pappírs- og pappauúrgangur (ekki umbúðir)	9.581	3,2%	0,0%	96,2%	3,8%
Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur	9.121	3,0%	65,9%	27,9%	6,2%
Plastumbúðir	7.745	2,6%	0,0%	98,9%	1,1%
Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum	6.902	2,3%	1,6%	84,1%	14,3%
Úrgangur frá götuhreinsun	5.236	1,7%	100,0%	0,0%	0,0%
Ristarúrgangur og seyra	4.310	1,4%	19,5%	18,5%	61,9%
Raf- og rafeindatækjaúrgangur	3.567	1,2%	68,8%	21,0%	10,2%
Viðarumbúðir	2.117	0,7%	0,0%	100,0%	0,0%
Húsdýraskítur	786	0,3%	12,9%	78,4%	8,7%
Plastúrgangur (ekki umbúðir)	509	0,2%	0,0%	0,0%	100,0%
Notaðar olíur	495	0,2%	0,0%	66,2%	33,8%
Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum	328	0,1%	0,0%	0,0%	100,0%
Notaðir leysar	117	0,0%	26,7%	17,8%	55,4%
Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs	51	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%
Textíl úrgangur	0	0,0%	50,0%	49,9%	0,1%
Samtals [t]	3.01.682	100,0%	10,4%	23,5%	66,1%

17 Sviðsmynd 2. Markmiðum ESB náð

Í þessum viðauka er sýnt með töflum og gröfum hvernig markmiðum ESB (Tafla 17 og Tafla 18) er náð.

Tafla 17. Markmið ESB sem varða brennanlegan úrgang

Úrgangsflokkur	Ráðstöfun	Markmið 2025	Markmið 2030	Markmið 2035
Umbúðir úr pappír og pappa	Endurvinnsla	75%	85%	
Plastumbúðir	Endurvinnsla	50%	55%	
Viðarumbúðir	Endurvinnsla	25%	30%	
Umbúðaúrgangur	Endurvinnsla	65%	70%	
Heimilisúrgangur	Endurvinnsla	55%	60%	
Heimilisúrgangur	Urðun			10%

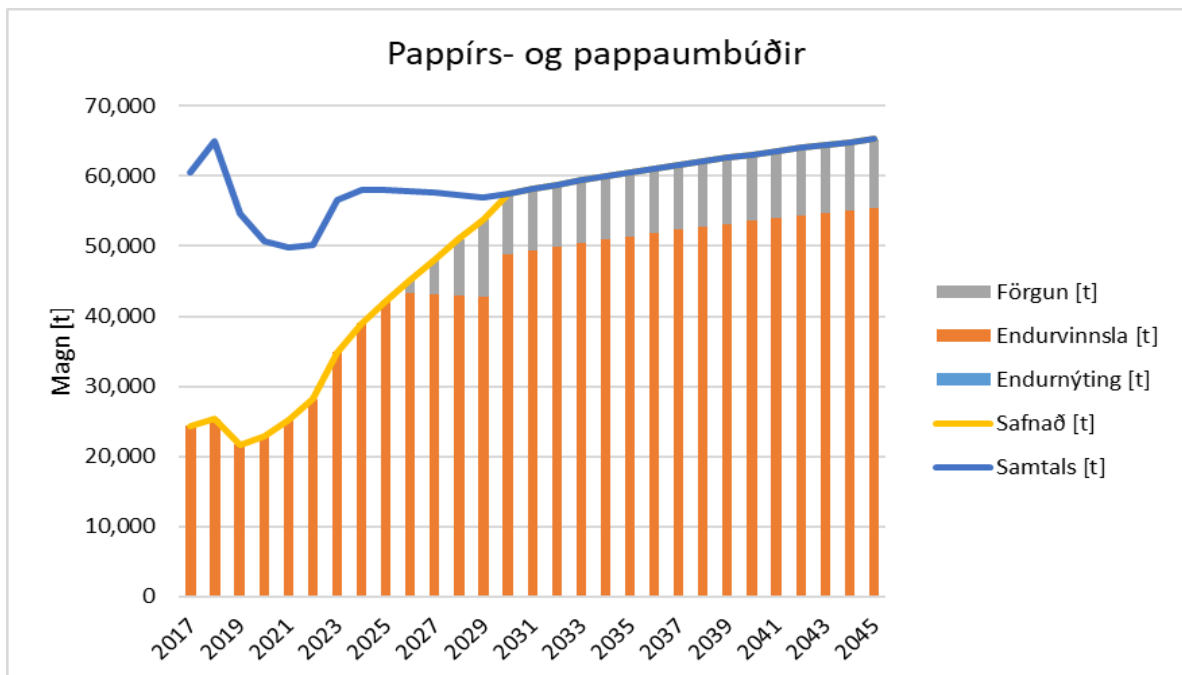
Tafla 18. Áætlað safnað magn, samsetning og farvegur brennanlegs úrgangs á Íslandi árið 2030 m.v. sviðsmynd 2: Markmiðum ESB náð

EWC-stat	Magn		Endurnýting [%]	Endurvinnsla [%]	Förgun [%]
	2030 [t]	Magn [%]			
Pappírs- og pappaumbúðir	57.548	20,8%	0,0%	85,0%	15,0%
Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum	42.044	15,2%	70,0%	20,0%	10,0%
Plastumbúðir	34.987	12,6%	0,0%	55,0%	45,0%
Viðarúrgangur (ekki umbúðir)	24.594	8,9%	43,4%	19,5%	37,1%
Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.)	23.470	8,5%	0,0%	12,5%	87,5%
Dýrahræ	18.589	6,7%	0,6%	16,1%	83,4%
Pappírs- og pappaúrgangur (ekki umbúðir)	15.790	5,7%	0,0%	85,0%	15,0%
Plastúrgangur (ekki umbúðir)	12.063	4,4%	0,0%	66,2%	33,8%
Leifar frá meðhöndlun úrgangs	10.669	3,9%	64,8%	0,0%	35,2%
Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur	8.846	3,2%	8,7%	91,2%	0,1%
Hjólbarðar og annað gúmmí	8.351	3,0%	65,9%	27,9%	6,2%
Úrgangur frá götuhreinsun	4.771	1,7%	100,0%	0,0%	0,0%
Ristarúrgangur og seyra	3.966	1,4%	19,5%	18,5%	61,9%
Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri)	3.374	1,2%	1,1%	0,1%	98,8%
Viðarumbúðir	3.295	1,2%	68,8%	30,0%	1,2%
Raf- og rafeindatækjaúrgangur	2.608	0,9%	0,0%	100,0%	0,0%
Húsdýraskítur	725	0,3%	12,9%	78,4%	8,7%
Notaðar olíur	468	0,2%	0,0%	0,0%	100,0%
Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum	301	0,1%	0,0%	0,0%	100,0%
Notaðir leysar	107	0,0%	26,7%	17,8%	55,4%
Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs	46	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%
Textíl úrgangur	0	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Samtals [t]	2.76.610	100,0%	22,2%	44,8%	33,0%

Eftirfarandi gröf (sjá Mynd 30 – 33)) sýna spá um heildarmagn úrgangsflokka, hve mikið er áætlað er að verði safnað á hverju ári og þann farveg sem sá úrgangur tekur. Í flestum tilfellum er heildarmagn úrgangsflokks í kerfinu hærra en það sem er áætlað að sé safnað. Gert er ráð fyrir að það magn sem ekki er safnað endi í blönduðum heimilisúrgangi.

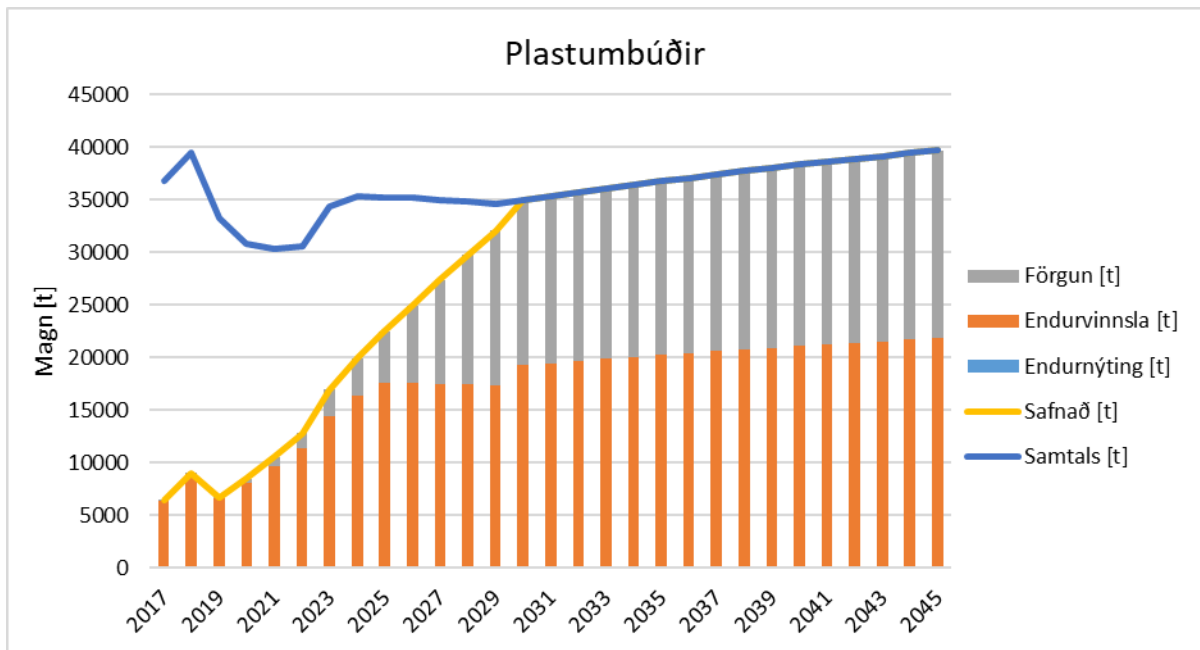
Umbúðaúrgangur er pappírs- og pappaubúðir, plast-, viðar-, ál- og glerumbúðir. Hins vegar eru ál- og glerumbúðir fyrir utan umfang greiningarinnar og einungis sýndar spár um hlutfall pappírs- og pappaubúða, plast- og viðarumbúða.

