



ÚRVINNSLUSJÓÐUR

## Vistferilsgreining fyrir plast- og pappaumbúðir í heimilissorpi á Íslandi



Línuhönnun  
verkfræðistofa

Apríl 2006



## Vistferilsgreining fyrir Úrvinnslusjóð

<b>Unnið af:</b> Helga J. Bjarnadóttir og Þröstur Grétarsson,	<b>Unnið fyrir:</b> Úrvinnslusjóð
<b>Dagsetning:</b> 10. apríl 2006	
<b>Verkefnisstjóri:</b> Helga Jóhanna Bjarnadóttir	<b>Yfirfarið af:</b> Jan Poulsen, FORCE TECHNOLOGY Hörpu Birgisdóttur
<b>Tegund skýrslu:</b> Almenn skýrsla – Umhverfis- og öryggissvið	
<b>Titill skýrslu:</b> Vistferilsgreining fyrir plast og pappaumbúðir í heimilissorpi á Íslandi	
<b>Útdráttur:</b> <p>Í þessu verkefni hefur verið unnin vistferilsgreining (e; LCA) til að meta umhverfisáhrif mismunandi aðferða við að meðhöndla plast og pappaumbúðir sem í dag fara í almennt sorp á heimilum. Skoðuð voru tvö megin ferli, annars vegar meðhöndlun plast og pappaumbúða eins og hún er á landinu í dag (91% urðun og 9% brennsla, ferli 1) og hins vegar ein framtíðarlausn sem er endurvinnsla 50 % af pappa- og pappírsumbúðunum og 30% af PE plastumbúðunum (ferli 2a og 2b).</p> <p>Megin niðurstaða þessarar vistferilsgreiningar er að ferli 1 sem er óbreytt meðhöndlun á pappa og plastumbúðum veldur mestum neikvæðum umhverfisáhrifum og það er umhverfislega mun hagstæðara að endurvinna pappa og plastumbúðir. Sömuleiðis má koma í veg fyrir notkun margfalt meiri orku og auðlinda við endurvinnsluferlin 2a og 2b en við núverandi meðhöndlunarferli 1. Mismunurinn á milli núverandi meðhöndlunar og endurvinnsluferlanna tveggja er mjög afdráttarlaus hvað þetta varðar.</p> <p>Mismunurinn á milli ferla 2a og 2b er hins vegar ekki afdráttarlaus. Miðað við þær forsendur sem gefnar eru í þessari greiningu er umhverfislega hagstæðara að safna pappa og plastumbúðum frá íbúum en að þeir skili sjálfir þessum umbúðum á grenndarstöðvar. Þessi niðurstaða er mjög háð þeim forsendum sem gefnar eru er varðar flutningavegalengdir, þéttleika grenndarstöðva, val á flutningabíl, tíðni innsöfnunar og tíðni skila íbúa. Til að meta hvort skilakerfið (ferli 2a) eða innsöfnunarkerfið (ferli 2b) valdi minni neikvæðum umhverfisáhrifum er nauðsynlegt að gera útreikninga fyrir fleiri möguleika m.t.t. vegalengda og bílakosts.</p>	
<b>Lykilorð:</b> vistferilsgreining, LCA, umbúðir, urðun, brennsla, endurvinnsla	
<b>Verknúmer:</b> ÚR04LC	<b>Fjöldi síðna:</b> 28 auk heimildaskrár og viðauka

**Dreifing skýrslu og upplýsingablaðs:**

Öllum opin

Engin dreifing nema með leyfi verkkaupa



# EFNISYFIRLIT

<b>EFNISYFIRLIT</b> .....	<b>i</b>
<b>TÖFLUSKRÁ</b> .....	<b>iii</b>
<b>MYNDASKRÁ</b> .....	<b>iii</b>
<b>SAMANTEKT</b> .....	<b>v</b>
<b>1. INNGANGUR</b> .....	<b>1</b>
1.1. Bakgrunnur .....	1
1.2. Markmið verkefnisins .....	1
1.3. Uppbygging skýrslunnar .....	2
<b>2. MARKMIÐ OG UMFANG VISTFERILS-GREININGARINNAR</b> .....	<b>3</b>
2.1. Skilgreining markmiða .....	3
2.2. Aðgerðareining vistferilsgreiningarinnar .....	3
2.3. Mörk kerfisins .....	4
2.4. Uppruni og gæði upplýsinga .....	8
2.4.1. Orkuframleiðsla og notkun .....	8
2.4.2. Flutningar .....	8
2.4.3. Urðun .....	8
2.4.4. Brennsla .....	9
2.4.5. Endurvinnsla og ekki notkun á nýjum pappa .....	9
2.4.6. Endurvinnsla og ekki notkun á nýju PE plasti .....	9
2.4.7. Samsetning umbúða og skilvirkni flokkunar og vegalengdir .....	10
2.5. GaBi 4-EDIP hugbúnaðurinn .....	10
2.6. Metin umhverfisáhrif .....	10
<b>3. UPPLÝSINGAÖFLUN UM FERLIN</b> .....	<b>12</b>
3.1. Ferli 1; Urðun og brennsla: .....	12
3.1.1. Söfnun og flutningur í böggunarstöð eða brennslustöð: .....	12
3.1.2. Böggun fyrir urðun .....	12
3.1.3. Flutningur frá böggunarstöð að urðunarstað .....	13
3.1.4. Urðun sorps í Álfsnesi og gassöfnun .....	13
3.1.5. Hreinsun á gasi og nýting .....	14
3.1.6. Brennsla pappa- /pappírs og plastumbúða .....	14
3.2. Ferli 2a; Endurvinnsla ásamt urðun og brennslu, íbúar flytja umbúðir á grenndargám .....	15
3.2.1. Umbúðaúrgangur sem fer til endurvinnslu .....	15
3.2.2. Flutningur umbúðaúrgangs í grenndargám .....	15
3.2.3. Böggun á PE plastumbúðum og pappírs- og pappaumbúðum .....	16
3.2.4. Flutningur umbúða til útskipunarhafnar .....	16
3.2.5. Flutningur frá útskipunarhöfn til endurvinnslu erlendis .....	16
3.2.6. Endurvinnsla á PE umbúðaplasi og pappírs- og pappaumbúðum .....	17
3.3. Ferli 2b; Endurvinnsla ásamt urðun og brennslu, umbúðaúrgangur sem fer til endurvinnslu er sóttur til íbúa í sorpbíl .....	17
3.3.1. Umbúðaúrgangur sem fer til endurvinnslu .....	17
3.3.2. Flutningur umbúðaúrgangs með sorpbíl .....	17
3.3.3. Böggun á PE plastumbúðum og pappírs- og pappaumbúðum .....	18
3.3.4. Flutningur umbúðaúrgangs til útskipunarhafnar .....	18
3.3.5. Flutningur frá útskipunarhöfn til endurvinnslu erlendis .....	18
3.3.6. Endurvinnsla á PE umbúðaplasi og pappírs- og pappaumbúðum .....	18
3.4. Yfirlit yfir flutningsferli sem notuð voru .....	18
<b>4. NIÐURSTÖÐUR</b> .....	<b>19</b>
4.1. Ferli 1; Óbreytt meðhöndlun, 91% umbúðaúrgangs fer til urðunar og 9% til brennslu .....	19



4.2.	Ferli 2a; Íbúar flytja umbúðir í grenndargáma.....	21
4.3.	Ferli 2b, Umbúðaúrgangur er sóttur í sorpbíl til íbúa. ....	22
4.4.	Samanburður á ferli 1, 2a og 2b .....	23
4.5.	Samanlögð umhverfisáhrif hvers meðhöndlunarferlis.....	24
4.6.	Túlkun niðurstaðna .....	26
4.7.	Frekari athuganir.....	27
<b>LOKAORÐ</b>	.....	<b>28</b>
<b>HEIMILDASKRÁ</b>	.....	<b>30</b>
<b>VIÐAUKI 1</b>	.....	<b>31</b>

## TÖFLUSKRÁ

Tafla 2.1 Yfirlit yfir hlutfallslegt magn umbúða í heimilissorpi árið 2003.....	3
Tafla 2.2 Áætluð hlutfallsleg skipting plastumbúða í mismunandi plasttegundir fyrir árið 2002. ....	4
Tafla 3.1 Yfirlit yfir vegalengdir sem miðað er við á mismunandi landsvæðum við flutning á pappa og PE plasti til endurvinnslu.....	16
Tafla 3.2 Yfirlit yfir flutningsferli greiningar. ....	18

## MYNDASKRÁ

Mynd 2.1 Ferli 1; Urðun og brennsla.....	4
Mynd 2.2 Ferli 2a; Endurvinnsla, íbúar flytja sjálfir umbúðir sem fara eiga í endurvinnslu í grenndargám.....	5
Mynd 2.3 Ferli 2b; Endurvinnsla, umbúðaúrgangur til endurvinnslu sóttur heim til íbúa. ....	5
Mynd 2.4 Flutningar á umbúðum til endurvinnslu og brennslu (ferli 2A og 2B).....	7
Mynd 4.1 Umhverfisáhrif í 11 mismunandi flokkum fyrir ferli 1 – meðhöndlun óbreytt frá því sem nú er. ....	19
Mynd 4.2 Orkunotkun fyrir ferli 1.....	20
Mynd 4.3 Notkun auðlinda fyrir ferli 1.....	20
Mynd 4.4 Úrgangur vegna ferlis 1, núverandi meðhöndlunar umbúða, 91% urðunar og 9% brennslu. ....	21
Mynd 4.5 Umhverfisáhrif í 11 mismunandi flokkum fyrir ferli 2a.....	21
Mynd 4.6 Notkun auðlinda í ferli 2a.....	22
Mynd 4.7 Umhverfisáhrif í 11 mismunandi flokkum fyrir ferli 2b.....	22
Mynd 4.8 Umhverfisáhrif fyrir hvert af ferlum, 1, 2a og 2b. ....	23
Mynd 4.9 Orkunotkun hvers ferils 1, 2a og 2b. ....	23
Mynd 4.10 Heildarumhverfisáhrif ferla 1, 2a og 2b í einingunni MPET <sub>WEU2004</sub> . Sínd eru hlutfallsleg umhverfisáhrif mismunandi ferla innan hvers meðhöndlunarferils. ....	24
Mynd 4.11 Heildarumhverfisáhrif ferla 1, 2a og 2b í einingunni MPET <sub>WE2004</sub> . Sínd eru hlutfallsleg umhverfisáhrif urðunar, brennslu, endurvinnslu og flutninga. .25	
Mynd 4.12 Hlutfallsleg umhverfisáhrif mismunandi flutnings. ....	25





## SAMANTEKT

Í reglugerð um umbúðir og umbúðaúrgang (nr. 609/1996 m.s.br.) eru sett markmið um endurnýtingu umbúðaúrgangs og um endurvinnslu umbúðaefna í umbúðaúrgangi og í lögum um úrvinnslugjald nr. 162 frá 2002 er kveðið á um að taka skuli upp úrvinnslugjald fyrir pappa-, pappírs- og plastumbúðir. Í ljósi þessara ákvæða hefur stjórn Úrvinnslusjóðs látið fara fram faglegt mat á umhverfisáhrifum mismunandi leiða til að meðhöndla umbúðaúrgang. Matið felst í framkvæmd svokallaðrar vistferilsgreiningar (e; LCA, Life Cycle Assessment), sem er alþjóðlega stöðluð og viðurkennd aðferðarfræði til að meta umhverfisáhrif vöru eða þjónustu yfir líftíma eða vistferli vörunnar eða þjónustunnar. Niðurstöður slíkrar greiningar eru mjög mikilvægar við ákvarðanatöku, þar sem miklu skiptir að skoða ekki aðeins þær lausnir sem eru hagkvæmastar út frá kostnaðarsjónarmiði heldur sömuleiðis út frá umhverfissjónarmiði. Þannig má nota fjármagnið til þeirra aðferða sem skila bestri sameiginlegri niðurstöðu bæði út frá kostnaði og umhverfislegum gæðum.

Í þessu verkefni hefur verið unnin vistferilsgreining (e; LCA) til að meta umhverfisáhrif mismunandi aðferða við að meðhöndla plast og pappaumbúðir sem í dag fara í almennt sorp á heimilum. Skoðuð voru tvö megin ferli:

- meðhöndlun plast og pappaumbúða eins og hún er á landinu í dag (91% urðun og 9% brennsla, ferli 1); og
- ein framtíðarlausn sem er endurvinnsla 50 % af pappa og pappírumbúðum, endurvinnsla 30% af PE plastumbúðum (ferli 2a og 2b) og brennsla á 30% af öðrum plastumbúðum.

Endurvinnsluferlin tvö eru eins að öllu leyti nema því að fyrir ferli 2a skila íbúar umbúðum sjálfir í grenndargám en í ferli 2b eru umbúðirnar sóttar til íbúa með sérstakri hirðu.

Niðurstöður vistferilsgreiningarinnar eru reiknaðar fyrir sama grunn fyrir öll meðhöndlunarferlin. Grunnurinn (svokölluð aðgerðareining) eru 1000 kg af plasti og pappaumbúðum sem falla til á íslenskum heimilum og eru í dag meðhöndluð með almennu heimilissorpi. Pappír og pappaumbúðir eru 11,4 % af öllu heimilissorpi og plastumbúðir eru 14,7%. Aðgerðareiningin er reiknuð út frá innbyrðis hlutfalli þessara umbúða af heildar sorpmyndun. Samsetning aðgerðareiningarinnar er því 44% pappír og pappi og 56% plastumbúðir.

Metin voru eftirfarandi umhverfisáhrif; gróðurhúsaáhrif, virkni sólarljóss til myndunar ósons, eyðing ósonlagsins, súrt regn, næringarefnaauðgun, eituráhrif á fólk úr jarðvegi, vatni, og andrúmslofti, langvinn umhverfismengun fyrir vatnalífverur, bráðamengun fyrir vatnalífverur og mengunaráhrif á lífverur í jarðvegi. Auk þess var reiknuð út heildar orkunotkun hvers meðhöndlunarferlis, notkun endurnýjanlegrar orku, úrgangsmýndun og notkun ýmissa auðlinda t.d. hráolíu, brúnkola, steinkola, jarðgass, áls og járn.

Megin niðurstaða þessarar vistferilsgreiningar er að ferli 1, sem er óbreytt meðhöndlun á pappa- og plastumbúðum, veldur mestum neikvæðum umhverfisáhrifum og það er umhverfislega mun hagstæðara að endurvinna pappa og plast. Sömuleiðis má koma í veg fyrir notkun margfalt meiri orku og auðlinda við endurvinnsluferlin 2a og 2b en við núverandi meðhöndlunarferli 1. Mismunurinn á milli núverandi meðhöndlunar og endurvinnsluferlanna tveggja er mjög afdráttarlaus hvað þetta varðar.



Mismunurinn á milli ferla 2a og 2b er hins vegar ekki afdráttarlaus. Miðað við þær forsendur sem gefnar eru í þessari greiningu er umhverfislega hagstæðara að safna pappa og plastumbúðum frá íbúum en að þeir skili þessum umbúðum á grenndarstöðvar. Þessi niðurstaða er mjög háð þeim forsendum sem gefnar eru, er varðar flutningavegalengdir, þéttleika grenndarstöðva, val á flutningabíl, tíðni innsöfnunar og tíðni skila íbúa. Til að meta hvort skilakerfið (ferli 2a) eða innsöfnunarkerfið (ferli 2b) valdi minni neikvæðum umhverfisáhrifum er nauðsynlegt að gera útreikninga fyrir fleiri möguleika m.t.t. vegalengda, tíðni söfnunar/losunar og bílakosts.