Samkvæmt skilgreiningu í lögum um meðhöndlun úrgangs (55/2003) er „Heimilisúrgangur (sorp): úrgangur frá heimilum, t.d. matarleifar, pappír, pappi, plast, garðaúrgangur, gler, timbur, málmar og samskonar leifar frá rekstraraðilum o.þ.h.“. Þannig er heimilisúrgangur samsettur af umbúðaúrgangi og blönduðum úrgangi, en spár um ál- og glerumbúðir eru ekki teknar með eins og áður kom fram.

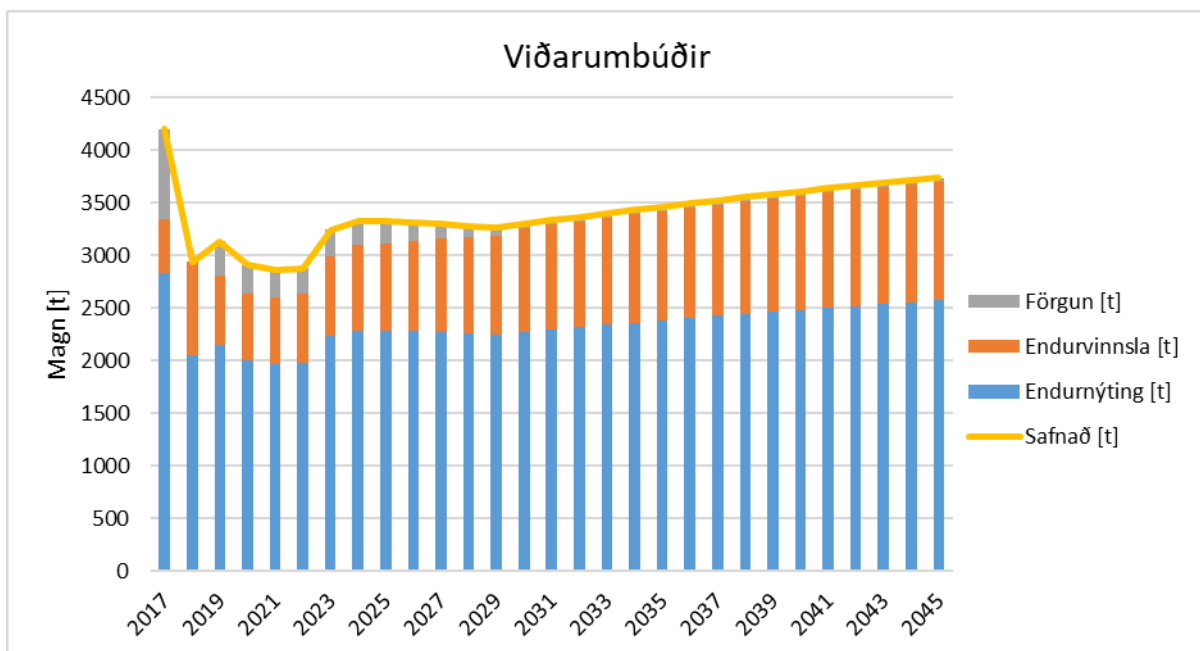


Mynd 30. Pappírs- og pappaubúðir árin 2017 til 2045 (heildarmagn, safnað magn og farvegur úrgangsins í tonnum).

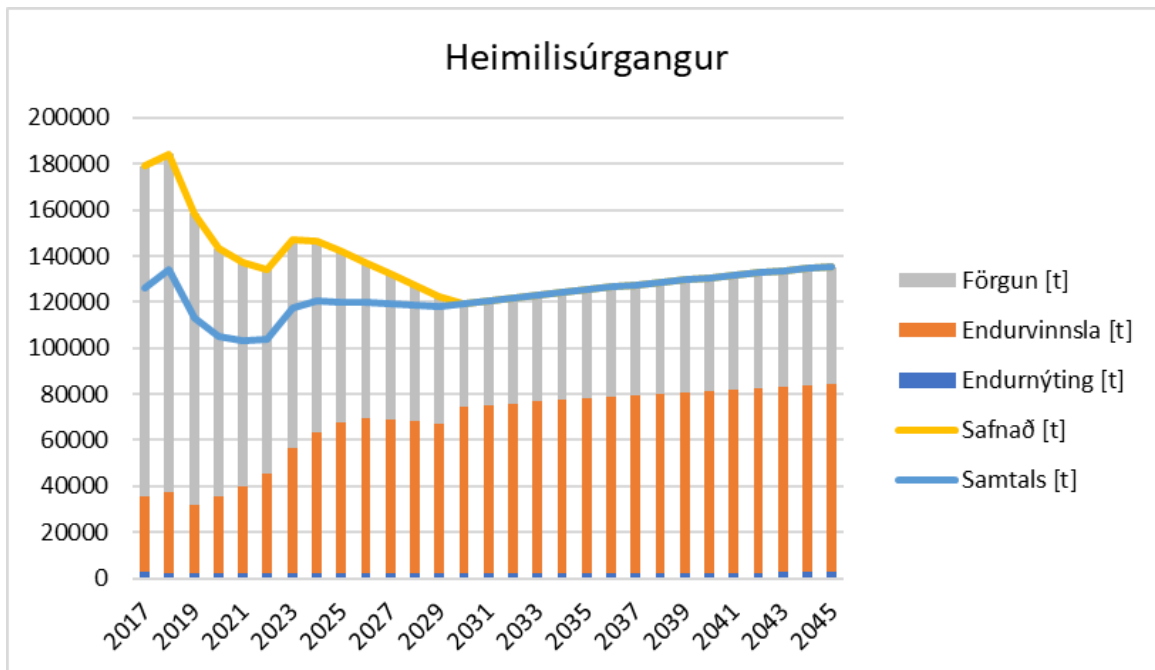
Á Mynd 30 sjást tvö gagnasöfn í formi línurits sem tákna annarsvegar heildarmagn tiltekins úrgangs og hinsvegar magn sem safnast af tilteknum úrgangi. Munurinn á milli þessara er magn úrgangs sem endar í blönduðum heimilisúrgangi eða öðrum úrgangsflokki. Við söfnun á blönduðum úrgangi eru einu tilföllin þar sem magn safnaðs úrgangs er hærra en áætlað heildarmagn úrgangs. Þannig má segja að það of miklu er safnað af blönduðum úrgangi m.v. áætlað heildarmagn sem er einungis hægt að leiðrétta með aukinni flokkun. Straumur safnaðs úrgangs skiptist síðan í förgun, endurvinnslu eða endurnýtingu sem sést í formi súlurita. Í þeim tilfellum sem heildarmagn tiltekin úrgangs er ekki sýndur er gert ráð fyrir að söfnun þess úrgangs sé náð að fullu.



Mynd 31. Plastumbúðir fyrir árin 2017 til 2045 (heildarmagn, safnað magn og farvegur úrgangsins í tonnum).



Mynd 32. Viðarumbúðir árin 2017 til 2045 (heildarmagn, safnað magn og farvegur úrgangsins í tonnum).



Mynd 33. Heimilisúrgangur árin 2017 til 2045 (heildarmagn, safnað magn og farvegur úrgangsins í tonnum).

Samkvæmt markmiðum ESB (Tafla 17) er gerð krafa um að aðeins 10% af heimilisúrgangi verði urðaður árið 2035. Á Mynd 33 sést að förgun er meiri en markmið segir til (förgun er meiri en 10%) um en gert er ráð fyrir að sorpbrennsla sem framleiðir orku myndi ná að brenna úrgang sem því nemur til þess uppfylla markmiðið (og þannig flokkast brenndur úrgangur sem endurnýting).

Tafla 19. Pappírs- og pappambúðir, heildarmagn, safnað, endurnýtt, endurunnið og fargað á tímabilinu 2017 til 2045. Gulu reitirnir sýna markmið ESB uppfyllt.

Lýsing	Ár	Safnað [t]	Samtals [t]	Hlutfall [%]	Endurnýting [t]	Hlutfall [%]	Endurvinnsla [t]	Hlutfall [%]	Förgun [t]	Hlutfall [%]	
Paper and cardboard wastes	2017	24.394	60.544	40%	0	0%	24.394	100%	0	0%	
	2018	25.339	64.984	39%	0	0%	25.339	100%	0	0%	
	2019	21.676	54.680	40%	0	0%	21.676	100%	0	0%	
Pappírs- og pappambúðir	2020	22.905	50.756	45%	0	0%	22.905	100%	0	0%	
	2021	25.253	49.892	51%	0	0%	25.253	100%	0	0%	
	EWC-stat 07.21	2022	28.184	50.237	56%	0	0%	28.184	100%	0	0%
		2023	34.842	56.571	62%	0	0%	34.842	100%	0	0%
		2024	38.960	58.083	67%	0	0%	38.960	100%	0	0%
		73% 2025	42.074	57.982	73%	0	0%	41.977	100%	97	0%
		2026	45.127	57.817	78%	0	0%	43.362	96%	1.764	4%
		2027	48.105	57.584	84%	0	0%	43.188	90%	4.917	10%
		2028	50.995	57.282	89%	0	0%	42.961	84%	8.034	16%
		2029	53.787	56.910	95%	0	0%	42.683	79%	11.105	21%
	85% 2030	57.548	57.548	100%	0	0%	48.916	85%	8.632	15%	
	2031	58.167	58.167	100%	0	0%	49.442	85%	8.725	15%	
	2032	58.770	58.770	100%	0	0%	49.954	85%	8.815	15%	
	2033	59.352	59.352	100%	0	0%	50.450	85%	8.903	15%	
	2034	59.922	59.922	100%	0	0%	50.934	85%	8.988	15%	
	2035	60.474	60.474	100%	0	0%	51.403	85%	9.071	15%	
	2036	61.015	61.015	100%	0	0%	51.863	85%	9.152	15%	
	2037	61.544	61.544	100%	0	0%	52.312	85%	9.232	15%	
	2038	62.059	62.059	100%	0	0%	52.750	85%	9.309	15%	
	2039	62.561	62.561	100%	0	0%	53.177	85%	9.384	15%	
	2040	63.048	63.048	100%	0	0%	53.590	85%	9.457	15%	
	2041	63.521	63.521	100%	0	0%	53.993	85%	9.528	15%	
	2042	63.981	63.981	100%	0	0%	54.384	85%	9.597	15%	
	2043	64.423	64.423	100%	0	0%	54.760	85%	9.663	15%	
	2044	64.845	64.845	100%	0	0%	55.119	85%	9.727	15%	
	2045	65.250	65.250	100%	0	0%	55.463	85%	9.788	15%	

Tafla 20. Plastumbúðir heildarmagn, safnað, endurnýtt, endurunnið og fargað á tímabilinu 2017 til 2045. Gulu reitirnir sýna markmið ESB uppfyllt.

Lýsing	Ár	Safnað [t]	Samtals [t]	Hlutfall [%]	Endurnýting [t]	Hlutfall [%]	Endurvinnsla [t]	Hlutfall [%]	Förgun [t]	Hlutfall [%]	
Plastic wastes Plastumbúðir	2017	6.480	36.809	18%	0	0%	6.383	99%	97	1%	
	2018	9.010	39.508	23%	0	0%	8.953	99%	57	1%	
	2019	6.717	33.243	20%	0	0%	6.645	99%	72	1%	
	2020	8.473	30.858	27%	0	0%	8.094	96%	380	4%	
	2021	10.530	30.333	35%	0	0%	9.699	92%	831	8%	
EWC-stat 07.41	2022	12.818	30.542	42%	0	0%	11.369	89%	1.449	11%	
	2023	16.929	34.393	49%	0	0%	14.437	85%	2.492	15%	
	2024	19.943	35.312	56%	0	0%	16.327	82%	3.616	18%	
	50%	2025	22.465	35.251	64%	0	0%	17.625	78%	4.840	22%
	2026	24.951	35.150	71%	0	0%	17.575	70%	7.376	30%	
	2027	27.390	35.009	78%	0	0%	17.504	64%	9.886	36%	
	2028	29.773	34.825	85%	0	0%	17.413	58%	12.360	42%	
	2029	32.090	34.599	93%	0	0%	17.300	54%	14.790	46%	
55%	2030	34.987	34.987	100%	0	0%	19.243	55%	15.744	45%	
	2031	35.363	35.363	100%	0	0%	19.450	55%	15.914	45%	
	2032	35.730	35.730	100%	0	0%	19.652	55%	16.079	45%	
	2033	36.084	36.084	100%	0	0%	19.846	55%	16.238	45%	
	2034	36.431	36.431	100%	0	0%	20.037	55%	16.394	45%	
	2035	36.766	36.766	100%	0	0%	20.221	55%	16.545	45%	
	2036	37.095	37.095	100%	0	0%	20.402	55%	16.693	45%	
	2037	37.416	37.416	100%	0	0%	20.579	55%	16.837	45%	
	2038	37.730	37.730	100%	0	0%	20.751	55%	16.978	45%	
	2039	38.035	38.035	100%	0	0%	20.919	55%	17.116	45%	
	2040	38.331	38.331	100%	0	0%	21.082	55%	17.249	45%	
	2041	38.619	38.619	100%	0	0%	21.240	55%	17.378	45%	
	2042	38.898	38.898	100%	0	0%	21.394	55%	17.504	45%	
	2043	39.167	39.167	100%	0	0%	21.542	55%	17.625	45%	
	2044	39.424	39.424	100%	0	0%	21.683	55%	17.741	45%	
	2045	39.670	39.670	100%	0	0%	21.818	55%	17.851	45%	

Tafla 21. Viðarumbúðir heildarmagn, safnað, endurnýtt, endurunnið og fargað á tímabilinu 2017 til 2045. Gulu reitirnir sýna markmið ESB uppfyllt.

Lýsing	Ár	Safnað [t]	Endurnýting [t]	Hlutfall [%]	Endurvinnsla [t]	Hlutfall [%]	Förgun [t]	Hlutfall [%]
Wood wastes	2017	4.197	2.835	68%	507	12%	855	20%
Viðarumbúðir	2018	2.938	2.056	70%	881	30%	0	0%
	2019	3.131	2.153	69%	659	21%	319	10%
EWC-stat	2020	2.906	1.999	69%	631	22%	277	10%
07.51	2021	2.857	1.965	69%	639	22%	253	9%
	2022	2.877	1.979	69%	662	23%	236	8%
	2023	3.239	2.228	69%	767	24%	244	8%
	2024	3.326	2.288	69%	810	24%	229	7%
	2025	3.320	2.284	69%	830	25%	207	6%
	2026	3.311	2.277	69%	861	26%	173	5%
	2027	3.297	2.268	69%	890	27%	139	4%
	2028	3.280	2.256	69%	918	28%	106	3%
	2029	3.259	2.241	69%	945	29%	72	2%
	2030	3.295	2.266	69%	989	30%	40	1%
	2031	3.331	2.291	69%	999	30%	41	1%
	2032	3.365	2.315	69%	1.010	30%	41	1%
	2033	3.399	2.338	69%	1.020	30%	42	1%
	2034	3.431	2.360	69%	1.029	30%	42	1%
	2035	3.463	2.382	69%	1.039	30%	42	1%
	2036	3.494	2.403	69%	1.048	30%	43	1%
	2037	3.524	2.424	69%	1.057	30%	43	1%
	2038	3.554	2.444	69%	1.066	30%	43	1%
	2039	3.582	2.464	69%	1.075	30%	44	1%
	2040	3.610	2.483	69%	1.083	30%	44	1%
	2041	3.637	2.502	69%	1.091	30%	45	1%
	2042	3.664	2.520	69%	1.099	30%	45	1%
	2043	3.689	2.537	69%	1.107	30%	45	1%
	2044	3.713	2.554	69%	1.114	30%	45	1%
	2045	3.736	2.570	69%	1.121	30%	46	1%

Tafla 22. Umbúðaúrgangur (pappírs- og pappaubúðir, plastumbúðir og viðarumbúðir), heildarmagn, safnað, endurnýtt, endurrunnið og fargað á tímabilinu 2017 til 2045. Gulu reitirnir sýna markmið ESB uppfyllt.

Umbúða- úrgangur Ár	Safnað [t]				Samtals [t]				Endurvinnsla [t]				
	Pappírsumb.	Plastumb.	Viðarumb.	Samtals	Pappírsumb.	Plastumb.	Viðarumb.	Samtals	Pappírsumb.	Plastumb.	Viðarumb.	Samtals	Hlutfall [%]
2017	24.394	6.480	4.197	35.071	60.544	36.809	4.197	101.550	24.394	6.383	507	31.284	31%
2018	25.339	9.010	2.938	37.286	64.984	39.508	2.938	107.429	25.339	8.953	881	35.173	33%
2019	21.676	6.717	3.131	31.524	54.680	33.243	3.131	91.054	21.676	6.645	659	28.980	32%
2020	22.905	8.473	2.906	34.285	50.756	30.858	2.906	84.520	22.905	8.094	631	31.630	37%
2021	25.253	10.530	2.857	38.640	49.892	30.333	2.857	83.082	25.253	9.699	639	35.591	43%
2022	28.184	12.818	2.877	43.879	50.237	30.542	2.877	83.656	28.184	11.369	662	40.215	48%
2023	34.842	16.929	3.239	55.011	56.571	34.393	3.239	94.204	34.842	14.437	767	50.047	53%
2024	38.960	19.943	3.326	62.229	58.083	35.312	3.326	96.721	38.960	16.327	810	56.097	58%
2025	42.074	22.465	3.320	67.859	57.982	35.251	3.320	96.552	41.977	17.625	830	60.433	63%
2026	45.127	24.951	3.311	73.389	57.817	35.150	3.311	96.278	43.362	17.575	861	61.799	64%
2027	48.105	27.390	3.297	78.792	57.584	35.009	3.297	95.890	43.188	17.504	890	61.582	64%
2028	50.995	29.773	3.280	84.048	57.282	34.825	3.280	95.387	42.961	17.413	918	61.292	64%
2029	53.787	32.090	3.259	89.136	56.910	34.599	3.259	94.769	42.683	17.300	945	60.927	64%
2030	57.548	34.987	3.295	95.830	57.548	34.987	3.295	95.830	48.916	19.243	989	69.147	72%
2031	58.167	35.363	3.331	96.861	58.167	35.363	3.331	96.861	49.442	19.450	999	69.891	72%
2032	58.770	35.730	3.365	97.865	58.770	35.730	3.365	97.865	49.954	19.652	1.010	70.616	72%
2033	59.352	36.084	3.399	98.835	59.352	36.084	3.399	98.835	50.450	19.846	1.020	71.316	72%
2034	59.922	36.431	3.431	99.784	59.922	36.431	3.431	99.784	50.934	20.037	1.029	72.000	72%
2035	60.474	36.766	3.463	100.703	60.474	36.766	3.463	100.703	51.403	20.221	1.039	72.663	72%
2036	61.015	37.095	3.494	101.605	61.015	37.095	3.494	101.605	51.863	20.402	1.048	73.314	72%
2037	61.544	37.416	3.524	102.485	61.544	37.416	3.524	102.485	52.312	20.579	1.057	73.949	72%
2038	62.059	37.730	3.554	103.342	62.059	37.730	3.554	103.342	52.750	20.751	1.066	74.567	72%
2039	62.561	38.035	3.582	104.179	62.561	38.035	3.582	104.179	53.177	20.919	1.075	75.171	72%
2040	63.048	38.331	3.610	104.989	63.048	38.331	3.610	104.989	53.590	21.082	1.083	75.755	72%
2041	63.521	38.619	3.637	105.777	63.521	38.619	3.637	105.777	53.993	21.240	1.091	76.325	72%
2042	63.981	38.898	3.664	106.542	63.981	38.898	3.664	106.542	54.384	21.394	1.099	76.877	72%
2043	64.423	39.167	3.689	107.279	64.423	39.167	3.689	107.279	54.760	21.542	1.107	77.408	72%
2044	64.845	39.424	3.713	107.982	64.845	39.424	3.713	107.982	55.119	21.683	1.114	77.916	72%
2045	65.250	39.670	3.736	108.656	65.250	39.670	3.736	108.656	55.463	21.818	1.121	78.402	72%