Vistferilsgreiningin sýnir einnig að neikvæð umhverfisáhrif landflutninga með einkabíl og flutningabílum í endurvinnsluferlum 2a og 2b eru tiltölulega lítil miðað við þau jákvæðu umhverfisáhrif sem verða af endurvinnslunni. Skipaflutningarnir valda jafnmiklum til tvöfalt meiri umhverfisáhrifum en landflutningarnir í meðhöndlunarferlum 2a og 2b. Fyrir urðun eru neikvæð umhverfisáhrif þess metans sem ekki næst að safna og losnar út í umhverfið meiri en jákvæð áhrif af þeim sparnaði sem verður á díselolíunotkun. Því er umhverfislega mjög mikilvægt að safna og fanga metangas úr urðunarstöðum þar sem pappaumbúðir eru urðaðar og brenna metangasi í stað brennslu jarðefnaeldsneytis.

Til að greina enn frekar umhverfislegan ávinning endurvinnslu er lagt til að afla sé frekari gagna um mögulegt endurvinnsluhlutfall fyrir annars vegar innsöfnun og hins vegar skilakerfi. Afla þarf frekari upplýsinga um mögulegt magn plasts í hverjum flokki sem raunhæft er að flokka til endurvinnslu og setja upp nýjar forsendur sem reiknað er fyrir. Einnig er lagt til að yfirfara enn frekar gögn um meðal flutningsvegalengdir og nýtingu bíla til að meta mismun innsöfnunar og skilakerfis fyrir umbúðir.

# 1. INNGANGUR

## 1.1. Bakgrunnur

Í reglugerð um umbúðir og umbúðaúrgang (nr. 609/1996 með síðari breytingum) eru sett fram markmið um endurnýtingu umbúðaúrgangs og um endurvinnslu umbúðaafna í umbúðaúrgangi. Í lögum um Úrvinnslugjald nr. 162 frá 2002 er síðan kveðið á um að taka skuli upp úrvinnslugjald fyrir pappa-, pappírs- og plastumbúðir. Mikilvægt er þegar hugað er að breytingum á meðhöndlun þessa umbúðaúrgangs að svara spurningum eins og þeirri hvort endurvinnsla borgi sig út frá umhverfissjónarmiðum og hvort neikvæð umhverfisáhrif flutninga og endurvinnslu séu meiri en þau jákvæðu sem verða af endurvinnslunni. Til að svara þessum spurningum og fleirum ákvað því stjórn Úrvinnslusjóðs að láta fara fram faglegt mat á umhverfisáhrifum fyrir mismunandi söfnun og meðhöndlun á pappa- og plastumbúðum í heimilissorpi. Matið felst í framkvæmd svokallaðrar vistferilsgreiningar (e; LCA, Life Cycle Assessment). Vistferilsgreining er alþjóðlega stöðluð, viðurkennd aðferðarfræði til að meta umhverfisáhrif vöru eða þjónustu yfir líftíma eða vistferli vörunnar eða þjónustunnar. Þannig má meta umhverfisáhrif úrgangs frá því hann verður til sem úrgangur og þar til honum hefur verið fargað eða umbreytt í nýja vöru.

## 1.2. Markmið verkefnisins

Markmið þessa verkefnis er að nota vistferilsgreiningu (LCA) til að bera saman umhverfisáhrif mismunandi aðferða við að meðhöndla plast- og pappaumbúðir sem í dag fara í almennt sorp á heimilum. Skoðuð eru tvö megin ferli, annars vegar meðhöndlun plast og pappaumbúða eins og hún er á landinu í dag og hins vegar ein framtíðarlausn sem er endurvinnsla pappa- og pappírsumbúðanna og hluta af plastumbúðunum.



### 1.3. Uppbygging skýrslunnar

Þessari skýrslu er skipt upp í 5 kafla. Í 1. kafla er bakgrunni og markmiðum verkefnisins lýst. Í 2. kafla er markmiðum vistferilsgreiningarinnar sjálfra lýst og umfangi greiningarinnar. Í þeim kafla er skilgreindur sá reiknigrunnur sem greiningin er gerð fyrir svokölluð aðgerðareining. Þar er skilgreint fyrir hvaða ferli greiningin er gerð og hvar mörk hvers ferlis liggur. Sömuleiðis er fjallað um uppruna og gæði þeirra upplýsinga sem notaðar eru til að framkvæma greininguna og upplýsingar gefnar um þann hugbúnað sem notaður er. Í kafla 3 eru tiltekna forsendur og upplýsingar um hvert meðhöndlunarferli. Í 4. kafla eru birt gröf með niðurstöðum vistferilsgreiningarinnar. Samantekt niðurstaðna er að finna í þessum kafla sem og tillaga að frekari athugunum og næmniprófunum. Lokaorð er að finna í kafla 5. Einn viðauki fylgir skýrslunni sem inniheldur gröf fyrir ferli 2a og 2b sem ekki eru birt í megin texta skýrslunnar.

## 2. MARKMIÐ OG UMFANG VISTFERILS- GREININGARINNAR

### 2.1. Skilgreining markmiða

Markmið þessa verkefnis er að nota vistferilsgreiningu (LCA) til að bera saman umhverfisáhrif mismunandi aðferða við að meðhöndla plast og pappambúðir sem í dag fara í almennt sorp á heimilum. Skoðuð eru tvö megin ferli, þau eru:

- **Ferli 1.** Óbreytt ástand frá því sem nú er, þ.e. að safna plast og pappambúðum með almennri sorphirðu og urða með gassöfnun á sambærilegan hátt og gert er í Álfsnesi annars vegar, og brenna úrgang með orkuvinnslu hins vegar.
- **Ferli 2.** Flokkun plasts-, pappírs- og pappambúða í heimahúsum. Endurvinnsla PE plastumbúða og pappírs- og pappambúða, brennsla annars plasts með orkunýtingu og óbreytt meðhöndlun á þeim umbúðum sem ekki næst að flokka frá í heimahúsum. Á Vestfjörðum er gert ráð fyrir óbreyttri meðhöndlun þessara umbúða frá því sem nú er, þ.e. brennsla með orkunýtingu. Fyrir þetta ferli eru skoðaðar tvær leiðir við flutning/söfnun umbúðanna:
  - að íbúar skili flokkuðum umbúðum á grenndarstöð (ferli 2a); og
  - að flokkaðar umbúðir séu sóttar heim til íbúa (ferli 2b).

### 2.2. Aðgerðareining vistferilsgreiningarinnar

Þar sem markmið greiningarinnar er að bera saman tvö mismunandi ferli til að meðhöndla plast og pappambúðir þarf að skilgreina sameiginlegan grunn sem reiknað er út frá fyrir bæði ferlin. Sá grunnur er nefndur aðgerðareining (e. Functional unit). Aðgerðareiningin sem notuð er í þessari greiningu er :

Aðgerðareining:

*1000 kg af plasti og pappambúðum sem falla til á íslenskum heimilum og eru í dag meðhöndluð með almennu heimilissorpi.*

Hlutfallsleg samsetning pappa-, pappírs og plastumbúðaúrgangs í heimilissorpi er áætluð út frá rannsóknarverkefni sem unnið var hjá Sorpu árið 2003. Þar var samsetning húsasorps könnuð. Niðurstöður þeirrar rannsóknar var birt í ársskýrslu Sorpu 2003. Hlutfall pappírs- og pappambúða af heimilissorpi er 11,4 % og hlutfall plastumbúða 14,7%.

**Tafla 2.1** Yfirlit yfir hlutfallslegt magn umbúða í heimilissorpi árið 2003.

Umbúðaflokkur	Hlutfall af heimilissorpi (%) 2003
Pappi	4,86
Bylgjupappi	3,22
Mjólkur-/drykkjarfernur	3,32
Plastumbúðir	14,74

Heimild: Ársskýrsla Sorpu 2003.

Samsetning plastumbúða er hins vegar fengin út frá rannsókn sem gerð var fyrir Úrvinnslusjóð á samsetningu söluumbúða á Ísland árið 2002.

**Tafla 2.2** Áætluð hlutfallsleg skipting plastumbúða í mismunandi plasttegundir fyrir árið 2002.

Plastumbúðir	Hlutfall af söluumbúðum úr plasti (%)
PE	36
PA	34
PVC	1
PS	7
PET	12*
PP	10

Heimild: Rannsókn á magni söluumbúða á Íslandi fyrir árið 2002

\*Miðað við að 15% af öllum söluumbúðum úr PET fari í heimilissorpið, er PET 12% af öllum plastumbúðum í heimilissorpi. Aðallega eru þetta PET umbúðir sem bera skilagjald en einnig eitthvert magn PET umbúða sem ekki bera skilagjald.

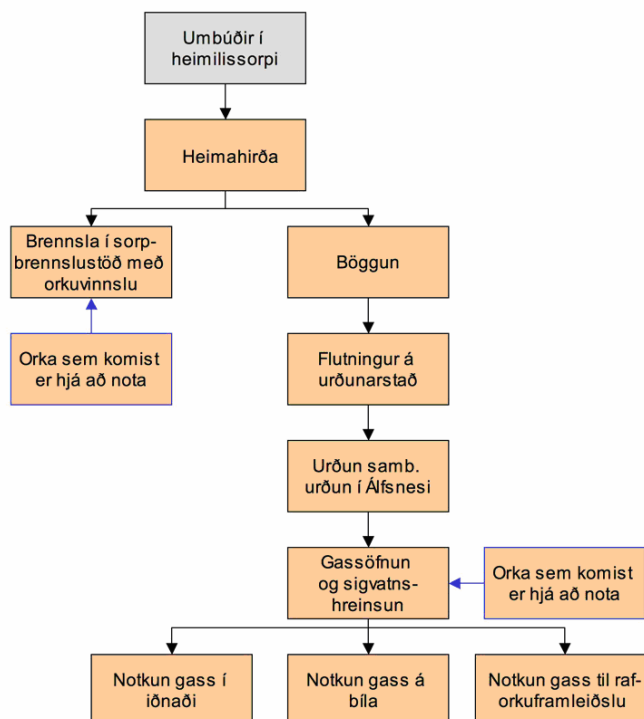
Rannsóknin er gerð fyrir allar söluumbúðir. Í þessari greiningu er gert ráð fyrir að samsetning plastumbúða í heimilissorpi sé sú sama og söluumbúða sem fara á markað.

Forsendur er varða aðgerðareininguna:

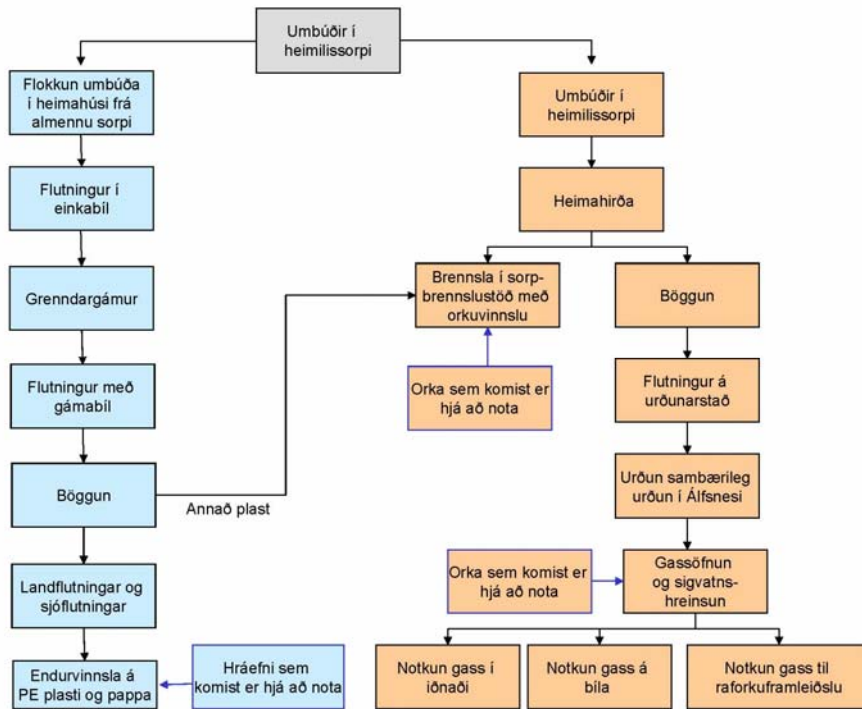
- Samsetning plast og pappaubúða í heimilissorpi allra landsmanna er sú sama, óháð meðhöndlunarferlinu.
- Aukin endurvinnsla (ferli 2) breytir ekki innbyrðis samsetningu pappá-, pappír- og plastumbúða.
- Ekki er tekið tillit til þeirra óhreininda sem eru á plast- og pappá-/pappírumbúðunum. Þannig er ekki tekið tillit til t.d. lífrænna matarleifa á umbúðum né einhverra spilliefna sem hugsanlega eru eftir í plastumbúðum sem er hent.

### 2.3. Mörk kerfisins

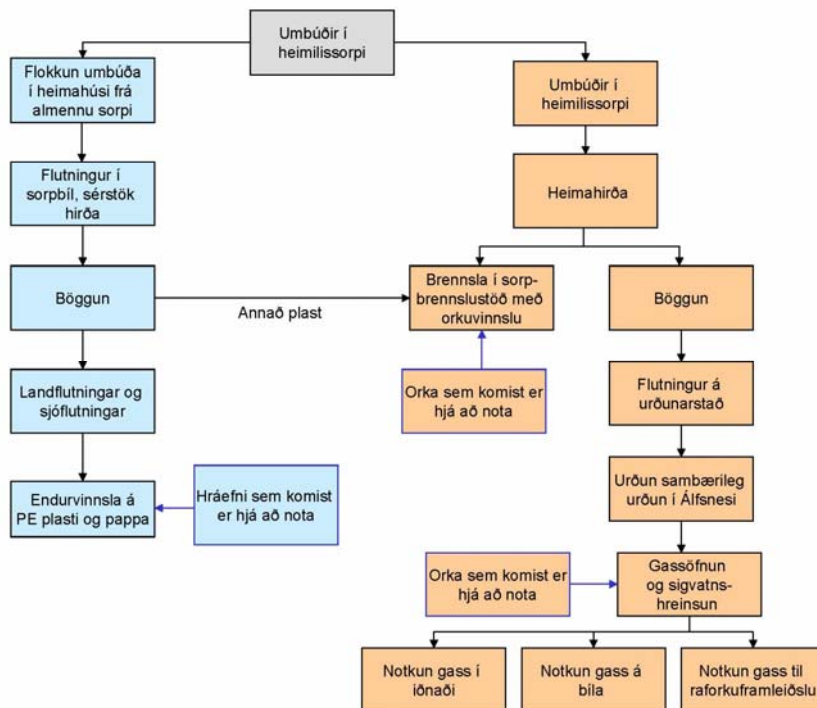
Á myndunum hér á eftir má sjá þau þrjú ferli sem tekin eru fyrir.



**Mynd 2.1** Ferli 1; Urðun og brennsla.



**Mynd 2.2** Ferli 2a; Endurvinnsla, íbúar flytja sjálfir umbúðir sem fara eiga í endurvinnslu í grenndargám.

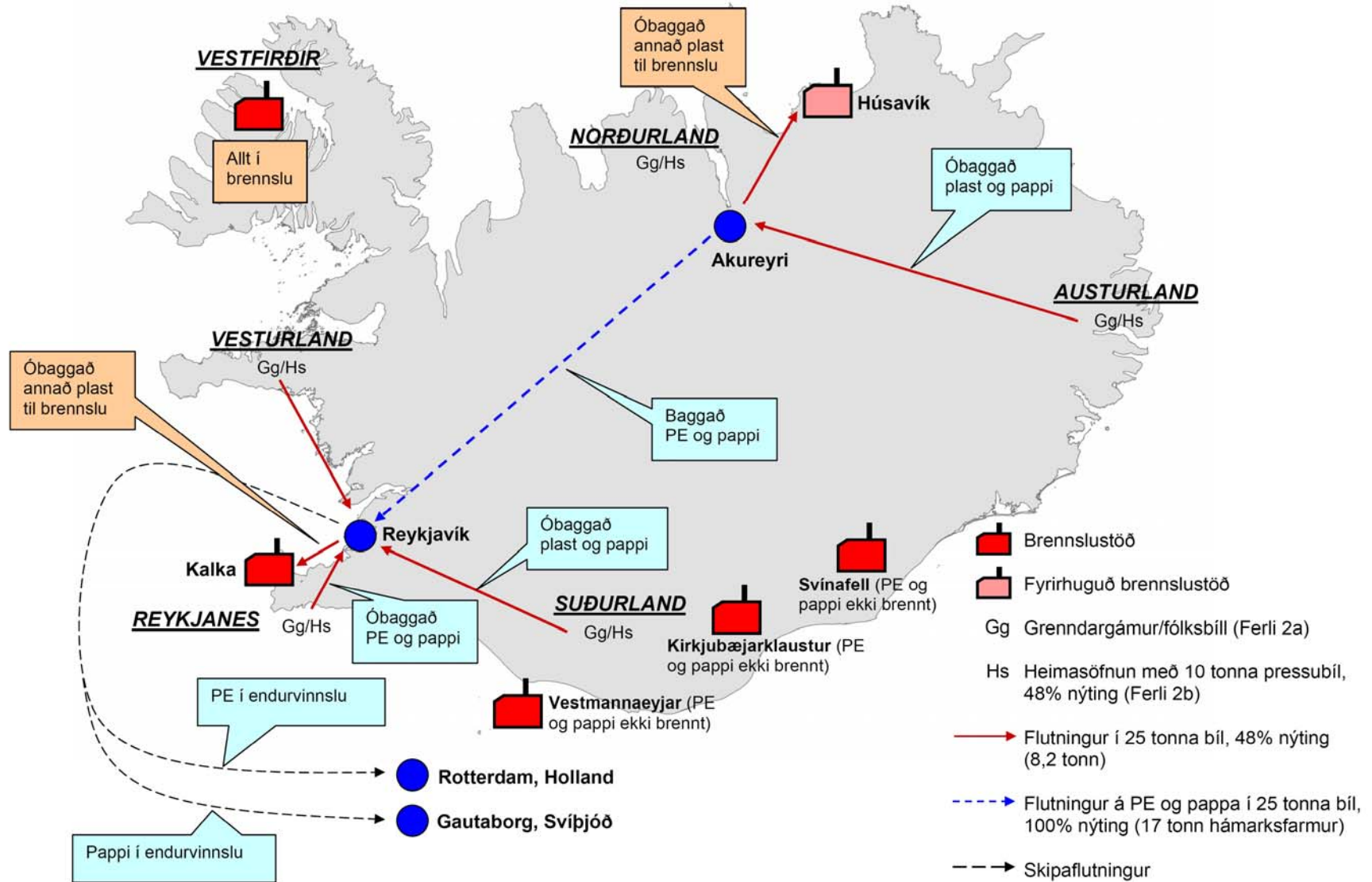


**Mynd 2.3** Ferli 2b; Endurvinnsla, umbúðaúrgangur til endurvinnslu sóttur heim til íbúa.

Fyrir urðun er tímaramminn settur við 100 ár. Þannig eru metin umhverfisáhrif urðunarstaðarins fyrstu 100 árin. Þessi tímarammi miðast við að metangasframleiðslu sé að mestu lokið og náðst hafi ákveðið jafnvægi. (e; pseudo steady state). Hins vegar er töluvert kolefni enn í urðunarstaðnum sem óniðurbrotið efni, sem ekki er talið með og “geymist” í haugnum. Þetta kolefni er meðtalið ef reiknað er fyrir óendanlegan tímaramma og er enn fremur reiknað með þegar plast eða pappambúðir eru brenndar því þá umbreytist stærstur hluti kolefnis í umbúðunum í CO<sub>2</sub>. Viðgerðir og viðhald á tækjabúnaði eða húsnæði er ekki tekið með í greiningunni.

Á mynd 2.4 má sjá yfirlit yfir flutninga innanlands á papp og PE plast umbúðum til endurvinnslu og á öðru plasti til brennslu. Í kafla 3.2 og 3.3 eru forsendur flutninga einnig skýrðar betur.





Mynd 2.4 Flutningar á umbúðum til endurvinnslu og brennslu (ferli 2A og 2B)

## 2.4. Uppruni og gæði upplýsinga

Þegar vistferlisgreiningar eru gerðar er leitast við að nota upplýsingar um það ferli sem verið er að greina, þ.e. staðbundnar upplýsingar. En þessar upplýsingar eru oft á tíðum ekki til fyrir öll ferlin eða of tímafrekt er að safna þeim miðað við umfang greiningarinnar. Við þessar aðstæður eru notuð gögn um samsvarandi eða lík ferli úr gagnabanka eða að notaðar eru upplýsingar úr öðrum vistferilsgreiningum. Gagnabankar innihalda upplýsingar um ýmis ferli, hráefni, orku o.s.frv. sem hægt er að nýta í vistferilsgreiningar.

Í þessu verkefni eru upplýsingar fengnar úr þremur megin áttum. Í fyrsta lagi eru notaðar ýmsar staðbundnar upplýsingar fyrir urðunarferlið sem miðast við upplýsingar fyrir urðunarstaðinn í Álfsnesi. Í öðru lagi eru upplýsingar fengnar úr erlendum vistferilsgreiningum er varða ýmsa þætti í urðunarferlinu og í þriðja lagi eru upplýsingar fengnar úr EDIP gagnagrunninum (Environmental Design of Industrial Products) sem er gagnagrunnur sem þróaður er af LCA miðstöðinni (LCA Center) í Danmörku og úr alþjóðlega viðurkenndum gagnabönkum eins og Buwal "Ökoinventare für Verpackungen" (1998). Upplýsingar úr gagnabönkunum eru taldar vera af þökkalegum gæðum og fullnægja þeim gæðum sem krafist er í þessari greiningu, miðað við markmið og umfang hennar. Allar forsendur hafa verið rýndar og yfirfarnar af öðrum aðila en þeim sem framkvæmdu vistferilsgreininguna sbr. kröfur ISO staðlanna um vistferilsgreiningar.

Ekki hafa verið gerðar svokallaðar næmniprófanir en slíkt er eðlilegt að gera fyrir þær forsendur sem ráða miklu um heildarniðurstöðuna, til að kanna hversu næmar niðurstöðurnar eru fyrir breytingum á forsendunum. Hér á eftir fer stutt umfjöllun um upplýsingar fyrir mismunandi undirferli í greiningunni.

### 2.4.1. Orkuframleiðsla og notkun

Tölur fyrir vatnsorkuna eru frá skandinavískum vatnsorkuverum. Orkunotkun fyrir iðnaðarstarfsemi t.d. framleiðslu á plasti og stáli eru byggðar á meðalnotkun í iðnaði og þannig horft fram hjá staðbundnum breytileika. Fyrir endurvinnslu á plasti í Hollandi var notuð meðal orkuframleiðsla Evrópu en fyrir alla aðra orkunotkun og alla orkunotkun á Íslandi var notuð 100% vatnsorka. Þannig var horft fram hjá notkun jarðvarma hér á landi þar sem ekki eru tiltækar upplýsingar enn sem komið er fyrir jarðvarmann. Gögn sem notuð voru eru byggð á tölum fyrir árið 1997. Megin heimildin var Ökoinventare von Energiesystemen, Laboratorium für Energiesysteme, ETH Zürich, UCPTÉ.

### 2.4.2. Flutningar

Allar upplýsingar um flutningaferlin eru fengnar úr EDIP gagnabankanum. Upplýsingarnar eiga uppruna sinn í verkefninu TEMA 2000 (Transporters **EM**missioner under **A**lternative forudsætninger), sem er hugbúnaður þar sem hægt er að reikna útblástur og mengun frá mismunandi farartækjum. Hugbúnaðurinn er gefin út af danska samgönguráðuneytinu. Hugbúnaðurinn inniheldur mjög nýlegar mælingar á losun (1999) sem og tölfræðigögn frá árinu 1998. Hugbúnaðurinn er unninn í samvinnu ýmissa aðila í Danmörku svo sem Banestyrelsen, Dansk Transport og Logistik, DSB, Teknologisk Institut, FDM, Færdselsstyrelsen, HT, Miljøstyrelsen, DMU, Risø, Statens Luftfartsvæsen og Vejdirektoratet.

### 2.4.3. Urðun

Fyrir urðunarferlið voru notuð gögn úr vistferilsgreiningunni "Icelandic comparative case study – landfill, biocell, compost" (Línuhönnun, 2002). Í þeirri greiningu má bæði finna raunverulegar upplýsingar um rekstur urðunarstaðarins í Álfsnesi en einnig upplýsingar úr norrænum vistferilsgreiningum og gagnabönkum, aðallega sænskum.

Upplýsingar um söfnun og notkun sorphaugagassins eru hins vegar fengnar frá Sorpu, Heklu og frá sænskum vistferilsgreiningum og eru þær sömu og notaðar voru í "Icelandic comparative case study – landfill, biocell, compost" sem verkfræðistofan Línuhönnun gaf út árið 2002.

#### 2.4.4. Brennsla

Ekki eru til upplýsingar frá brennslustöðvunum á Íslandi sem hægt er að nota í vistferilsgreininguna þannig að notuð voru gögn úr gagnagrunni GaBi EDIP forritsins fyrir brennslu á mismunandi plasttegundum og blöndu af pappír og pappa. Upplýsingarnar úr gagnagrunninum miðast við brennslu í dönskum sorpbrennslustöðvum sem uppfylla danskar mengunarvarnarkröfur. Fyrir alla brennslu á umbúðunum er gert ráð fyrir reykhreinsibúnaði. Miðað er við að reykhreinsibúnaðurinn uppfylli danskar kröfur um mengunarvarnir og er í greiningunni miðað við að 65% sé hreinsað með vothreinsibúnaði, 30% með hálfþurrum reykhreinsibúnaði (semi dry process) og 5% með þurrhreinsibúnaði. Einnig var gert ráð fyrir að 10% brennslustöðvanna hafi haft hreinsunarbúnað fyrir NO<sub>x</sub> og 60% þeirra hreinsunarbúnað fyrir á díoxín.

Upplýsingarnar sem notaðar eru byggja á tölum frá árunum 2000 og 1995. Megin heimildin er Erichsen, H.L. & Hauschild, M. Z.: "Technical data for waste incineration", DTU 2000 and Reimann D.O. & Hämmerli, H.: "Verbrennungstechnik für Abfälle in Theorie und Praxis", Bamberg 1995.

#### 2.4.5. Endurvinnsla og ekki notkun á nýjum pappa

Fyrir endurvinnslu á pappa og ekki notkun á nýjum pappa eru notuð tvö megin ferli (e; processes). Hvort ferli er aðeins notað einu sinni í hverju meðhöndlunarferli (2a og 2b). Þau hafa hins vegar mjög mikil áhrif á heildarniðurstöðuna og því nefnd sérstaklega hér í umræðu um uppruna og gæði upplýsinganna.

Upplýsingar um endurvinnslu pappa byggja á ferli sem samsvarar bestu fáanlegu tækni (e; Best Available Technology, BAT) árið 1992. Í dag er hugsanlegt að einhverjar endurvinnslustöðvar notist við nýrri og umhverfisvænni tækni en ekki reyndist unnt að nálgast nýrri upplýsingar fyrir endurvinnslu á pappa. Heimildin sem notuð var er Dalager o.fl. (1995). Upplýsingar um ferlið "ekki notaður nýr pappi" er tekin úr gagnagrunninum Buwal "Ökoinventare für Verpackungen" (1998).

Ákveðin óvissa fylgir því að nota saman þessi tvö ferli ("endurvinnsla pappa" og "ekki notaður nýr pappi"). Óvissan helgast í fyrsta lagi af því að nákvæmni upplýsinganna í ferlunum tveimur er ekki endilega sú sama og mörk og umfang hvors ferlis gætu verið ólík. Sömuleiðis gæti verið að ferlin tvö samsvari þeim endurvinnsluferlum sem í raun verða notuð á mismunandi hátt. Þessi óvissa er þó ekki talin skipta máli fyrir þessa vistferilsgreiningu miðað við þau markmið og það umfang sem skilgreint hefur verið.

#### 2.4.6. Endurvinnsla og ekki notkun á nýju PE plasti

Eins og fyrir endurvinnslu á pappa og ferlið "ekki notaður nýr pappi" gildir fyrir endurvinnslu og "ekki notað PE plast" að aðeins eru notuð tvö megin ferli og hvort þeirra er notað einu sinni í meðhöndlunarferlunum 2a og 2b. En þar sem þessi ferli skipta svo miklu máli í heildarniðurstöðunum þá er fjallað sérstaklega um þau hér. Ekki er þekkt fyrir hvaða endurvinnslustöð upplýsingarnar fyrir endurvinnslu á PE eru. Upplýsingarnar eru frá árinu 1993 og miðast við endurvinnslu á landbúnaðarplasti í Danmörku. Institute for Product Development í DTU í Danmörku hefur yfirfarið þessar upplýsingar og aðlagð að endurvinnslu á PE plasti almennt. Upplýsingarnar fyrir "ekki notað nýtt PE plast" er úr Boustead, I. Eco-profiles og frá European Plastics Industry, APME (1999).

Eins og fyrir þappann er ákveðin óvissa tengd því að nota saman upplýsingar fyrir þessi tvö ferli. Óvissan er þó talin lítil og ekki breyta neinu er varðar megin niðurstöðu greiningarinnar.

#### 2.4.7. Samsetning umbúða og skilvirkni flokkunar og vegalengdir

Hlutfall plast-, pappírs- og pappaubúða í heimilissorpi á Íslandi er fengin úr rannsókn Sorpu fyrir árið 2003 og samsetning plastumbúða úr greiningu sem unnin var fyrir Úrvinnslusjóð á söluumbúðum fyrir árið 2002. Fyrir samsetningu papp- og pappírsumbúða í urðun var notuð sama samsetningu og upplýsingar eins og í vistferilsgreiningunni “Icelandic comparative case study – landfill, biocell, compost” (Línuhönnun 2002). Hins vegar er notuð samsetning papp- og pappírúrgangs fyrir brennsluferlið og endurvinnsluferlið úr GaBi EDIP gagnagrunninum.