Tafla 23. Heimilisúrgangur (umbúðaúrgangur og blandaður heimilisúrgangur) heildarmagn, safnað, endurnýtt, endurrunnið og fargað á tímabilinu 2017 til 2045. Gulu reitirnir sýna markmið ESB uppfyllt.

Heimilis- úrgangur	Endurvinnsla [t]						Urðun [t]					
	Ár	Pappírsumb.	Plastumb.	Viðarumb.	Bland	Samtals	Hluftall [%]	Pappírsumb.	Plastumb.	Viðarumb.	Bland	Samtals
heimilisúrg.					heimilisúrg.							
2017	24.394	6.383	507	1.445	32.730	26%	0	97	855	142.645	143.597	114%
2018	25.339	8.953	881	0	35.173	26%	0	57	0	147.001	147.059	110%
2019	21.676	6.645	659	637	29.617	26%	0	72	319	126.276	126.667	112%
2020	22.905	8.094	631	1.737	33.367	32%	0	380	277	107.237	107.894	103%
2021	25.253	9.699	639	2.645	38.236	37%	0	831	253	95.796	96.880	94%
2022	28.184	11.369	662	3.416	43.632	42%	0	1.449	236	86.966	88.651	85%
2023	34.842	14.437	767	4.480	54.527	46%	0	2.492	244	87.458	90.194	77%
2024	38.960	16.327	810	5.029	61.126	51%	0	3.616	229	79.263	83.108	69%
2025	41.977	17.625	830	5.228	65.660	55%	97	4.840	207	68.832	73.975	62%
2026	43.362	17.575	861	5.200	66.999	56%	1.764	7.376	173	58.593	67.906	57%
2027	43.188	17.504	890	4.948	66.530	56%	4.917	9.886	139	48.573	63.515	53%
2028	42.961	17.413	918	4.474	65.766	55%	8.034	12.360	106	38.804	59.304	50%
2029	42.683	17.300	945	3.784	64.711	55%	11.105	14.790	72	29.317	55.284	47%
2030	48.916	19.243	989	2.939	72.086	60%	8.632	15.744	40	20.525	44.942	38%
2031	49.442	19.450	999	2.970	72.861	60%	8.725	15.914	41	20.746	45.425	38%
2032	49.954	19.652	1.010	3.001	73.617	60%	8.815	16.079	41	20.961	45.896	38%
2033	50.450	19.846	1.020	3.031	74.346	60%	8.903	16.238	42	21.169	46.351	38%
2034	50.934	20.037	1.029	3.060	75.060	60%	8.988	16.394	42	21.372	46.796	38%
2035	51.403	20.221	1.039	3.088	75.751	60%	9.071	16.545	42	21.569	47.227	38%
2036	51.863	20.402	1.048	3.116	76.430	60%	9.152	16.693	43	21.762	47.650	38%
2037	52.312	20.579	1.057	3.143	77.091	60%	9.232	16.837	43	21.950	48.063	38%
2038	52.750	20.751	1.066	3.169	77.736	60%	9.309	16.978	43	22.134	48.465	38%
2039	53.177	20.919	1.075	3.195	78.366	60%	9.384	17.116	44	22.313	48.857	38%
2040	53.590	21.082	1.083	3.220	78.975	60%	9.457	17.249	44	22.487	49.237	38%
2041	53.993	21.240	1.091	3.244	79.568	60%	9.528	17.378	45	22.656	49.607	38%
2042	54.384	21.394	1.099	3.267	80.144	60%	9.597	17.504	45	22.820	49.966	38%
2043	54.760	21.542	1.107	3.290	80.698	60%	9.663	17.625	45	22.977	50.311	38%
2044	55.119	21.683	1.114	3.311	81.227	60%	9.727	17.741	45	23.128	50.641	38%
2045	55.463	21.818	1.121	3.332	81.734	60%	9.788	17.851	46	23.272	50.957	38%

18 Sviðsmynd 3. Besta útkoma

Tafla 24. Áætlað safnað magn, samsetning og farvegur úrgangs á Íslandi árið 2025 m.v. sviðsmynd 3: Besta útkoma

EWC-stat	Magn		Endurnýting [%]	Endurvinnsla [%]	Förgun [%]
	2025 [t]	Magn [%]			
Pappírs- og pappaubúðir	57.982	20,8%	0,0%	100,0%	0,0%
Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum	42.361	15,2%	0,0%	100,0%	0,0%
Plastumbúðir	35.251	12,6%	0,0%	100,0%	0,0%
Viðarúrgangur (ekki umbúðir)	24.779	8,9%	50,0%	30,0%	20,0%
Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.)	23.647	8,5%	15,0%	19,0%	66,0%
Dýrahræ	18.729	6,7%	3,1%	85,0%	11,9%
Pappírs- og pappauúrgangur (ekki umbúðir)	15.909	5,7%	0,0%	98,0%	2,0%
Plastúrgangur (ekki umbúðir)	12.154	4,4%	0,0%	100,0%	0,0%
Leifar frá meðhöndlun úrgangs	10.749	3,9%	70,0%	10,0%	20,0%
Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur	8.912	3,2%	0,0%	100,0%	0,0%
Hjólbarðar og annað gúmmí	8.414	3,0%	0,0%	40,0%	60,0%
Úrgangur frá götuhreinsun	4.807	1,7%	90,0%	10,0%	0,0%
Ristarúrgangur og seyra	3.995	1,4%	90,0%	0,0%	10,0%
Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri)	3.400	1,2%	15,0%	19,0%	66,0%
Viðarumbúðir	3.320	1,2%	50,0%	30,0%	20,0%
Raf- og rafeindatækjaúrgangur	2.628	0,9%	0,0%	100,0%	0,0%
Húsdýraskítur	730	0,3%	50,0%	40,0%	10,0%
Notaðar olíur	472	0,2%	0,0%	90,0%	10,0%
Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum	303	0,1%	0,0%	70,0%	30,0%
Notaðir leysar	108	0,0%	15,0%	80,0%	5,0%
Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs	46	0,0%	55,0%	0,0%	45,0%
Textíl úrgangur	0	0,0%	35,0%	60,0%	5,0%
Samtals [t]	278.695	100,0%	12,4%	75,5%	12,1%

Í Tafla 24 skal hafa í huga að fyrir tilgang rannsóknarinnar er sá úrgangur sem myndi henta til brennslu með orkuframleiðslu komið fyrir í flokk förgunnar þó svo það væri að lokum flokkað sem endurnýting.