Skilvirkni flokkunar á umbúðum til endurvinnslu var áætluð. Vegalengdir fyrir söfnun og flutning úrgangs voru áætlaðar tölur.

#### 2.5. GaBi 4-EDIP hugbúnaðurinn

Líkan af ferlunum þremur fyrir urðun og brennslu (ferli 1), og fyrir endurvinnslu á hluta af umbúðunum (ferli 2a og 2b) var sett upp í forritinu GaBi 4. GaBi 4 forritið er þróað í samvinnu tveggja aðila, þýska fyrirtækinu PE Europe GmbH og Institute for Polymer Testing and Polymer Sciences (IKP) í Háskólanum í Stuttgart í Þýskalandi. Vistferilsgreiningarmiðstöðin í Danmörku (LCA Center Denmark sem tengist Tækniháskólanum DTU) og PE Europe GmbH hafa síðan þróað sérstaka útgáfu af GaBi 4 hugbúnaðinum sem nefnist GaBi 4-EDIP og inniheldur auk GaBi 4 einnig danska hugbúnaðinn EDIP og EDIP gagnagrunninn. Vistferilsgreiningin var reiknuð í þessum GaBi 4-EDIP hugbúnaði. GaBi 4 hugbúnaðurinn er eitt af best viðurkenndu forritunum fyrir vistferilsgreiningar á markaðnum í dag. Forritið er mjög sveigjanlegt verkfæri sem gefur möguleika á vistferilsgreiningum á mismunandi ferlum, sem og Monte Carlo aðlögun og LCC greiningum sem eru vistferilsgreiningar þar sem kostnaður tengdur umhverfismálum er skoðaður yfir allt vistferilið. Greiningar í GaBi 4 hugbúnaðinum er sömuleiðis mjög gagnsær sem gerir alla rýni og yfirferð niðurstaðna auðveldari.

#### 2.6. Metin umhverfisáhrif

GaBi forritið var notað til að meta umhverfisáhrif fyrir ferli 1, 2a og 2b. Auk þess að reikna út umhverfisáhrif fyrir 11 mismunandi flokka fyrir hvert ferli var reiknuð notkun auðlinda, úrgangsmagn og orkunotkun. Sundurliðun hvers af þessum flokkum er sem hér segir:

##### Umhverfisáhrif

- Gróðurhúsaáhrif,
- súrt regn,
- virkni sólarljóss til myndunar ósons,
- eyðing ósonlagsins,
- næringarefnaauðgun,
- eituráhrif á fólk úr jarðvegi, vatni og andrúmslofti,
- langvinn umhverfismengun fyrir vatnalífverur,
- bráðamengun fyrir vatnalífverur
- mengunaráhrif í jarðvegi.

Niðurstöður útreikninga fyrir umhverfisáhrif eru birtar í einingunni  $mPET_{WEU2004}$ .  $PET_{WEU2004}$  er eining fyrir neikvæð umhverfisáhrif. PE stendur fyrir “person equivalent” T fyrir “target”, W fyrir “world”, EU fyrir “Europe” og 2004 fyrir árið 2004. Þannig þýðir ein eining af  $PET_{WEU2004}$  umhverfisáhrif sem einn Evrópubúi eða einn heimsborgari lætur frá sér með athöfnum sínum í heilt ár. Viðmiðunarárið er árið 2004.  $mPET$  er einn þúsundasti  $PET$ . Miðað er við evrópubúa fyrir öll umhverfisáhrif

sem eru svæðisbundin eða staðbundin og er stærðin reiknuð út frá markmiðum Evrópusambandsins fyrir árið 2004. Fyrir hnattrænu umhverfisáhrifin (eyðingu ósonlagsins og gróðurhúsaáhrifin) er miðað við einn íbúa jarðar og þau markmið sem eru í gildi árið 2004 á heimsvísu.

### Auðlindir

Fyrir hvert ferli var einnig reiknuð út auðlindanotkun. Reiknað var út fyrir eftirfarandi auðlindir:

- timbur,
- ferskt vatn,
- úraníum,
- jarðgas,
- kalkstein,
- brúnkol,
- steinkol,
- hráolíu,
- járn,
- ál.

Niðurstöðurnar eru birtar í einingunni  $mPR_{W90}$ . Ein  $PR_{W90}$  táknar persónueiningar fyrir auðlindanotkun, þar sem P vísar til einnar persónu (e; person), R vísar til auðlinda (e; resources), W til heimsnotkunar (e; world). Viðmiðunarárið er 1990, m vísar til milli og er  $mPR$  því einn þúsundasti af PR.  $PR_{W90}$  táknar því notkunar miðað við einn jarðarbúa árið 1990. Ekki er miðað við stjórn málað viðmið fyrir auðlindanotkun (T = target) eins og fyrir umhverfisáhrifin.

### Úrgangur

- Almennur fastur úrgangur (e; bulk waste),
- gjall og aska frá sorpbrennslustöðvum,
- spilliefnaúrgangur.

Einingin sem notuð er til að birta niðurstöður fyrir úrgang er  $mPET_{DK2000}$ , þar sem PE táknar persónueiningar (e; person equivalents), T táknar það markmið sem er sett er fyrir úrgangsmyndun (e; target), DK vísar til úrgangsmyndunar í Danmörku. Viðmiðunarárið er árið 2000. Þannig táknar  $PET_{DK2000}$  það magn úrgangs sem einn Dani lætur frá sér miðað við þau markmið sem gilda fyrir árið 2000.  $mPET_{DK2000}$  er einn þúsundasti af  $PET_{DK2000}$

### Orkunotkun

Fyrir hvert ferli var sömuleiðis reiknuð út orkunotkun og eru niðurstöður birtar sundurliðaðar fyrir:

- notkun orku; og
- notkun endurnýjanlegrar orku.

Einingin sem notuð er eru MJ (Mega Joule).

### 3. UPPLÝSINGAÖFLUN UM FERLIN

Vistferilsgreiningin er unnin skv. alþjóðlegu stöðlunum ISO 14041-ISO 14043 um vistferilsgreiningar. Safnað er upplýsingum um ílag og frágag frá ferlunum sem greina á. Ílagspættir eru m.a. orka, hráefni og eldsneyti en frágag t.d. losun efna í andrúmsloft, vatn eða jarðveg. Fyrir hverja ferileiningu (e. “process unit”) er gefið upp ílag og frágag einingarinnar. Því réttari og ítarlegri sem upplýsingarnar eru því líkari er niðurstaðan raunveruleikanum. Hér á eftir er ferlunum lýst og nánar sagt frá því hvaða upplýsingar voru notaðar.

#### 3.1. Ferli 1; Urðun og brennsla:

##### 3.1.1. Söfnun og flutningur í böggunarstöð eða brennslustöð:

Um er að ræða söfnun á papp- og plastumbúðum frá heimilum.

##### Forsendur:

- Miðað er við að nota tölur fyrir söfnun á almennu heimilissorpi hjá sjö sveitafélögum sem standa að Sorpu og flutning í móttökustöð fyrirtækisins í Gufunesi. Út frá reynslu þessara sveitarfélaga er gert ráð fyrir að eknir séu að meðaltali 20 km að böggunarstað með hvert kg. af heimilissorpi. Sú tala er notuð í þessari greiningu fyrir ekna kílómetra fyrir hvert kíló umbúða í sorphirðu.
- Gert er ráð fyrir að nota 10 tonna pressubíl með Euro 2 vél sem nýttur er að meðaltali 48%, þ.e. sorpbíllinn er tómur þegar söfnun hefst og fullur þegar komið er á böggunarstað. Fullhlaðinn tekur bíllinn rúmlega 6 tonn.
- Gert er ráð fyrir að hlutdeild gasolíunotkunar, plast- og pappumbúða sé línuleg miðað við hlutdeild almenns heimilissorps. Þannig er í raun verið að reikna umhverfisáhrif fyrir hvert kíló sem safnað er óháð því um hvaða flokk heimilissorps er að ræða.

##### 3.1.2. Böggun fyrir urðun

Í urðunarferlinu er gert ráð fyrir að allt heimilissorp sé baggað fyrir urðun þar sem miðað er við sambærilega urðun og í Álfsnesi. Umbúðir eru hluti af heimilissorpi. Böggun heimilissorps fer þannig fram að sorpið er losað á gólf böggunarstöðvarinnar þaðan ýtt í síló og skammtað í pressur sem bagga sorpið. Baggarnir eru bundnir saman með járnborðum. Böggunum er staflað upp og þeim síðan ekið á urðunarstað í Álfsnesi. Notaðar eru pressur við böggunina. Frárennsli frá böggunarvélunum rennur í hreinsivirki sem samanstendur af fitugildru og sandsíu. Frárennslið rennur þaðan í viðtaka (sjó) utan við stöðina. Notaðar eru upplýsingar um böggunina úr skýrslunni “Icelandic comparative case study – landfill, biocell, compost” (Línuhönnun 2002).

##### Forsendur:

- Gert er ráð fyrir að sama orka fari í að pressa plast og pappumbúðirnar eins og almennt sorp. Díselolíunotkun er 0,28 L á tonn umbúða og 26 kJ af raforku er notað fyrir pressurnar á hvert kíló plast- og papp- eða pappírsumbúðaúrgangs.
- Gert er ráð fyrir að öll raforka komi frá vatnsaflí. Ástæður þessa eru þær að engar upplýsingar eru til fyrir jarðvarma enn.
- Ekki er gert ráð fyrir að sigvatn komi frá böggun þessara tegunda þ.e. plasts og papp. Því er sleppt að reikna með sigvatni frá böggun.

- Gert er ráð fyrir að hlutfallslega fari sama magn af járnborðum í að bagga plast og pappa eins og almennt sorp þ.e. 1,67 kg járnborðar á hvert tonn umbúðaúrgangs.

### 3.1.3. Flutningur frá böggunarstöð að urðunarstað

Böggum er ekið frá böggunarstöð að urðunarstað. Notaðir eru vörubílar sem brenna gasolíu.

#### Forsendur:

- Gert er ráð fyrir að plast-, pappa- og pappírsumbúðir pressist hlutfallslega eins og almennt heimilissorp þannig að sama orka fari í að flytja hvert kíló af plast-, pappírs og pappaubúðum eins og hvert kíló af almennu sorpi.
- Miðað er við þá vegalengd sem er á milli Gufuness og Álfsness, um 20 km flutningur milli böggunarstöðvar og urðunarstaðar og bílarnir fara tómir til baka, þ.e. taka verður tillit til þess að sorpbíllinn er ekki nýttur á leiðinni til baka og því er þessi vegalengd tvöfölduð í greiningunni og eknir eru alls 40 km.
- Gert er ráð fyrir að nota 25 tonna bíl með Euro 2 vél sem er 100% nýttur, þ.e.a.s. bíllinn er fylltur á böggunarstað. Fullhlaðinn tekur bíllinn u.þ.b. 17 tonn.

### 3.1.4. Urðun sorps í Álfsnesi og gassöfnun

Heimilissorpi í böggum er staflað í urðunarreinar með gröfu og krabba. Umbúðir úr pappa, pappír og plasti er hluti þessara bagga. Sigvatn frá urðunarstaðnum er leitt gegnum hreinsivirki og þaðan í viðtaka (sjó). Gasi er safnað með lóðréttum pípum sem reknar eru niður í sorphauginn. Söfnunarkerfið er þannig uppbyggt að frá hverri holu liggur sér lögð þ.a. hægt er að mæla og fylgjast með samsetningu gass úr hverri holu og loka fyrir óvirkar holur.

#### Forsendur:

- Notaðar eru sömu heimildir og í fyrri vistferilsgreiningu Línuhönnunar (Línuhönnun 2002) fyrir umhverfisáhrif urðunar pappa-/pappírsumbúða sem og plastumbúða. Þær upplýsingar byggja á sænskum rannsóknum.
- Varðandi samsetningu á pappírs- og pappaubúðunum er gert ráð fyrir að samsetning þessa flokks sé sambærileg samsetningu Finnveden o.fl. sem notuð var í fyrri vistferilsgreiningu Línuhönnunar fyrir heimilissorp (Línuhönnun 2002).
- Eins og fyrir flutning baggana á urðunarstaðinn er nú gert ráð fyrir að sömu orku þurfi á hvert kíló plast- og pappírs-/pappaubúða við að koma þeim fyrir á urðunarstaðnum eins og fyrir hvert kíló af almennu heimilissorpi. Þannig eru notaðar sömu orkutölur og í fyrri vistferilsgreiningu (Línuhönnun 2002). Díselolíunotkun vinnuvéla er 0,75 L/tonn og raforkunotkun fyrir dælur sem dæla gasi úr haugnum er um 30.000 J/kg af pappaubúðum. Ekkert gas myndast á fyrstu 100 árunum vegna urðunar plasts.
- Ekki er gert ráð fyrir að fita setjist til í hreinsivirki urðunarstaðarins af völdum umbúðaúrgangsins. En eins og áður hefur komið fram er ekki reiknað með óhreinindum af einhverju tagi á umbúðunum.
- Áhrif járnborðanna utan um baggana í urðunarstaðnum eru ekki tekin með í greiningunni. (Járnborðar eru aðeins reiknaðir sem aðfang inn í böggunarferlið).
- Gert er ráð fyrir sömu hreinsivirkni hreinsivirkis urðunarstaðarins eins og í fyrri vistferilsgreiningu (Línuhönnun, 2002).

### 3.1.5. Hreinsun á gasi og nýting

Gas úr haugnum er leitt í hreinsistöð þar sem metan er eimað nærri hreint. Hluti af metaninu er brennt beint en hluta er safnað á kúta. Metan sem safnað er á kúta er nýtt á bíla sem brenna metani og kemur því í stað gasolíu (þar sem metan bílarnir eru nær eingöngu atvinnubílar er gert ráð fyrir að bílarnir hafi að mestu brennt gasolíu áður en farið var að nýta metanið).

#### Forsendur:

- Notaðar eru sömu upplýsingar og safnað var í fyrri vistferilsgreiningu fyrir heimilissorp (Línuhönnun 2002). Gert er ráð fyrir að safnað sé 50% af sorphaugagasinu sem myndast. Þetta gas er nýtt þannig að 30% af því er notað til að knýja áfram bíla, 40% þess er nýtt til að framleiða raforku og 30% af því er brennt í iðnaði í stað gasolíu.
- Orkuinnihald hauggassins er áætlað 50,1 MJ/kg CH<sub>4</sub>.
- Óhreinsað hauggas er notað til upphitunar í iðnaði í stað gasolíu. Orkuinnihald gasolíunnar er 41,4 MJ/kg.
- Nýtni rafalsins við rafmagnsframleiðslu er áætluð 30%.
- 1 kg af CH<sub>4</sub> kemur í stað 1,57 L af gasolíu.
- Notaður er þvegill (e; scrubber) til að hreinsa hauggasið, orkunotkun hans er áætlaður 228,6 Wh/Nm<sup>3</sup>.
- Ekki er reiknað með orkunotkun við að flytja hauggas eða hreinsað metangas á notkunarstað. Sú orkunotkun er óveruleg miðað við það magn olíu sem ekki þarf að nota á bílana þ.e. þá olíu sem sparast.

### 3.1.6. Brennsla pappa- /pappírs og plastumbúða

Heimilissorpi er sturtað úr sorphirðubíl í brennsluofn sorpbrennslustöðvarinnar. Umbúðirnar eru brenndar með öðrum heimilisúrgangi og öðrum þeim úrgangi sem hentar til brennslu með úrganginum. Varminn sem myndast við brunann er nýttur til raforkuframleiðslu. Raforkan kemur í stað vatnsorku og jarðvarma.

#### Forsendur:

- Raforka á Íslandi er að stærstum hluta unnin úr vatnsafla en einnig er tæplega fimmtungur unninn úr jarðvarma. Þar sem ekki eru til upplýsingar um umhverfisáhrif jarðvarmavirkjana sem henta fyrir vistferilgreiningu er reiknað með að mynduð raforka komi í stað raforku sem framleidd er úr vatnsorku eingöngu og notaðar eru tölur úr gagnabanka EDIP sem upprunnar eru frá skandinavískum vatnsaflsvirkjunum.
- Notaðar eru upplýsingar úr gagnabanka EDIP fyrir umhverfisáhrif brennslu á pappír/pappa og plasttegundanna PE, PVC, PP, PET, PS og PA. Þessar upplýsingar eru fengnar frá dönskum sorpbrennslustöðvum.
- Samsetning pappírs sem upplýsingarnar miða við er e.t.v. ekki sama og samsetning pappírs- og pappaubúða frá íslenskum heimilum en engar tölur eru tiltækar fyrir umhverfisáhrif vegna brennslu á nákvæmlega þannig samsettum umbúðaúrgangi hér á landi.
- Umhverfisáhrif vegna urðunar á ösku hefur ekki verið reiknað í þessari vistferilsgreiningu. Askan kemur fram sem úrgangur. Þetta getur valdið vanmati á umhverfismengun í jarðvegi og fyrir vatnalífverur (e; ecotoxicity soil og ecotoxicity water) þar sem askan inniheldur þungmálma sem geta skolast út í umhverfið.



## 3.2. Ferli 2a; Endurvinnsla ásamt urðun og brennslu, íbúar flytja umbúðir í grenndargám

### 3.2.1. Umbúðaúrgangur sem fer til endurvinnslu

#### Forsendur:

- Gert er ráð fyrir að skilvirkni flokkunar til endurvinnslu sé 30% fyrir allt plast og 50% fyrir pappír og pappa. Skilagjaldsskyldar umbúðir sem ekki eru hluti þessarar greiningar eru ekki inn í þessum tölum. (12% PET umbúðanna eru inn í þessum tölum sbr. töflu 2.2).
- Gert er ráð fyrir að pappírs- og pappaumbúðir ásamt PE plasti fari til endurvinnslu.
- Annað plast en PE plast fer ekki til endurvinnslu þar sem ekki fundust á þeim tíma sem til ráðstöfunar var upplýsingar um umhverfisáhrif endurvinnsluferla fyrir aðrar plasttegundir. Þetta plast fer til brennslu í næstu brennslustöð.
- Á Vestfjörðum er ekki gert ráð fyrir að neitt fari til endurvinnslu og þar mun því verða óbreytt ástand frá því sem nú er (ferli 1).
- Gert er ráð fyrir að brennsla sé staðsett á Húsavík sem taki við öðru plasti en PE til brennslu frá Norðurlandi eystra og Austurlandi (sjá flokka umbúða og flutning í næsta kafla). Þannig breytast hlutföll milli brennslu og urðunar á þann hátt að 82% þess sem ekki fer í endurvinnslu fer í urðun og 18% þess sem ekki fer í endurvinnslu fer í brennslu.
- Ekki eru reiknuð áhrif lífræns úrgangs í frárennsli við hreinsun umbúðanna á heimilum né kaldavatns- eða heitavatnsnotkunar eða dælingu á frárennsli.
- Ekki eru reiknuð áhrif vegna framleiðslu á ílátum eða pokum undir umbúðaúrganginn.

### 3.2.2. Flutningur umbúðaúrgangs í grenndargám

PE plast, annað plast-, pappírs- og pappaumbúðir eru flokkaðar frá í heimahúsum og þeim skilað í grenndargám.

#### Forsendur:

- Miðað er við að hvert heimili aki pappírs og pappaumbúðum sem og PE plasti og öðru plasti á næsta grenndargám. Vegalengdin sem ekin er vegna þessa er 0,5 km. Þannig aka íbúar 3 mismunandi flokkum umbúða á grenndargám
- Ekki er gert ráð fyrir auknu magni plastpoka fyrir umbúðaúrganginn.

**Tafla 3.1** Yfirlit yfir vegalengdir sem miðað er við á mismunandi landsvæðum við flutning á pappu og PE plasti til endurvinnslu.

Landsvæði	Hlutfallslegt magn umbúða á landsvísu sem fer til endurvinnslu (%)	Aðgerð	Vegalengd (km)
Höfuðborgarsvæðið, Suðurnes, Suðurland og Vesturland	83,1	Söfnun á PE plasti og pappír og böggun í Reykjavík	39
Austurland	4,3	Söfnun á PE plasti og pappír á Austurlandi og flutt óbaggað til Akureyrar, þar sem böggun fer fram	286
Norðurland	12,6	Söfnun á PE plasti og pappír á Norðurlandi og baggað þar. Flutningur (ásamt PE plasti og pappír frá Austurlandi) til Reykjavíkur.	409
Vestfirðir	0	Engin endurvinnsla á PE plasti eða pappír fer fram á Vestfjörðum. Óbreytt ástand miðað við núverandi ástand (eins og ferli 1).	----

### 3.2.3. Böggun á PE plastumbúðum og pappírs- og pappaubúðum

Umbúðirnar eru baggaðar áður en þær eru fluttar út til endurvinnslu.

#### Forsendur:

- Gert er ráð fyrir að ein böggunarstöð sé á Akureyri sem þjónar Norðurlandi eystra og Austurlandi
- Gert er ráð fyrir einni böggunarstöð í Reykjavík (Gufunesi) sem þjónar öðrum landshlutum.
- PE plastumbúðir og pappírs- og pappaubúðir frá Austurlandi eru fluttar óbaggaðar til Akureyrar og baggaðar þar.
- Notast er við sömu tölur fyrir böggun eins og í urðunarferlinu.

### 3.2.4. Flutningur umbúða til útskipunarhafnar

Umbúðir sem hafa verið baggaðar eru fluttar til útskipunarhafnar

#### Forsendur:

- Gert er ráð fyrir að ein útskipunarhöfn sé fyrir umbúðaúrganginn. Sú höfn er Sundahöfn.
- Vegalengdir frá böggunarstöð í Gufunesi eru 5 km og frá Akureyri 389 km.
- Gert er ráð fyrir að nota 25 tonna bíl með Euro 2 vél sem er 100% nýttur.

### 3.2.5. Flutningur frá útskipunarhöfn til endurvinnslu erlendis

Umbúðaúrgangur er fluttur baggaður með gámaskipi til erlendrar hafnar og þaðan innanlands til endurvinnslustöðvar.

**Forsendur:**

- Gert er ráð fyrir að PE plast sé flutt til Rotterdam í Hollandi en pappírs- og pappaumbúðirnar til Gautaborgar í Svíþjóð.
- Skipið er 14.000 tonna (burðargeta) gámaflutningaskip.
- Vegalengdin (sjóleið) frá Reykjavík til Rotterdam er 2.200 km og vegalengdin (sjóleið) frá Reykjavík til Gautaborgar er 2.134 km.
- Þegar til erlendrar hafnar er komið er gert ráð fyrir að flytja þurfi umbúðaúrganginn um 50 km vegalengd að endurvinnslustöð. Um er að ræða blandaðan akstur eftir hraðbraut, þjóðvegum og innanbæjarkeyrsla.
- Ekki eru reiknuð umhverfisáhrif krana sem notaðir eru við útskipun eða uppskipun. Þau áhrif eru talin vera hverfandi í samhengi við aðra orku. Í vistferilsgreiningu er eðlilegt að sleppa áhrifum sem eru minni en 5% af heildinni og er slíkt talið eiga við hér.
- Reiknað er með að skip sigli hlaðið til Íslands og því aðeins vegalengdin út reiknuð með.

**3.2.6. Endurvinnsla á PE umbúðaplasi og pappírs- og pappaumbúðum****Forsendur:**

- Notast er við upplýsingar úr GaBi EDIP gagnagrunninum annars vegar fyrir endurvinnslu PE plasts og hins vegar fyrir pappír. Pappírinn er ekki bleiktur.
- Við endurvinnslu PE plasts sparast nýtt PE plast. Gert er ráð fyrir að LDPE plast sparist.
- Við endurvinnslu pappírs- og pappaumbúða sparast pappír. Valið var ferli sem nefnist framleiðsla á trjákvöðu (e; wood pulp cardboard). Upplýsingar um það eru fengnar úr GaBi forritinu og byggja á "Ökoinventare für Verpackungen Band 1. Schriftenreihe umwelt nr. 250/l. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- Ekki er tekið tillit til hugsanlegra óhreininda á umbúðunum.

**3.3. Ferli 2b; Endurvinnsla ásamt urðun og brennslu, umbúðaúrgangur sem fer til endurvinnslu er sóttur til íbúa í sorpbíl****3.3.1. Umbúðaúrgangur sem fer til endurvinnslu****Forsendur:**

- Sömu forsendur eins og fyrir ferli 2a.

**3.3.2. Flutningur umbúðaúrgangs með sorpbíl**

PE plast, annað plast og pappírs- og pappaumbúðir eru flokkaðar frá í heimahúsum og þær umbúðir sóttar heim í einni ferð af sorpbíl.

**Forsendur:**

- Miðað er við að hvert heimili flokki PE plast, annað plast og pappír og pappa í þrennt. Sorpbíll sækir þessa þrjú flokka heim til fólks. Ekki er gert ráð fyrir neinni orku í að sundurgreina þessa flokka.
- Ekki er gert ráð fyrir auknu magni plastpoka fyrir umbúðaúrganginn.
- Söfnun úrgangs frá íbúum er gerð með sorphirðubíl og er gert ráð fyrir að nota 10 tonna pressubíl með Euro 2 vél sem er 48% nýttur. Að öðru leyti er flutningur sá sami og í ferli 2a.

### 3.3.3. Böggun á PE plastumbúðum og pappírs- og pappaumbúðum.

Umbúðirnar eru baggaðar áður en þær eru fluttar út til endurvinnslu.

#### Forsendur:

- Sömu forsendur eru notaðar og í ferli 2a.

### 3.3.4. Flutningur umbúðaúrgangs til útskipunarhafnar

Sömu forsendur eru notaðar og í ferli 2a.

### 3.3.5. Flutningur frá útskipunarhöfn til endurvinnslu erlendis

Sömu forsendur eru notaðar og í ferli 2a.

### 3.3.6. Endurvinnsla á PE umbúðaplasi og pappírs- og pappaumbúðum

Sömu forsendur eru notaðar og í ferli 2a.

## 3.4. Yfirlit yfir flutningsferli sem notuð voru

Í töflu 3.4 er birt yfirlit yfir þau flutningstæki sem notuð eru fyrir mismunandi flutningsferli greiningarinnar:

**Tafla 3.2** Yfirlit yfir flutningsferli greiningar.

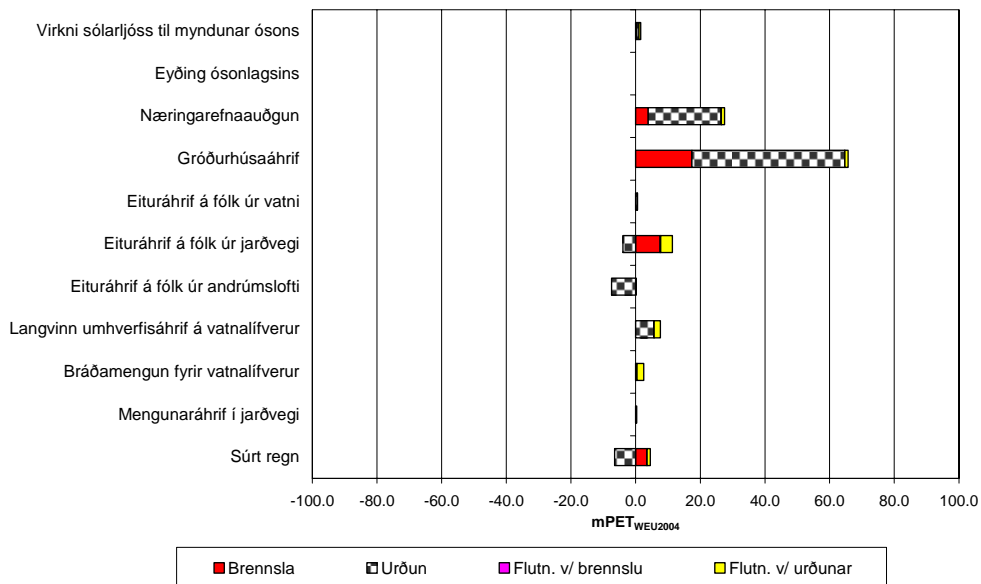
<i>Flutningstæki</i>	<i>Hvenær notað</i>	<i>Athugasemdir</i>
Fólksbíll, 1,4-2.0 lítra með Euro2 vél	Ferli 2a, flutningur umbúða á grenndargám.	Bíll er kaldur í upphafi, tekur 5 kg af umbúðum
10 tonna pressubíll með Euro2 vél. Meðalnýting er 48% en fullhlaðinn tekur bíllinn um 6 tonn.	Ferli 1 (almenn söfnun á umbúðum) og Ferli 2b (heimasöfnun á umbúðum til endurvinnslu).	Með 48% meðalnýtingu er átt við að bíllinn hefur ferð sína tómur en lýkur henni fullhlaðinn.
25 tonna bíll með Euro2 vél. Fullhlaðinn tekur bíllinn um 17 tonn.	Allur flutningur á bæði óbögguðum og böggðuðum umbúðum milli landshluta, frá böggunarstöðum til urðunarstaðar og flutningur á plasti til sorpbrennslu.	Þegar um baggaðan farm er að ræða er nýtingin áætluð vera 100%. Þegar um óbaggaðan farm er að ræða er nýtingin áætluð vera 48%, eða um 8,2 tonn.
Gámaflutningaskip sem tekur mest 14.000 tonna farm.	Flutningur á pappa og PE plasti til Hollands og Svíþjóðar til endurvinnslu.	Áætlað er að skipið sé fulllestað báðar leiðir.

## 4. NIÐURSTÖÐUR

Hér á eftir eru birtar myndir sem sýna niðurstöður útreikninga fyrir hvert ferli, ferli 1, 2a og 2b. Allar niðurstöður hafa verið normaliseraðar og vigtaðar skv. GaBi 4 – EDIP (sjá nánari útskýringu á hugtakinu normalisering og vigtun í ISO 14040 til 14041 og í “Environmental Assessment of products volume 1 og 2” eftir Henrik Wenzel, Michael Hauschild og Leo Alting. Útg. Chapman & Hall árið 1997).