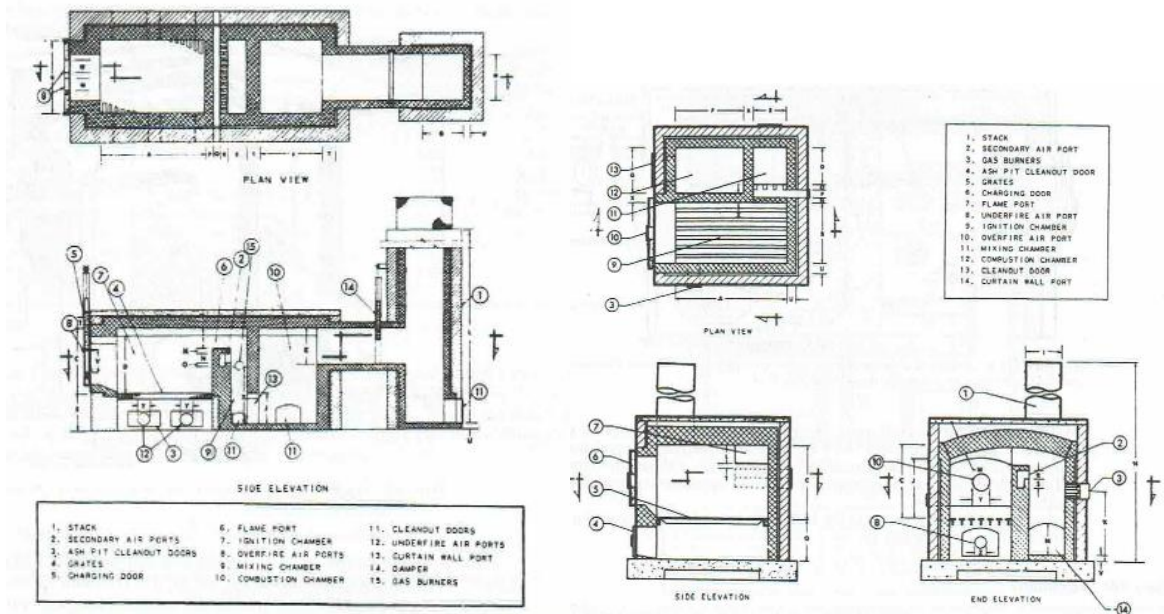
19 Almennt um sorpbrennsluofna

19.1 Tegundir sorpbrennsluofna

Í þessum viðauka er gert grein fyrir helstu tegundum og eiginleikum brennsluofna. Til eru átta mismunandi tegundir sorpbrennsluofna og eru þeir listaðir upp hér fyrir neðan. Brennsluaðferðir 1-4 framleiða í flestum tilfellum ekki orku og því verður ekki nánað um þá. En brennsluaðferðir 5-8 geta framleitt orku ef þeim er stýrt í samræmi við það efni sem er brennt í þeim.

1. Opin brennsla (e. Open burning)
2. Eins hólfa brennsluofnar (e. Single-chamber incinerators)
3. Tepee brennarar (e. Tepee burners)
4. Opin gryfja (e. Open-pit incinerators)
5. Marghólfa brennsluofnar (e. Multiple-chamber incinerators)
6. Súrefnisstyrðir brennsluofnar (e. Controlled air incinerators)
7. Miðstyrðir brennsluofnar (e. Central-station disposal)
8. Snúningsbrennsluofnar (e. Rotary kiln incinerators)

Marghólfa brennsluofnar voru hannaðir til þess að fullkomna bruna efna og draga úr útblæstri hættulegra lofttegunda og svifryksmyndun. Algengast er að fyrsta hólf sé notað fyrir brennslu úrgangs og seinni hólf séu notuð til þess að brenna sótt og ljúka við brennslu. Þannig eru þetta brennarar sem innihalda tvö eða fleiri brennsluhólf í röð, aðskilin með eldföstum veggjum og samtengd með gasgöngum. Á Mynd 34 eru sýndar tværtegundir af brennurum, aðalmunurinn er hvort brennsluhólfin eru í beinni línu eða rótera, en mismunandi hönnun fer eftir því hvort ofnunum sé ætlað að vera í stöðugum rekstri eða hvort efni séu brennd í lotum.



Mynd 34. Tvær uppsetningar marghólfa brennsluofna (McGraw-Hill handbooks, 2002)

Súrefnisstyrðir brennsluofnar. Eins og nafnið gefur til kynna er súrefni skammtað í brennsluhólfin sem stjórnar brennslunni. Þá er aðalhólfinu haldið súrefnisstyrðu til þess að mynda rokgjarnar lofttegundir sem eru oxaðar og unnar eru í efri hólfum. Gasstraumurinn sem myndast er þannig samsettur fyrst og fremst af koltvísýringi og vatnsgufu (McGraw-Hill handbooks, 2002).

Snúningsbrennsluofnar eru fjölhæfir ofnar og hafa verið notaðir fyrir brennslu heimilis- og rekstrarúrgangs, iðnaðarúrgangs og seyru. Hefðbundinn snúningsofn er útbúin láréttum hólkum sem snúast. Úrgangi er þannig komið fyrir í öðrum enda hólkana og úrgangurinn brennur og er orðin að ösku þegar hann kemur út um hinn endann (sjá Mynd 35).

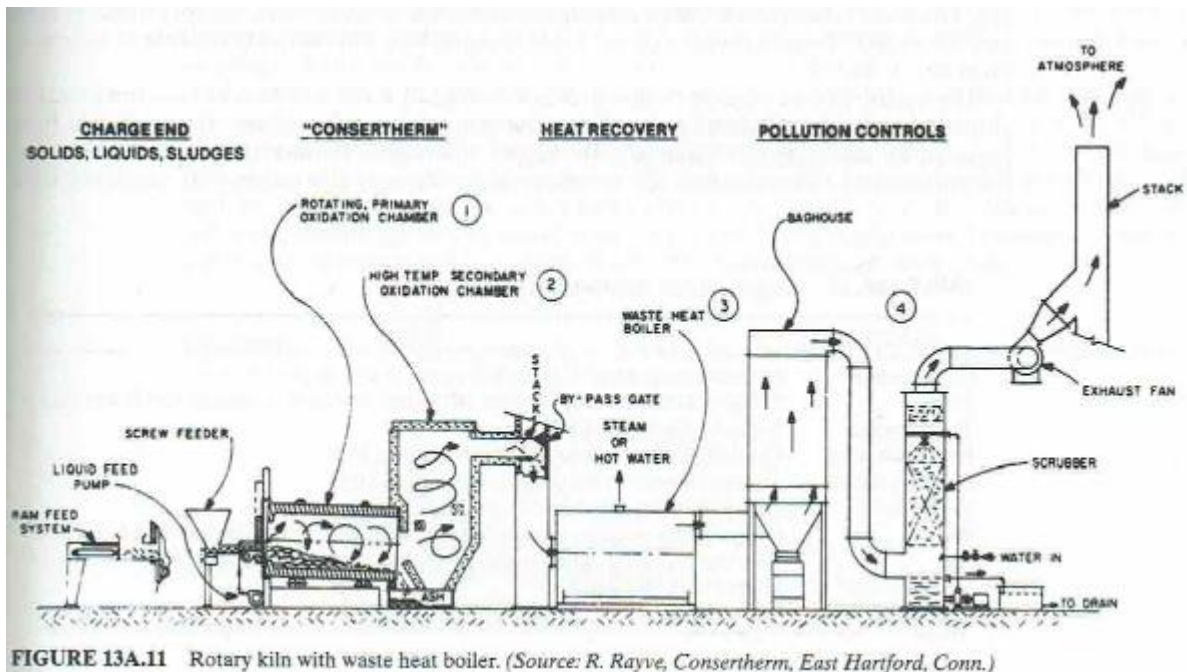


FIGURE 13A.11 Rotary kiln with waste heat boiler. (Source: R. Rayve, Consertherm, East Hartford, Conn.)

Mynd 35: Dæmi um uppsetningu snúningsofns með orkuframleiðslu (McGraw-Hill handbooks, 2002)

19.2 Útblásturstýring

Útblástursegni eru ýmiskonar:

Svifryk. Þegar talað er um svifryk er yfirleitt átt við þær rykagnir sem eru minni en 2,5 míkro metrar að stærð (PM2.5) því þær eiga greiðari leið inn í öndunarfæri manna og dýra, en einnig myndast stærra svifryk, PM10. Mest öll aska fellur sem botnaska við bruna eða er gripin með útblásturstækni (stokkaska) en einnig er hægt að stjórna útblæstri svifryks með því að velja viðeigandi eldsmat í brennsluofn.

Þungmálmar berast oft með svifryki og verður til þegar spítala- eða iðnaðarúrgangur er brenndur. Algengustu efnin eru arsenik [As], kadmíum [Cd], króm [Cr], blý [Pb] og kvikasilfur [Hg], en einnig þallíum [Tl], kopar [Cu], nikkell [Ni], antímon [Sb], kóbolt [Co] og mangan [Mn].

Sýrur eins og vetnisklóríð [HCl] og brennisteinsdíoxíð [SO₂] losna í mismiklu magni eftir árstíðar- og staðbundnum úrgangsafrögðum. Vetnisklóríð losnar mikið við brennslu pappírs, matars og plasts (aðallega PVC plasts) og brennisteinsdíoxíð við brennslu á gifsi og dekkjum. Aðrar sýrur á borð við vetnisflúoríð [HF], vetnisbrómíð [HBr] og brennisteinstríoxíð [SO₃] eru heldur óalgengari.

Kolmónoxíð [CO] myndast við ófullkominn bruna og eru til marks um að brennsla fari ekki fram við nægilega hátt hitastig, það vantar súrefni eða brennslan fær ekki nægilega langan tíma til að mynda CO₂.

Köfnunarefnisoxíð er notað um [NO], [NO₂] og [N₂O] sem í talmáli er kallað NO_x. Þessi efni mynda reykjarmóðu, sýruregn og hefur áhrif á óson í veðrahvolfinu. Þau verða til þegar brennsla úrgangs, sem inniheldur köfnunarefni, fer fram í of lágu hitastigi.