Fyrir hvert af þeim 3 ferlum sem til umfjöllunar eru í þessari skýrslu voru reiknuð út umhverfisáhrif í 11 mismunandi flokkum. Á mynd 4.1 má sjá dæmi um niðurstöðu slíkra útreikninga fyrir ferli 1.

### 4.1. Ferli 1; Óbreytt meðhöndlun, 91% umbúðaúrgangss fer til urðunar og 9% til brennslu.

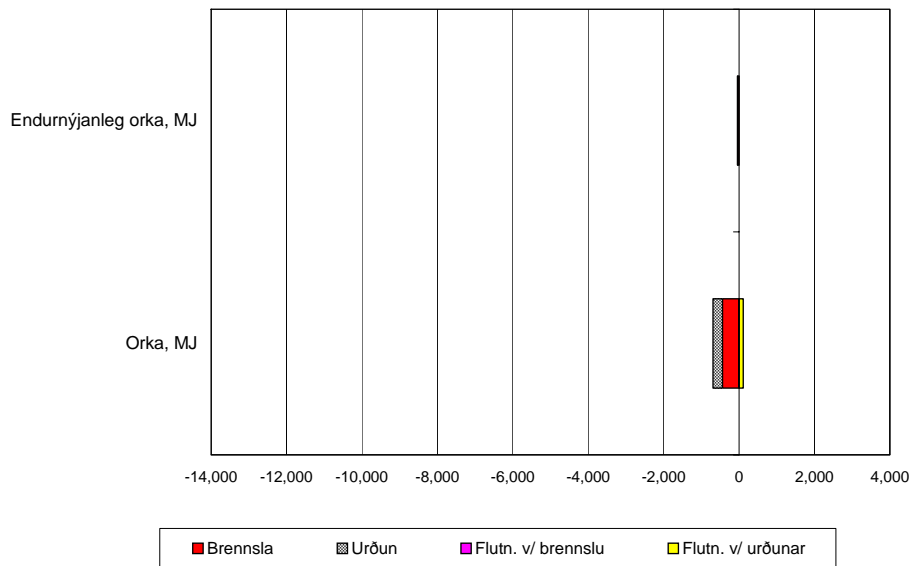


**Mynd 4.1** Umhverfisáhrif í 11 mismunandi flokkum fyrir ferli 1 – meðhöndlun óbreytt frá því sem nú er.

Á mynd 4.1. eru birtar niðurstöður útreikninga fyrir 11 mismunandi flokka umhverfisáhrifa. Á x-ásnum má sjá eininguna  $mPET_{WEU2004}$  og á y-ásnum mismunandi flokka umhverfisáhrifa. Jákvæðar tölur á x-ási tákna neikvæð umhverfisáhrif en neikvæðar tölur á x-ási tákna umhverfisáhrif sem ekki verða eða sparast. Þetta eru áhrif sem ekki verða vegna þess að metangas sem næst að safna frá urðunarstaðnum og nýta í stað olíu í iðnaði og á bíla í stað olíu kemur í veg fyrir að viðkomandi umhverfisáhrif verði. Fyrir hvern flokk umhverfisáhrifa eru sýnd samanlögð neikvæð umhverfisáhrif og umhverfisáhrif sem ekki verða þ.e. nettó umhverfisáhrif fyrir hvert undirferli t.d. brennslu, urðun o.s.frv.

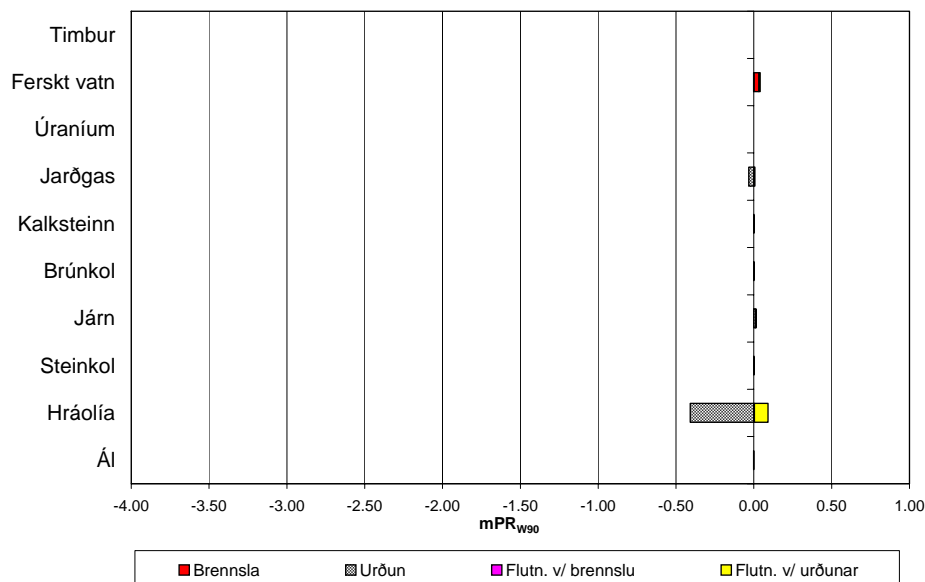
Sjá má að mest eru neikvæð umhverfisáhrifin í flokkunum gróðurhúsaáhrif og næringarefnaauðgun. Gróðurhúsaáhrif verða aðallega vegna þess metangass sem ekki næst að safna en myndast við niðurbrot pappambúða. Næringarefnaauðgun er vegna þess að ammóníum skilar sér í sigvatn við niðurbrot papp í urðunarstaðnum og síðan út í viðtaka. Við það að safna metangasi og nýta í stað olíu í iðnaði og á bíla, verða ekki gróðurhúsaáhrif. Það sést hins vegar ekki beint á myndinni. Myndin sýnir eins og áður segir aðeins nettó áhrif fyrir hvern flokk umhverfisáhrifa fyrir hvert

undirferli, eins og t.d. urðunina. Þannig eru umhverfisáhrif þess metangass sem sleppur út úr urðunarstaðnum meiri en umhverfisáhrif sem ekki verða við það að nota metangas á bíla og í iðnaði.



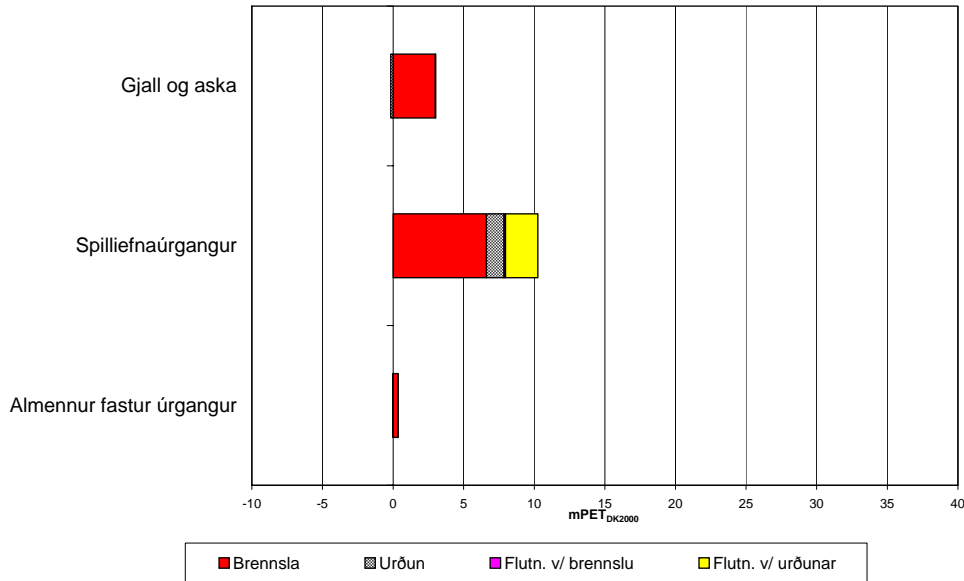
**Mynd 4.2** Orkunotkun fyrir ferli 1.

Mynd 4.2 sýnir að endurnýjanleg orka, raforka, er ekki notuð (sparast) þar sem framleidd er raforka við brennslu umbúðanna. Meiri óendurnýjanleg orka, þ.e. díselolía er ekki notuð og sparast því vegna urðunarinnar. Hafa ber í huga að 91% umbúðanna fer í urðun en 9% í brennslu.



**Mynd 4.3** Notkun auðlinda fyrir ferli 1.

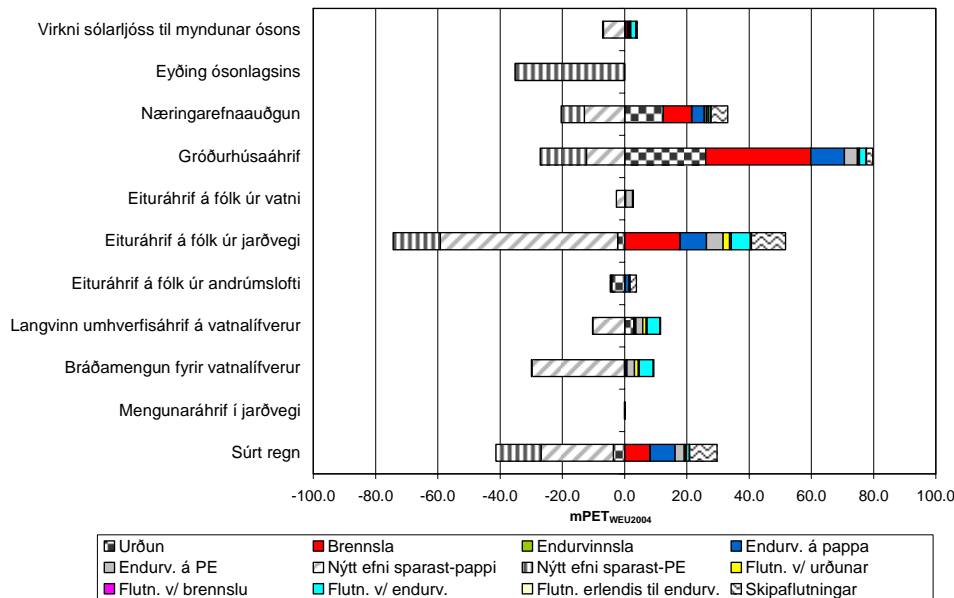
Á mynd 4.3 má sjá að þar sem metangas úr urðunarstaðnum kemur í stað olíu í iðnaði og á bíla sparast hráolíu sem ekki er notkuð sem samsvarar um 0,4 mPR<sub>w90</sub>.



**Mynd 4.4** Úrgangur vegna ferlis 1, núverandi meðhöndlunar umbúða, 91% urðunar og 9% brennslu.

Á mynd 4.4 má sjá að spilliefnaúrgangur myndast aðallega við brennslu á PVC plasti. Gjall og aska myndast við brennslu á umbúðaúrganginum.

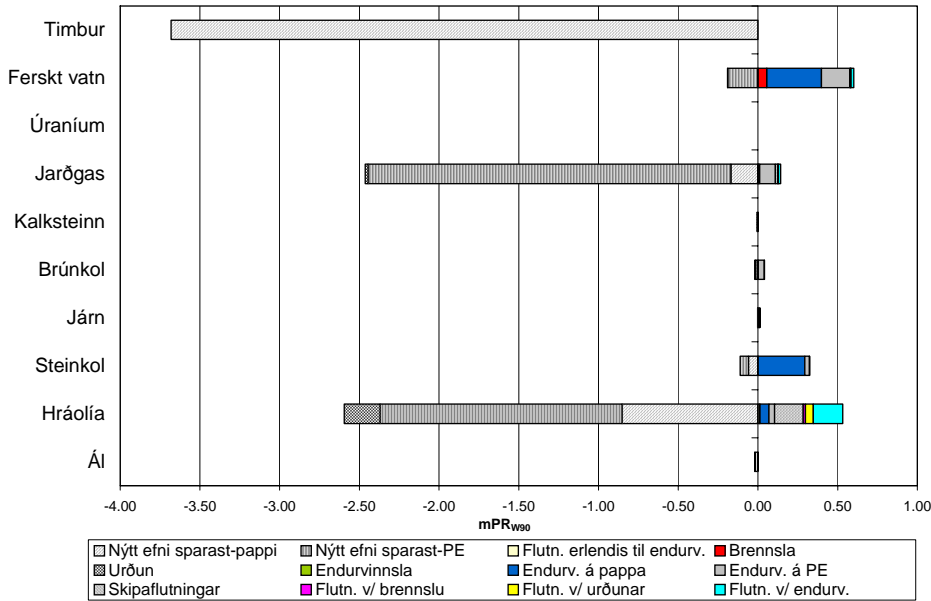
## 4.2. Ferli 2a; Íbúar flytja umbúðir í grenndargáma



**Mynd 4.5** Umhverfisáhrif í 11 mismunandi flokkum fyrir ferli 2a.

Á mynd 4.5 má sjá mikla breytingu á grafinu miðað við ferli 1. Endurvinnsla bæði plasts og pappa hefur mikil áhrif í þá átt að ákveðin umhverfisáhrif verða ekki eða sparast. Endurvinnsluferlin bæði fyrir plast og pappa valda ákveðnum neikvæðum umhverfisáhrifum en þau áhrif eru minni en áhrif sem ekki verða þar sem ekki þarf að framleiða eins mikið af nýrri trjákoðu né nýju PE plasti. Umhverfisáhrif vegna flutninga eru lítið merkjanleg í heildarmyndinni, nema skipaflutningar með endurvinnsluafurðir milli landa. Neikvæð umhverfisáhrif vegna þessara flutninga og endurvinnsluferlisins

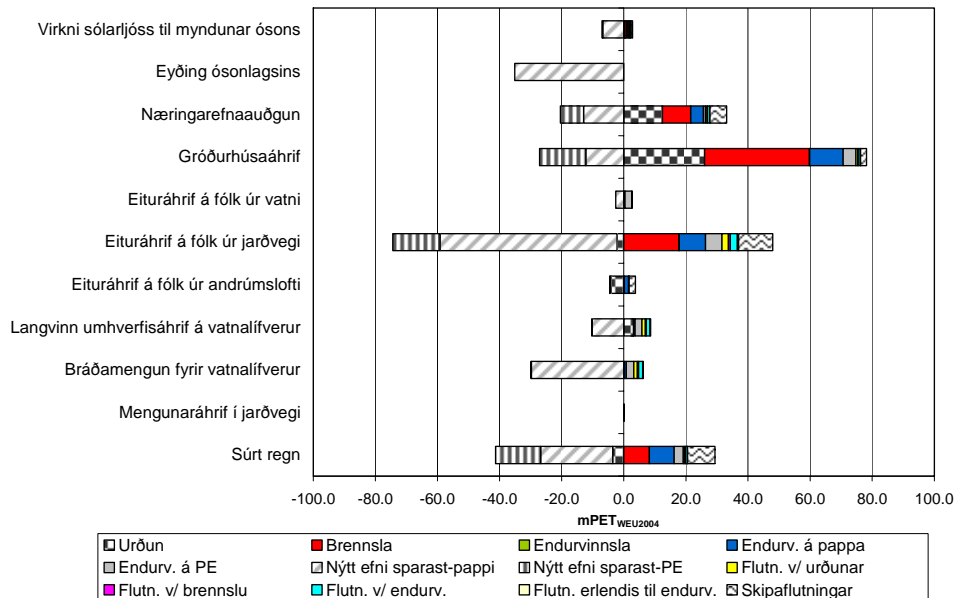
sjálfs eru þó minni en þau jákvæðu áhrif sem verða vegna þess að bæði pappi og PE plast er endurunnið. Umhverfisáhrif vegna framleiðslu á nýjum pappi og PE sparast í raun og gefur okkur því jákvæð áhrif.



Mynd 4.6 Notkun auðlinda í ferli 2a.

Á mynd 4.6 má sjá að endurvinnsla pappi veldur því að nýtt timbur, jarðgas og hráolía sparast aðallega og við endurvinnslu PE plasts sparast aðallega jarðgas og hráolía. Gröf sem sýna orkunotkun og úrgangsmýndun fyrir ferli 2a má finna í viðauka 1.

### 4.3. Ferli 2b, Umbúðaúrgangur er sóttur í sorpbíl til íbúa.



Mynd 4.7 Umhverfisáhrif í 11 mismunandi flokkum fyrir ferli 2b.

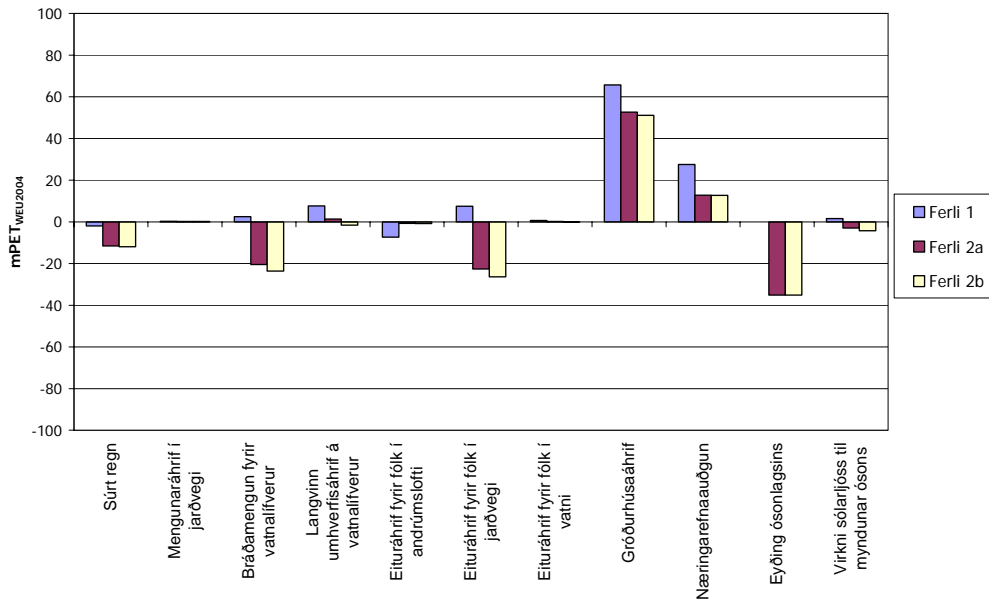
Eins og á mynd 4.6 má sjá á mynd 4.7 fyrir ferli 2a að það er áberandi að endurvinnsla PE plasts og pappi veldur því að komist er hjá neikvæðum áhrifum í flestum þeim 11 flokkum umhverfisáhrifa sem skoðaðir eru. Neikvæð umhverfisáhrif eru helst vegna urðunar, sökum gróðurhúsaáhrifa frá metangasi og næringarofauðgunar vegna



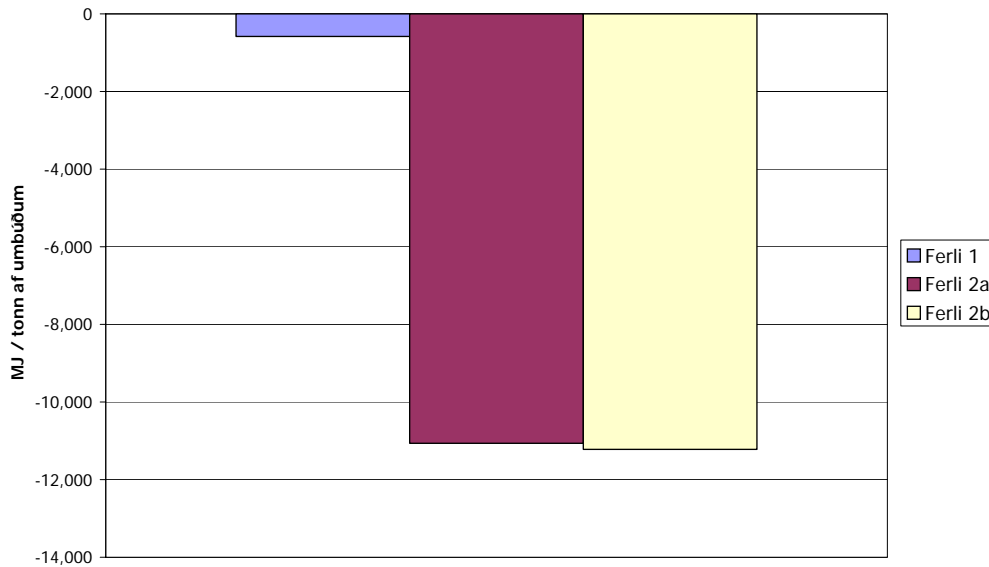


ammóníum í sigvatni urðunarstaðarins, en einnig vegna koldíoxíðsmyndunar við bruna á plasti og pappa og NO<sub>x</sub> myndunar við bruna á PA plasti. Skipaflutningar valda merkjanlegum neikvæðum umhverfisáhrifum en áhrif flutningar á landi eru minna merkjanleg. Gröf sem sýna orkunotkun, notkun auðlinda og úrgangsmýndun má finna í viðauka 1.

#### 4.4. Samanburður á ferli 1, 2a og 2b



Mynd 4.8 Umhverfisáhrif fyrir hvert af ferlum, 1, 2a og 2b.

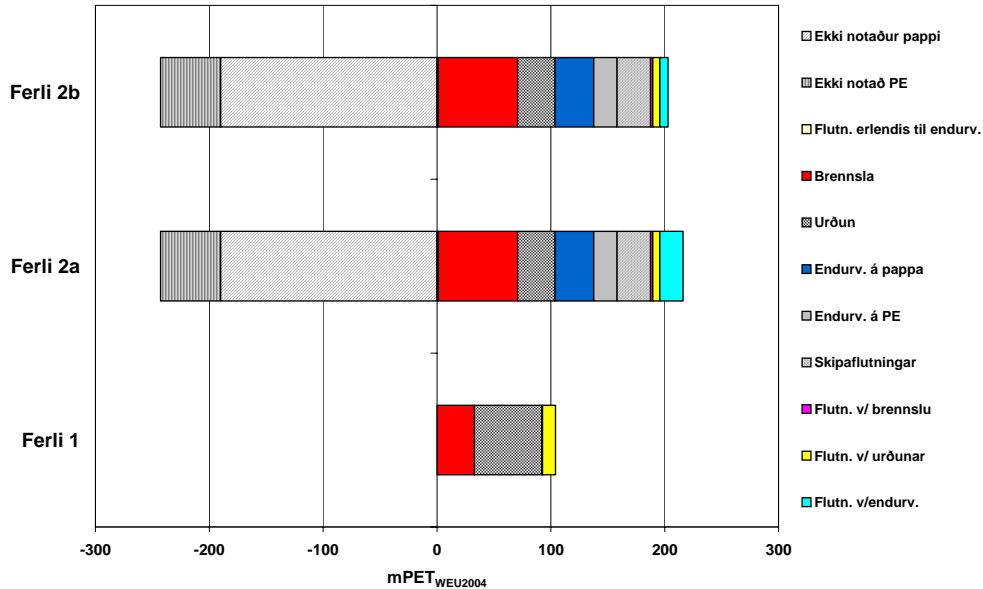


Mynd 4.9 Orkunotkun hvers ferils 1, 2a og 2b.

Á myndum 4.8 og 4.9 má sjá annars vegar umhverfisáhrif og hins vegar orkunotkun allra þriggja ferlanna teiknuð upp á eitt graf. Myndirnar sýna augljósan mun á annars vegar ferli 1 og hins vegar ferlum 2a og 2b. Mismunurinn milli ferla 2a og 2b er aðeins í flutningum og er hann ekki afdráttalaus þar sem vægi flutninga er tiltölulega lítið í heildarmyndinni. Ef einungis er horft á flutninganna (sjá mynd 4.11) má hins vegar

greina mismun þessara tveggja ferla og er vísað til þeirrar umfjöllunar sem fylgir mynd 4.11 hvað þetta varðar.

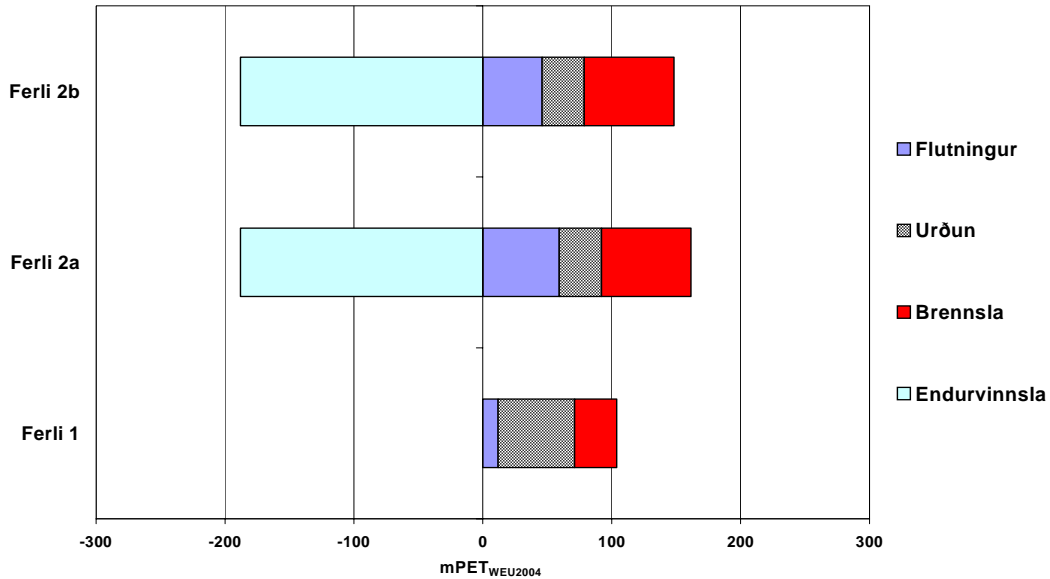
#### 4.5. Samanlögð umhverfisáhrif hvers meðhöndlunarferlis



**Mynd 4.10** Heildarumhverfisáhrif ferla 1, 2a og 2b í einingunni  $mPET_{WEU2004}$ . Sýnd eru hlutfallsleg umhverfisáhrif mismunandi ferla innan hvers meðhöndlunarferils.

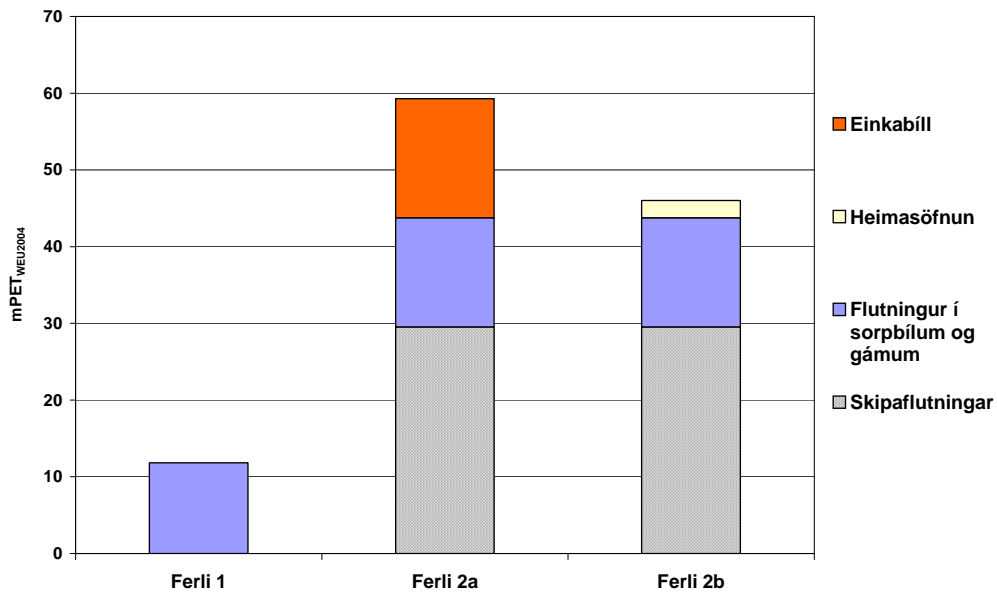
Á mynd 4.10 má sjá samanlögð umhverfisáhrif þeirra 11 áhrifaflokka sem skoðaðir voru, eru fyrir hvert meðhöndlunarferli. Þegar súla hvers meðhöndlunarferlis liggur til hægri, þ.e. tölurnar eru jákvæðar, þá er um neikvæð umhverfisáhrif að ræða. Ef súlan liggur til vinstri og tölurnar eru neikvæðar, þá er um jákvæð umhverfisáhrif að ræða. Sem dæmi má sjá á mynd 4.10 fyrir ferli 2a og 2b að bæði "ekki notaður pappi" og "ekki notað PE" gefur jákvæð umhverfisáhrif vegna þess að ekki þarf að koma til framleiðslu á nýju PE plasti og trjákvöðu þar sem endurvinnsla á sér stað. Jákvæð umhverfisáhrif vegna söfnunar og notkunar hauggass frá urðunarstaðnum greinist ekki í ferli 1 þar sem þau áhrif leggjast við neikvæð umhverfisáhrif vegna metangass sem sleppur út úr urðunarstaðnum og neikvæðu áhrifin eru því stærri.

Þannig má sjá að ferli 1 veldur neikvæðum umhverfisáhrifum sem nema um 100  $mPET_{WEU2004}$  en ferli 2a og 2b valda nettó sparnaði á neikvæðum umhverfisáhrifum sem nema um 25 til 40  $mPET_{WEU2004}$ .



**Mynd 4.11** Heildarumhverfisáhrif ferla 1, 2a og 2b í einingunni  $mPET_{WEU2004}$ . Sýnd eru hlutfallsleg umhverfisáhrif urðunar, brennslu, endurvinnslu og flutninga.