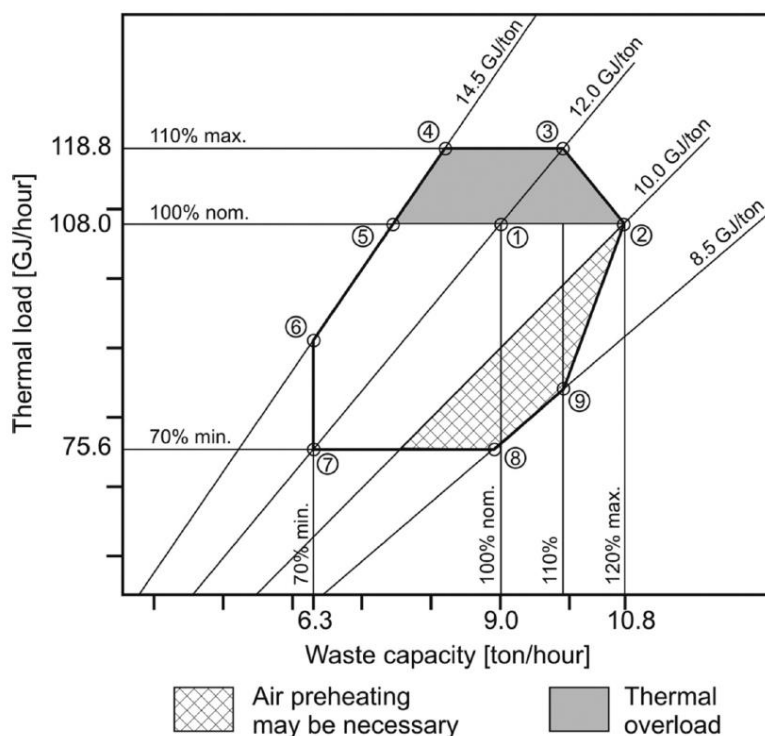
Lífræn efni á borð við klóruð díbensodíoxín og klóruð díbesnófúran (CDD/CDF), klóróbensen [CB], fjöklóruð bifényl (PCBs) og fjölarómatísk kolvetni (PAHs) losna við brennslu á blönduðum úrgangi og þarf að hreinsa með sérstökum lofthreinsibúnaði.

Lofthreinsibúnaður er margskonar og hann fjarlægir hin ýmsu efni misvel. Sú tækni sem er oftast notuð við að hreinsa útblástur er svokölluð þurrhreinsun og vothreinsun. Þurrhreinsun er t.d. sú tækni sem nýtt er í KÖLKU sorpeýðingarstöð á Suðurnesjum. Vothreinsun er talinn ná almennt betri hreinsun og ná um 99% af þeim efnunum sem koma frá brennslunni, hins vegar krefst slík lofthreinsistöð frekari hreinsun á fráveituvatninu (Christensen, 2011).

19.3 Rekstur brennslustöðva

Forvinnsla efna. Þörf gæti verið á forvinnslu úrgangs fyrir brennslu og fer sú forvinnsla eftir tegund ofns. Til forvinnslu telst m.a. að fjarlægja málma, kurla/brjóta niður stóra hluti sem gætu stíflað og blöndun úrgangs til þess að ná fram jöfnu upphitunargildi úrgangsins.

Brennsla. Sorpbrennsluofnar eru vanalega með breitt bil leyfilegs upphitunargildi efnisviðs í samanburði við brennsluofna sem hannaðir eru fyrir sérstakan efnivið. Á Mynd 36 er dæmi um brennsluofn sem hefur leyfilegt upphitunargildi efnisviðs á bilinu 8.5-14.5 MJ/kg þar sem markgildi er 12 MJ/kg. Þessi tiltekni ofn hefur brennsluhraða sem er 9 tonn/klst, og fræðilega orkuframleiðslu upp á 108 GJ/klst við bestu mögulega virkni (Christensen, 2011).



Mynd 36: Geta brennsluofna. Markgildi (e. Nominal value) brennsluofns sem hannaður er fyrir 12 MJ/kg markupphitunargildi og 9 t/klst markgildi brennslugetu.

Aukaafurðir / Úrgangur frá brennsluofnum. Brennsla dregur úr um 90% af rúmmáli úrgangs og milli 70-80% úr þyngd þess. Það sem eftir situr er botnaska og flugaska. Botnaska er umtalsvert meiri en flugaskan, áætlað er að hún sé yfirleitt á bilinu 150-300 kg/t brenndu efni sem inniheldur oft málma og óbrennd efni. Eftir að botnaskan hefur verið kæld eru málmarnir sigtaðir út. Í Danmörku er botnaskan oftast nýtt sem uppfyllingar efni í vegagerð. Flugaskan er úrgangur frá lofthreinsibúnaði brennsluofnsins og innihald hennar og magn breytilegt með tilliti til gerð hreinsibúnaðar. Flugaskan er yfirleitt á bilinu 10-30 kg/tonn brennds efnis og inniheldur þungmálma og annað sem þarf að meðhöndla með varkárni og er flokkað sem spilliefni. Flugaska frá KÖLKU sorpeyðingarstöð er flutt úr landi til urðunar.

Geymsla. Úrgangur sem ekki þarf að brenna um leið er oft geymdur frá sumri til vetrar til þess að eiga forða fyrir þann tíma sem orkuþörf er sem mest. Blandaður heimilisúrgangur er aldrei geymdur vegna lyktar og af sóttvarnarástæðum.

Sýnatökur og aðrar kröfur. Til þess að reka sorpbrennslustöð þarf að fara eftir tilskipun Evrópusambandsins um sorpbrennslu (no. 2000/76). Þar er meðal annars gerð krafa um sýnatökur, hámarks styrk efna í útblæstri, hreinsun skólþvats og fleira.

19.4 Sorpbrennsla í samanburðarlöndum

Meira en 80 milljónir tonn af úrgangi eru brennd í Evrópu á hverju ári. Innan ESB eru starfsleyfi til sorpbrennslu gefin út af sveitarfélögum eða á vegum ríkisins. Slík leyfi eru gefin út með takmörkun á útblæstri (e. Emission Limit Values). Útblásturstakmarkanir þurfa að samrýmast þeim útblástursgildum sem framfylgja reglugerðum um heilsu- og náttúruvernd með tilliti til bestu fyrirliggjandi tækni (e. Best Available Techniques, BAT) (Alikí Kriekouki, 2018).

Sorpbrennsla í Danmörku á sér langa sögu en fyrsta sorpbrennslustöðin í Danmörku var byggð árið 1903 í Frederiksberg í tengslum við nýjan spítala. Sorpbrennslustöðin átti að leysa urðunarstaði af þar sem erfitt reyndist að finna hentugt landsvæði fyrir urðun en einnig var hún hugsuð sem orku- og hitagjafi fyrir nýja spítalann. Í dag framleiða sorpbrennslustöðvar í Danmörku um 20% af allri hitaorku og 5% af allri raforku í Danmörku og ná stöðvarnar að selja um 95% af allri framleiddri orku. Botnaskan sem verður eftir við brunann er að mestu nýtt til vegagerðar eftir að málmar hafa verið fjarlægðir meðan að flugaskan er urðuð (Dakofa, 2020).

Um 9,1 milljónir tonn af úrgangi fellur til árlega í Danmörku, stærsti hluti þess kemur frá byggingariðnaði en heimilissorp er um 26% af heildarmagni úrgangs í Danmörku. Síðustu 20 ár hefur meirihluti úrgangsins verið endurunninn og hefur endurvinnsla frá 1994 farið frá 55% yfir í 61% árið 2011. Framfarirnar er að mestu vegna aukningar á flokkun frá byggingar-, niðurrifsframkvæmdum og iðnaði. Árið 1994 fór 21% af úrgangi í brennslu en árið 2011 um 29%, samhliða því hefur hlutfall urðunar lækkað úr 22% niður í 6%. Bann við lífrænu efni í urðun og urðunarskattur hefur leitt til samdráttar í urðun. Af heildarúrgangi sem safnast í Danmörku fer aðeins 3% í urðun þar sem u.þ.b. 52% er brennt og rest er endurunnin eða endurnýtt á annan hátt.

Í lok árs 2005 voru 27 sorpbrennslustöðvar í Danmörk. Af þeim eru 21 stöð í eigu eins eða fleiri sveitarfélaga en hinar sex eru í eigu orkufyrirtækja. Þessar stöðvar hafa gert samninga við sveitarfélögin um meðferð á þeim úrgangi sem hentar til brennslu. Þannig starfa brennslustöðvarnar og orkufyrirtækin sem verktakar gagnvart sveitarfélögum. Sorpbrennslur í Danmörku eru iðulega staðsettar nálægt stórum borgum og er stærð þeirra miðuð að hitaorkuþörf þeirra. Einnig eru til nokkrar stöðvar sem brenna seyru og eru staðsettar við skólphreinsistöðvar. Sorpbrennslustöðvarnar eru misstórar og taka frá 10.000 tonnum upp í 600.000 tonn á ári. Flestar stöðvarnar eru þó á bilinu 150.000 til 300.000 tonn á ári. Að meðaltali framleiða þær u.þ.b. 2.3 MWh á hvert tonn af úrgangi.

Danmörk hefur enn ekki náð markmiðum ESB fyrir árið 2020 þar sem stefnt var að 50% endurvinnsluhlutfalli á ákveðnum straumum af heimilisúrgangi. En framtíðarsýn Danmerkur í úrgangsmálum felur í sér aukna endurvinnslu heimilissorps og minni brennslu þar sem hringrásarhagkerfið er haft að leiðarljósi (Kirkeby, Grohnheit, Møller Andersen, Herrmann, & Karlsson, 2014). Í dag flytja Danir inn úrgang frá öðrum Evrópulöndum til að fylla sorpbrennsluofnana og hefur ríkisstjórn Danmerkur sett sér það að markmiði að árið 2030 verði Danmörk kolefnishlutlaus er varðar úrgang með aukinni endurvinnslu, endurnýtingu og öðrum aðgerðum (Euwid, 2020).

Fyrsta sorpbrennslustöðin í Þýskalandi var byggð árin 1894/1895. Í dag er meira en 60% af öllum heimilisúrgangi og úrgangi frá rekstri endurrunnið, þ.e. lífrænn úrgangur, pappír, gler og umbúðir. Blandaður úrgangur frá heimilum og fyrirtækjum hefur verið bannaður á urðunarstöðum síðan 1. júní árið 2005. Í Þýskalandi eru 68 sorpbrennslustöðvar sem samanlagt geta brennt um 19,6 milljónir tonn af úrgangi árlega. Brennsla á heimilisúrgangi í Þýsklandi á sér langa hefð og nýta allar sorpbrennslustöðvarnar hitann sem myndast við brennsluferlið til framleiðslu á raforku eða til hitaveitu. Heildarorkunýting stöðvanna er um 50%. Flestar sorpbrennslustöðvar hafa vothreinsunarkerfi (e. wet waste gas scrubbing) og keyra án viðbætts vatns (vatnið endurnotað) og er askan sem fellur til við brunann nánast öll notuð til vegagerðar, að frátaldri flugösku, eftir að málmar eru fjarlægðir og endurunnir úr öskunni.

Í Þýskalandi eru einnig 30 sorpbrennslustöðvar sem brenna eldsneyti sem eru búið til eða unnið úr úrgangi (e. refuse-derived fuel, RDF) og taka við u.þ.b. 4,7 milljónum tonnum úrgangs árlega. Þessar

úrgangsbrennslustöðvar framleiða rafmagn og hita fyrir verksmiðjur og minnkar þ.a.l. notkun á jarðefnaeldsneyti til verksmiðjuframleiðslu sem því nemur (Bundesamt, Umwelt Bundesamt, 2015).

Sorpbrennslustöðvum var gert skylt að útbúa gashreinsunarkerfi til að halda starfsleyfi sínu. Í dag fylgja þýskar sorpbrennslustöðvar *17. BImSchV reglugerðinni*³ varðandi útblástur og er fylgst samfelld með öllum mengandi gastegundum, ryki og þungmálmum. 17. BImSchV reglugerðin tryggir að öllum mengandi þáttum/gastegundum sé eytt, hún útlístar lágmark hitastig og brennslutíma í brennsluofnunum. Þessi reglugerð tók gildi 1. desember árið 1990.

Askan sem verður eftir við brunann í sorpbrennslustöðvunum er um 3,7 milljónir tonn á ári. Af öskunni eru 50% nýtt til mannvirkjagerðar og rétt rúmlega 45% af því nýtt til vegagerðar. Um 13% öskunnar eru nýtt til burðarvirkis í djúpum námum og um 10% er nýtt til byggingu urðunarstaða. Önnur 12% eru nýtt án frekari útlistunar en ekki meira en 3% af öskunni er urðuð í landfyllingu (Bundesamt, The role of waste incineration in Germany, 2008).

³https://www.gesetze-im-internet.de/bimsv_17_2013/BJNR104400013.html

19.5 Spá um magn brennanlegs úrgangs á Íslandi 2045 – Sviðsmynd 2

Tafla 25: Spá um magn brennanlegs úrgangs árið 2045 samkvæmt spálíkani sviðsmynd 2 með byggingarúrgangi.

Spá um magn brennanlegs úrgangs árið 2045 - sviðsmynd 2 með byggingarúrgangi			
Sveitarfélag	Magn (tonn)	Sveitarfélag	Magn (tonn)
Akrahreppur	0	Kópavogsbær	240
Akraneskaupstaður	2.721	Langanesbyggð	103
Akureyrarbær	4.964	Mosfellsbær	1.984
Árneshreppur	16	Mýrdalshreppur	564
Ásahreppur	0	Norðurþing	701
Bláskógabyggð	0	Rangárþing eystra	0
Blönduósbær	864	Rangárþing ytra	11
Bolungarvíkurkaupstaður	0	Reykholahreppur	102
Borgarbyggð	1.930	Reykjanesbær	3.101
Borgarfjarðarhreppur	72	Reykjavíkurborg	60.498
Dalabyggð	219	Seltjarnarnesbær	22
Dalvíkurbyggð	0	Seyðisfjarðarkaupstaður	242
Djúpavogshreppur	0	Skaftárhreppur	97
Eyja- og Miklaholtshreppur	0	Skagabyggð	0
Eyjafjarðarsveit	0	Skeiða- og Gnúpverjahreppur	0
Fjallabyggð	417	Skútustaðahreppur	0
Fjarðabyggð	889	Snæfellsbær	456
Fljótsdalshérað	938	Strandabyggð	66
Fljótsdalshreppur	5	Stykkishólmsbær	343
Flóahreppur	0	Súðavíkurhreppur	16
Garðabær	439	Suðurnesjabær	441
Grímsnes- og Grafningshreppur	0	Svalbarðsstrandarhreppur	0
Grindavíkurbær	434	Sveitarfélagið Árborg	23
Grundarfjarðarbær	332	Sveitarfélagið Hornafjörður	1.589
Grýtubakkahreppur	0	Sveitarfélagið Ölfus	0
Hafnarfjarðarkaupstaður	13.872	Sveitarfélagið Skagafjörður	2.212
Hörgársveit	4	Sveitarfélagið Skagaströnd	124
Hrunamannahreppur	0	Sveitarfélagið Vogar	175
Húnaþing vestra	593	Tálknafjarðarhreppur	9
Húnavatnshreppur	0	Þingeyjarsveit	0
Hvalfjarðarsveit	672	Tjörneshreppur	0
Hveragerðisbær	0	Vestmannaeyjabær	0
Ísafjarðarbær	1.062	Vesturbyggð	288
Kaldrananeshreppur	34	Vopnafjarðarhreppur	413
Kjósarhreppur	0	Óskráð	1.162
Samtals (t)			105.461

Tafla 26: Spá um magn brennanlegs úrgangs árið 2045 - sviðsmynd 2 með byggingarúrgangi, flokkað eftir svæðum.

Flokkað eftir svæðum 2045 – sviðsmynd 2 með byggingarúrgangi			
Vík - Djúpvogur	Magn (t)	Suðvestur	Magn (t)
Djúpavogshreppur	0	Akraneskaupstaður	2.721
Mýrdalshreppur	564	Ásahreppur	0
Skaftárhreppur	97	Bláskógabyggð	0
Sveitarfélagið Hornafjörður	1.589	Borgarbyggð	1.930
Samtals	2.250	Dalabyggð	219
		Eyja- og Miklaholtshreppur	0
Breiðdalsvík - Vopnafjörður	Magn (t)	Flóahreppur	0
Borgarfjarðarhreppur	72	Garðabær	439
Fjarðabyggð	889	Grímsnes- og Grafningshreppur	0
Fljótshálfgrönd	938	Grindavíkurbær	434
Fljótshálfhreppur	5	Grundarfjarðarbær	332
Seyðisfjarðarkaupstaður	242	Hafnarfjarðarkaupstaður	13.872
Vopnafjarðarhreppur	413	Hrunamannahreppur	0
Samtals	2.559	Hvalfjarðarsveit	672
		Hveragerðisbær	0
Bakkafjörður - Hvammstangi	Magn (t)	Kjósarhreppur	0
Akrahreppur	0	Kópavogsbær	240
Akureyrarbær	4.964	Mosfellsbær	1.984
Blönduósibær	864	Rangárþing eystra	0
Dalvíkurbyggð	0	Rangárþing ytra	11
Eyjafjarðarsveit	0	Reykjanesbær	3.101
Fjallabyggð	417	Reykjavíkurborg	60.498
Grýtubakkahreppur	0	Seltjarnarnesbær	22
Hörgársveit	4	Skeiða- og Gnúpverjahreppur	0
Húnaþing vestra	593	Snæfellsbær	456
Húnavatnshreppur	0	Stykkishólmsbær	343
Langanesbyggð	103	Suðurnesjabær	441
Norðurþing	701	Sveitarfélagið Árborg	23
Skagabyggð	0	Sveitarfélagið Ölfus	0
Skútustaðahreppur	0	Sveitarfélagið Vogar	175
Svalbarðsstrandarhreppur	0	Vestmannaeyjabær	0
Sveitarfélagið Skagafjörður	2.212	Samtals	87.913
Sveitarfélagið Skagaströnd	124	Óskráð	1162
Pingeyjarsveit	0		
Tjörneshreppur	0		
Samtals	9.982		
Vestfirðir	Magn (t)		
Árneshreppur	16		
Bolungarvíkurkaupstaður	0		
Ísafjarðarbær	1.062		
Kaldrananeshreppur	34		
Reykholahreppur	102		
Strandabyggð	66		
Súðavíkurhreppur	16		
Tálknafjarðarhreppur	9		
Vesturbyggð	288		
Samtals	1.594		

19.6 Útreikningar á kolefnisspori

Við útreikninga á kolefnisspori ýmissa förgunarleiða brennanlegs úrgangs er notað heildarmagn þess úrgangs sem verður brenndur árið 2030. Þá er búið að fara í gegnum EWC flokkana yfir brennanlegan úrgang og fjarlægja þá sem geta reynst óhentugir í brennsluofna skv. kafla 7.5. Tafla 27 sýnir útreikninga fyrir heildarlosun í kg CO₂ ígildum sé allur brennanlegur úrgangur sem myndast á Íslandi árið 2030 skv. sviðsmynd 2 urðaður. Athuga skal að hér er gert ráð fyrir að engin metangassöfnun eigi sér stað á urðunarstaðnum sem veldur því að allt metan sleppur óhindrað út í andrúmsloftið. Meðaltalslosun metans fyrir brennanlegan úrgang er 70 kg per tonn af úrgangi (IEA Bioenergy, 2003) og er hitunarstuðull metans (e. global warming potential) 28 sinnum hærrí en fyrir CO₂ (EPA - United States Environmental Protection Agency, n.d.). Það þýðir að fyrir eitt tonn af brennanlegum úrgangi sem fer í urðun án gassöfnunar sleppa 1.960 kg CO₂ ígildi (Tafla 27).

Tafla 27: Útreikningar á kolefnisspori sem hlýst af því að urða þann brennanlega úrgang sem viðbúið er að myndist á Íslandi árið 2030.

Dæmi 1 - Brennanlegur úrgangur er urðaður á Íslandi 2030

	Einingar	
Heildarmagn brennanlegs úrgangs árið 2030	90.475	t
Metan sem losnar við að urða eitt tonn af brennanlegum heimilísúrgangi	70	kg/t ⁴
Metan GWP	28	CO ₂ ígildi ⁵
Losun frá urðun án gassöfnunar	1.960	kg CO₂ ígildi/t

Tafla 28 sýnir útreikninga á kolefnisspori sem hlýst af því að senda brennanlegan úrgang til Danmerkur í brennslu til orkunýtingar. Orkuinnihald þess úrgangs sem myndast árið 2030 samkvæmt sviðsmynd 2 hefur verið reiknað út (Tafla 7 og viðauki 15). Með því að vita orkuinnihald og massa úrgangsins má síðan reikna út kolefnisspor (koltvísýringsígildi) þess sem hlýst af brennslu en í heimildum er tekið fram að losun frá jarðefnahluta (e. fossil) sorpbrennslu (þ.e. þeim hluta sem ekki er hluti af lífkeðjunni) jafngildi um 367 kg CO₂ ígildi/MWh_e. Það þýðir að óendurnýjanlegi hluti úrgangsins losar 367 kg CO₂ ígildi fyrir hverja MW stund af rafmagni sem framleitt er (IEA Bioenergy, 2003). Þar sem sorpbrennsla til orkunýtingar getur framleitt hita ásamt rafmagni þarf að finna út hver losun brennslunnar er fyrir hverja MWh_{to} (MWh_e (rafmagn) + MWh_{th} (hiti)). Notaður er fastinn 1 MWh_e = 2.6316 MWh_{to} (IPCC - Integrated Pollution Prevention and Control, 2006) til að umbreyta MWh_e (rafmagn) yfir í MWh_{to} (rafmagn+hiti) þegar reiknuð er út heildarlosun á jarðefnahluta sorpbrennslu til að hægt sé að bera saman tölur frá mismunandi heimildum. Losun þess að sigla þeim brennanlega úrgangi sem myndast 2030 til Danmerkur er 84 kg CO₂ ígildi per tonn af úrgangi. Ekki er tekið með í þessum útreikningum akstur og að losun skips sé 0,037 kg CO₂ ígildi/t km (Time for Change, n.d.) og að vegalengdin sem siglt sé er 2280 km.

Þegar reiknuð er losun CO₂ ígilda við sorpbrennslu þess brennanlega úrgangs sem myndast 2030 þá er stuðst við heimildir um losun miðað við jarðefnahluta brennanlegs úrgangs (367 kg CO₂ ígildi/MWh_e) (IEA Bioenergy, 2003) og er þetta gildi reiknað yfir í kg CO₂ ígildi/MWh_{to}. Með því að vita orkuinnihald brennanlega úrgangsins sem myndast árið 2030 á Íslandi (Tafla 7, viðauki 15) er því næst hægt að reikna út orkuinnihald hans í MWh_{to}. Orkuinnihald brennanlegs úrgangs á Íslandi árið 2030 er 537.683 MWh_{to},

⁴ (IEA Bioenergy, 2003) https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/40_IEAPositionPaperMSW.pdf

⁵ (EPA - United States Environmental Protection Agency, n.d.) [https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials#:~:text=The%20Global%20Warming%20Potential%20\(GWP,warming%20impacts%20of%20different%20gases.&text=Methane%20\(CH4\)%20is%20estimated,uses%20a%20different%20value.](https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials#:~:text=The%20Global%20Warming%20Potential%20(GWP,warming%20impacts%20of%20different%20gases.&text=Methane%20(CH4)%20is%20estimated,uses%20a%20different%20value.)

losun frá sorpbrennslu er 139 kg CO₂ ígildi/MWh_{to} og heildarmagn úrgangs er 90.475 tonn sem gerir losun upp á 828 kg CO₂ ígildi per tonn af úrgangi.

Gert er ráð fyrir að sorpbrennsla til orkunýtingar í Danmörku komi að fullu í stað brennslu á kolum til orkunýtingar. Brennsla á kolum er ekki megin uppspretta orkuframleiðslu í Danmörku, en það er samt álitnið sem svo að orkuframleiðsla frá sorpbrennslu sé staðgengill orkuframleiðslu frá kolum í vistferilgreiningum sem gerðar hafa verið í DK og víðar. Losun frá kolabrennslu er 375 kg CO₂ ígildi/MWh_{to} (IEA Bioenergy, 2003) og miðað við sama orkuinnihald þess brennanlega úrgangs sem myndast á Íslandi árið 2030 (Tafla 7) er losunin frá kolum 2229 kg CO₂ ígildi per tonn af úrgangi.

Tafla 28: Útreikningar á kolefnisspori sem hlýst af því að senda brennanlegan úrgang til Danmerkur í brennslu til orkunýtingar. Sú orka sem myndast við brennslu úrgangsins kemur í staðinn fyrir að kol séu brennd til orkuframleiðslu.

Dæmi 2 - Brennanlegur úrgangur er sendur til DK til brennslu árið 2030			
		Einingar	
Heildarmagn brennanlegs úrgangs	90.475	t	
<u>Losun frá flutningi</u>			
Losun skip	0,037	kg CO ₂ ígildi/t km	⁶
Vegalengd Reykjavík – DK	2.280	km	
Losun við að sigla efninu til DK	84	kg CO₂ ígildi/t	
<u>Losun frá sorpbrennslu</u>			
Losun frá sorpbrennslu eingöngu jarðefnahluti	367	kg CO ₂ ígildi/MWh _e	⁷
1 MWh _e = 2,6316 MWh _{to}	2,6316		⁸
Losun frá sorpbrennslu eingöngu jarðefnahluti breytt í MWh _{to}	139	kg CO ₂ ígildi/MWh _{to}	
Heildarorkuinnihald brennanlegs úrgangs á Ísl 2030 (SM2) (Tafla 7)	1.935.658	GJ	
1 MWh = 3.6 GJ	3,6		⁸
Orkuinnihald brennanlegs úrgangs á Ísl 2030 (SM2)	537.683	MWh _{to}	
Heildarlosun frá sorpbrennslu brennanlegs úrgangs 2030 (SM2)	828	kg CO ₂ ígildi/t	
Samtals sorpbrennsla + skipaflutningar frá Íslandi til Evrópu	912	kg CO ₂ ígildi/t	
<u>Sparnaður við minnkaða kolabrennslu og urðun</u>			
Losun frá kolabrennslu MWh _{to}	375	kg CO ₂ ígildi/MWh _{to}	⁷
Orkuinnihald brennanlegs úrgangs á Ísl 2030 (SM2)	537.683	MWh _{to}	
Losun frá kolum miðað við orkuinnihald brennanlegs úrgangs á Ísl 2030 SM2	2229	kg CO₂ ígildi/t	
Þar með er dregið úr koltvísýrings losun við sorpbrennslu til orkunýtingar samanborið við sama orkumagn frá kolum því sem nemur	-1317	kg CO₂ ígildi/t	

⁶ (Time for Change, n.d.) <https://timeforchange.org/co2-emissions-for-shipping-of-goods/>

⁷ (IEA Bioenergy, 2003) https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/40_IEAPositionPaperMSW.pdf

⁸ (IPCC - Integrated Pollution Prevention and Control, 2006) https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-03/superseded_wi_bref_0806_0.pdf

Tafla 29 fer yfir útreikninga á kolefnisspori þess að brenna þann brennanlega úrgang sem myndast á Íslandi árið 2030. Þá er gert ráð fyrir að sú orka sem myndist komi að fullu í staðinn fyrir þá orku sem nú þegar er framleidd hjá Landsvirkjun, en kolefnisspor hennar er 2 kg CO₂ ígildi/MWh_{to} (Landsvirkjun, 2019) sem gerir 14 kg CO₂ ígildi per tonn af úrgangi miðað við sama orkuinnihald (Tafla 7, viðauki 15) og sá úrgangur sem myndast árið 2030 á Íslandi.

Tafla 29: Útreikningar á kolefnisspori þess að brenna úrgang til orkunýtingar á Íslandi árið 2030 samkvæmt sviðsmynd 2 með byggingarúrgangi.

Dæmi 3 - Brennanlegur úrgangur er brenndur á Íslandi til orkunýtingar í stað urðunar 2030	
	Einingar
Heildarmagn brennanlegur úrgangur	90.475 t
Heildarlosun frá sorpbrennslu brennanlegs úrgangs á Ísl 2030 (SM2) (Tafla 28)	828 kg CO ₂ ígildi/t
Meðaltalslosun Landsvirkjun	2 kg CO ₂ ígildi/MWh _{to}
Orkuinnihald brennanlegs úrgangs á Ísl 2030 (SM2) (Tafla 7)	537.683 MWh _{to}
Losun frá sama orkuinnihaldi Landsvirkjun	14 kg CO ₂ ígildi/t
Heildarlosun frá sorpbrennslu brennanlegs úrgangs á Ísl 2030 til orkunýtingar í stað urðunar(SM2)	814 kg CO₂ ígildi/t