Á mynd 4.11 má sjá hver umhverfisáhrif endurvinnslu, brennslu, urðunar og flutninga er innan hvers meðhöndlunarferlis. Ef litið er t.d. á endurvinnsluferlið þá er það samsett úr fjórum atriðum frá mynd 4.10 sem eru: “ekki notaður pappi”, “ekki notað PE”, “endurvinnsla á pappa” og “endurvinnsla á PE”. Fyrir liðinn *flutningur* á mynd 4.11 hefur sömuleiðis allur flutningur sem sést sundurliðaður í hverju meðhöndlunarferli á mynd 4.10 verið lagður saman. Þetta gerir það að verkum að myndir 4.10 og 4.11 eru ekki eins útlitslega en heildarniðurstaða hvers ferlis þ.e. heildar umhverfisáhrifin eru þau sömu. Vistferilsgreiningin sýnir að fyrir meðhöndlunarferlin 2a og 2b, sem byggja á endurvinnslu, er það umhverfislega hagstætt að endurvinna. Jákvæð umhverfisáhrif eru meiri en þau neikvæðu.



**Mynd 4.12** Hlutfallsleg umhverfisáhrif mismunandi flutnings.

Á mynd 4.12 má sjá samantekin umhverfisáhrif mismunandi flutninga fyrir hvert meðhöndlunarferli. Í ferli 1 táknar *flutningar* alla flutninga með umbúðirnar á landi, bæði hirða og flutningur á urðunarstað. Fyrir ferli 2a og 2b táknar *heimasöfnun* og *einkabíll* flutning frá heimili að grenndargám en *flutningur* táknar allan annan landflutning þ.e. frá grenndargám til brennslustöðva, urðunarstaðs og til eða frá útskipunarhöfn. Sjá má að umhverfisáhrif af völdum flutnings á umbúðum til endurvinnslu erlendis eru jafn mikil til tvöfalt meiri en annar flutningur fyrir ferli 2a og 2b. Einnig má sjá að flutningur með einkabíl miðað við þær forsendur sem gefnar voru veldur mun meiri neikvæðum umhverfisáhrifum en söfnun úrgangs með sorphirðubílum. Það er mat ráðgjafa að til að taka ákvörðun um það hvort skilakerfi eða innsöfnunarkerfi sé hagstæðara út frá umhverfissjónarmiðum sé mikilvægt að afla meiri grunnupplýsinga um flutningavegalengdir, nýtingu bíla, tíðni o.fl. og gera næmnipróf á líkaninu m.t.t. til flutninga (sjá túlkun niðurstaðna).

#### 4.6. Túlkun niðurstaðna

Helstu niðurstöður greiningarinnar má draga saman í eftirfarandi atriði:

Megin niðurstaða þessarar vistferilsgreiningar er að ferli 1 sem er óbreytt meðhöndlun á pappa og plastumbúðum veldur mestum neikvæðum umhverfisáhrifum og það er umhverfislega mun hagstæðara að endurvinna pappa og plast. Sömuleiðis má koma í veg fyrir notkun á margfalt meiri orku og auðlindum við endurvinnsluferlin 2a og 2b en við núverandi meðhöndlunarferli 1. Mismunurinn á milli núverandi meðhöndlunar og endurvinnsluferlanna tveggja er mjög afdráttarlaus hvað þetta varðar. Þannig má sjá að ferli 1 veldur neikvæðum umhverfisáhrifum sem nema um 100 mPET<sub>WEU2004</sub> en ferli 2a og 2b valda nettó sparnaði á neikvæðum umhverfisáhrifum sem nema um 25 til 40 mPET<sub>WEU2004</sub>.

- Mismunurinn á milli ferla 2a og 2b er hins vegar ekki afdráttarlaus. Miðað við þær forsendur sem gefnar eru í þessari greiningu er umhverfislega hagstæðara að safna pappa og plastumbúðum frá íbúum en að þeir skili þessum umbúðum á grenndarstöðvar. Þessi niðurstaða er mjög háð þeim forsendum sem gefnar eru varðandi flutningavegalengdir, þéttleika grenndarstöðva, val á flutningabíl, tíðni innsöfnunar og tíðni skila hjá íbúum. Gert er ráð fyrir að endurvinnsluhlutfallið sé það sama fyrir bæði söfnunarkerfin en þar sem þetta hlutfall skiptir mjög miklu máli fyrir heildar umhverfisáhrifin og líklegt er að meira safnist inn af endurvinnanlegum umbúðum ef þær eru sóttar til íbúa (sbr. 2b) er nauðsynlegt að skoða ferlin fyrir mismunandi söfnunarhlutfall. Þar sem komist er hjá því að nota auðlindir/orku og minni neikvæð umhverfisáhrif verða við meiri endurvinnslu skiptir þetta hlutfall mjög miklu máli fyrir heildarniðurstöðuna. Til að meta hvort skilakerfið (ferli 2a) eða innsöfnunarkerfið (ferli 2b) valdi minni neikvæðum umhverfisáhrifum er því nauðsynlegt að gera útreikninga fyrir fleiri möguleika m.t.t. vegalengda og bílakosts.
- Neikvæð umhverfisáhrif landflutninga með einkabílum og flutningabílum í endurvinnsluferlum 2a og 2b eru tiltölulega lítil miðað við þau jákvæðu umhverfisáhrif sem verða af endurvinnslunni. Skipaflutningarnir valda jafnmiklum til tvöfalt meiri umhverfisáhrifum en landflutningarnir í meðhöndlunarferlum 2a og 2b. Mikilvægt er eins og áður sagði að skoða fleiri útfærslur af flutningaferlunum m.t.t. vegalengda og bílakosts til að fá skýrari mun á skilakerfi skv. ferli 2a og innsöfnunarkerfi skv. ferli 2b.
- Fyrir urðun eru neikvæð umhverfisáhrif þess metans sem ekki næst að safna og losnar út í umhverfið meiri en jákvæð áhrif af þeim sparnaði sem verður á díselolíunotkun. Ástæða þessa er að metangas veldur 25 sinnum meiri



gróðurhúsaáhrifum en koldíoxíð sem losnar við bruna díselolíu. Því er umhverfislega mjög mikilvægt að safna og fanga metangas úr urðunarstöðum þar sem pappaumbúðir eru urðaðar og brenna metangasi í stað brennslu jarðefnaeldsneytis.

#### 4.7. Frekari athuganir

- Athuga þarf mismunandi söfnunarhlutfall fyrir pappa og plast fyrir bæði skil og söfnun á umbúðum til endurvinnslu (ferli 2a og 2b).
- Skoða þarf áhrif endurvinnslu annarra plasttegunda, t.d. PA, PP og PET. Í því sambandi þarf að skoða raunverulega endurvinnslukosti.
- Safna þarf frekari gögnum um það hvaða plastumbúðir er raunhæft að fá íbúa til að flokka frá heimilisúrganginum og meta umhverfisáhrif þess hluta t.d. PE brúsa og íláta, PP íláta og PET flöskur.
- Gera þarf útreikninga á umhverfisáhrifum fyrir mismunandi vegalengdir, tíðni losunar og söfnunar og mismunandi bílakost. Þannig má greina mismun skilakerfis (2a) og innsöfnunarkerfis (2b).
- Gera þarf útreikninga fyrir mismunandi söfnun og nýtingu hauggass í ferli 1.

## LOKAORÐ

Markmið þessa verkefnis var að nota vistferilsgreiningu (LCA) til að bera saman umhverfisáhrif mismunandi aðferða við að meðhöndla plast- og pappambúðir sem í dag fara í almennt sorp á heimilum. Skoðuð voru tvö megin ferli, annars vegar meðhöndlun plast og pappambúða eins og hún er á landinu í dag og hins vegar framtíðarlausn sem er endurvinnsla papp og pappírsumbúða og PE plasts sem og brennsla á öðru umbúðaplasi.

Vistferilsgreiningin sýnir á ótvíræðan hátt að endurvinnsla papp- og PE plastumbúða ásamt brennslu á öðru plasi er umhverfislega hagstæðara en óbreytt meðhöndlun þessa úrgangs. Þannig má sjá að ferli 1 veldur neikvæðum umhverfisáhrifum sem nema um 100 mPET<sub>WEU2004</sub> en ferli 2a og 2b valda nettó sparnaði á neikvæðum umhverfisáhrifum sem nema um 25 til 40 mPET<sub>WEU2004</sub>.

Fyrir framtíðarlausnina voru lagðir upp tveir kostir varðandi innsöfnun á umbúðum frá heimilum, annars vegar skilakerfi og hins vegar söfnunarkerfi. Greiningin sýndi miðað við þær forsendur sem gefnar voru að söfnunarkerfið sé umhverfislega hagstæðara. Þessar niðurstöður eru mjög háðar þeim forsendum sem gefnar eru og til að skera úr um hvor söfnunin sé hagstæðari er nauðsynlegt að gera næmniprófun á niðurstöðunum sem og að skilgreina forsendur enn frekar.

Vistferilsgreining er fagleg aðferð til að meta umhverfisáhrif vöru eða þjónustuferlis. Aðferðin er alþjóðlega viðurkennd og stöðluð og mikið notuð sem hjálpartæki við ákvörðunartöku stjórnvalda er varðar ýmsa þætti, t.d. í tengslum við skipulagningu úrgangsmála, við samgöngumál, skilgreiningu á bestu fánlegri tækni og við umhverfismerkingar á vörum eða þjónustu. Við framkvæmd þessarar vistferilsgreiningar var notaður hugbúnaðurinn GaBi 4–EDIP.

Hér á Íslandi hefur þessari aðferðarfræði hins vegar lítið verið beitt nema í rannsóknarskyni. Þetta er því tímamótaverkefni sem ryður vonandi brautina fyrir frekari notkun aðferðafræðinnar við faglega úttekt á umhverfisáhrifum vöru og þjónustu af einhverju tagi.



## HEIMILDASKRÁ

1. Úrvinnslusjóður (2002): Samsetning söluumbúða á Íslandi árið 2002.
2. SORPA: Ársskýrsla. Sorpeyðing Höfuðborgarsvæðisins bs., Reykjavík, Ísland. 2003.
3. Línuhönnun: Vistferilsgreining, "Icelandic comparative case study – landfill, biocell, compost", 2002.
4. Wenzel, H., Hauschild, M., Alting, L., "Environmental assessment of products, volume 1 and 2", Chapman and Hall, 1997.
5. Erichsen, H.L., Hauschild, M., "Technical data for waste incineration"
6. Reimann, D.O., Hammerli, H., "Verbrennungstechnik für Abfälle in Theorie und Praxis", Bamberg, 1995.
7. Dalager et al, 1995.
8. Ökoinventare von Energiesystemen, Laboratorium für Energiesysteme, ETH, Zurich, UCPTE, 1997.
9. European Plastics Industry, APME, 1999.
10. ISO 14040-43 – Life Cycle Assessments.
11. Úrvinnslusjóður (2005): Samtöl við Ólaf Kjartansson, framkvæmdastjóra og Írisi Gunnarsdóttur, sérfræðing.
12. SORPA (2005): Samtal við Björn Halldórsson, yfirverkfræðing þróunar- og tæknisviðs SORPU.
13. Force Technology (2005): Samtöl við Jan Poulsen, sérfræðing í vistferilsgreiningum og GaBi hugbúnaðinum.





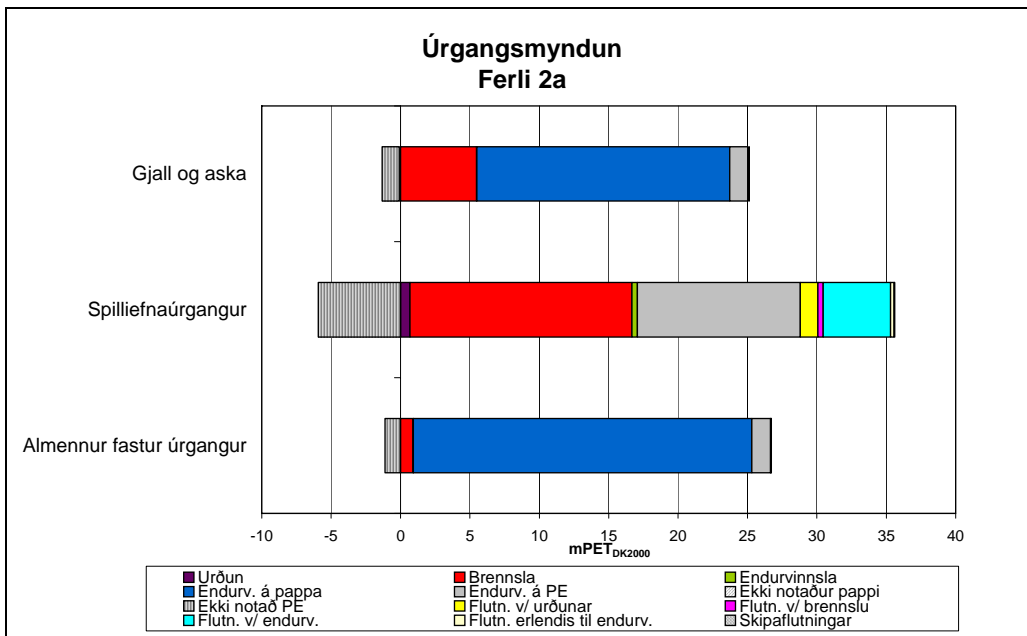
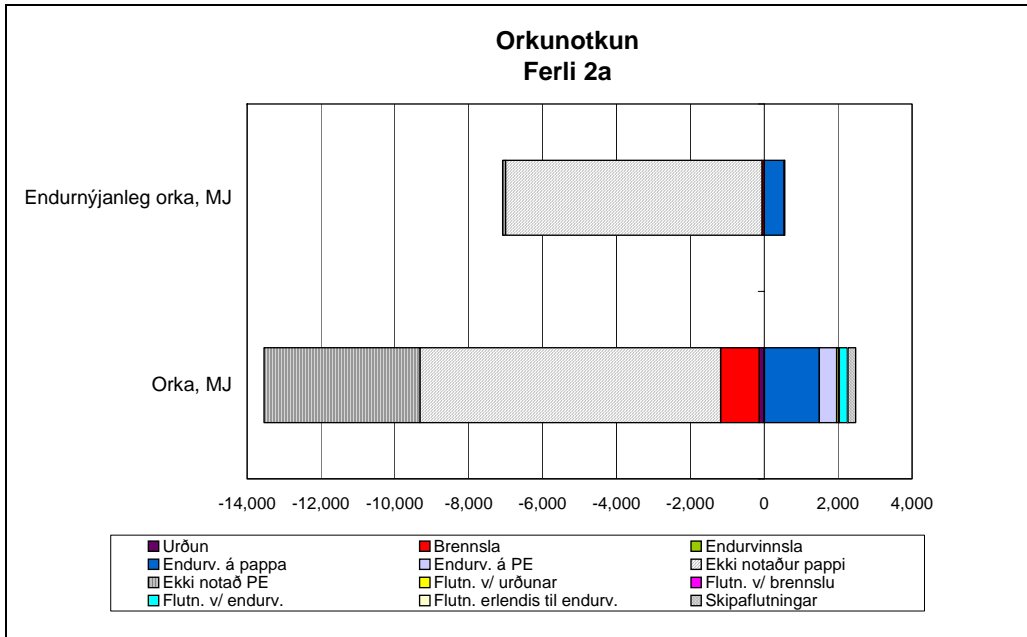
## VIÐAUKI 1

Í viðauka 1 eru birtar niðurstöður fyrir útreikning á eftirfarandi:

Ferli 2a; Orkunotkun og úrgangsmýndun

Ferli 2b; Orkunotkun, notkun auðlinda og úrgangsmýndun.

**Ferli 2a:**





Ferli 2b:

