



Skýrsla nr. C25:02
Endurvinnsla á drykkjarfernum
kostnaðar- og ábatagreining
september
2025

HAGFRÆÐISTOFNUN



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Hagfræðistofnun Háskóla Íslands

Odda við Sturlugötu

Sími: 525-5284

Heimasíða: www.hhi.hi.is

Tölvufang: ioes@hi.is

Skýrsla nr. C25:02
Endurvinnsla á drykkjarfernum
kostnaðar- og ábatagreining
september
2025

Formáli

Haustið 2024 sömdu Úrvinnslusjóður og Hagfræðistofnun um að stofnunin greindi kostnað og ábata af endurvinnslu á drykkjarfernum. Skoðaðir yrðu nokkrir kostir sem fælu í sér vinnslu erlendis, þar á meðal það að fernurnar yrðu sendar til útlanda með öðrum pappa og að þær yrðu flokkaðar frá pappanum hér á landi. Ef nægar upplýsingar bærust yrðu einnig skoðaðar nokkrar leiðir við að safna fernunum hér á landi, þar á meðal að þeim yrði safnað sérstaklega í grenndargáma, þeim yrði safnað í sérstaka söfnunarstöð og að skilagjald yrði sett á þær.

Kári Kristjánsson auðlindahagfræðingur er aðalhöfundur þessarar skýrslu, en ég hef einnig komið að gerð hennar.

Við fengum gagnlegar upplýsingar frá Þorfinni Kristni Árnasyni, Davíð Þór Jónssyni, Valgeiri Matthías Baldurssyni og fleiri starfsmönnum Terra, Torfa Jóhannssyni hjá Sorpu, Kjell van Bergen sölustjóra Peute í Hollandi og Martin Holmberg hjá Stena Recycling í Svíþjóð.

Tveir óháðir sérfræðingar rýndu skýrsluna og eru þeim færðar þakkir fyrir margar góðar ábendingar.

Hagfræðistofnun, september 2025,
Sigurður Jóhannesson.

Ágrip

Ekki er ljóst hve mikið fellur til af tómun drykkjarfernum hér á landi, en líklega eru það á bilinu 500-1000 tonn á ári. Í greiningunni hér á eftir er miðað við 600 tonn, en það er ekki nákvæmt mat. Ef rétt tala er hærri kann flokkun í vélum að vera hagkvæmari en hér er gert ráð fyrir, en að líkindum breytir það ekki meginniðurstöðunum. Í skýrslunni eru skoðaðar nokkrar aðferðir við að endurvinnna þær. Við skoðum síðan kostnað og ábata við hverja aðferð. Í stuttu máli má lýsa aðferðunum þannig:

1. Öllum pappa og pappírsumbúðum, alls um 20 þúsund tonnum á ári, yrði safnað saman og þær sendar úr landi í endurvinnslu án þess að drykkjarfernur séu skildar frá.
2. Öllum pappa og pappírsumbúðum yrði safnað saman og þær sendar úr landi í blönduðum böggum til flokkunarstöðvar sem skilur fernurnar frá. Pappi og fernur fara síðan í endurvinnslu, hvort á sinn stað.
3. Fernur yrðu skildar frá öðrum pappa og pappírsumbúðum í flokkunarvélum hér á landi og sendar til útlanda til endurvinnslu hvort í sínu lagi.
4. Fernum yrði safnað á heimilum og í fyrirtækjum og þær settar í sérstaka plastpoka í bláu tunnuna (pappírstunnuna). Pokarnir yrðu síðan tíndir frá og sendir úr landi í sérstaka endurvinnslu.

Drykkjarfernur þurfa að vera lengur í uppleysilegi en venjulegur pappi til þess að pappírinn leysist upp. Lögurinn vinnur ekki á þeim nema að mjög litlu leyti þegar þær eru með öðrum pappa og pappírsumbúðum. Þess vegna þýðir aðferð 1 að drykkjarfernur eru almennt ekki endurunnar, heldur sendar til orkuendurnýtingar, en það þýðir að þeim er brennt í orkuverum í stað kola eða annarra orkugjafa. Í kostum 2,3 og 4 eru fernurnar skildar frá öðrum pappa og pappírsumbúðum og endurunnar sérstaklega. Gert er ráð fyrir að þá takist að endurvinnna 93% af pappír í fernunum, en annað efni úr þeim sé nýtt í orkuendurnýtingu.

Í aðferð 2 og 3 eru fernur flokkaðar frá öðrum pappa og pappírsumbúðum í flokkunarvélum. Í aðferð 2 er það gert erlendis og í aðferð 3 hér á landi. Í aðferð 4 safnar fólk fernum í sérstaka poka heima og í vinnu. Pokarnir fara með öðrum pappa og pappír í endurvinnslutunnur, en gert er ráð fyrir að einfalt sé að flokka þá frá. Árangur er kominn undir þátttöku almennings. Ef enginn tekur þátt í söfnuninni verður aðferð 4 eins og aðferð 1. En ef allir gera það verður hún eins og aðferð 3, nema hvað fernurnar eru ekki flokkaðar frá öðrum pappa í vél. Ef þátttaka í söfnuninni er lítil má skoða þann kost að taka upp skilagjald fyrir drykkjarfernur, sem skilað yrði í sérstakar söfnunarstöðvar.

Í töflunni hér á eftir er borinn saman kostnaður Íslendinga af þessum fjórum aðferðum. Beinn kostnaður er það sem greitt er fyrir flokkun og endurvinnslu á öllum

pappa og pappír. Gert er ráð fyrir að allur pappi sé alltaf sendur úr landi til endurvinnslu. Sendingarkostnaður skiptir því ekki máli í samanburðinum. Íslendingar borga erlendum endurvinnslustöðvum fyrir að taka við drykkjarfernum og öðrum pappa og pappír, en ekki er gert ráð fyrir að þeir fái greitt fyrir endurunninn pappa eða úrgang sem sendur er til orkuendurnýtingar. Á hinn bóginn er lítið svo á að Íslendingar beri kostnað af losun gróðurhúsalofttegunda í endurvinnslunni. Meira losnar af koltvísýringsígildum þegar drykkjarfernur brenna en þegar notast er við kol, sem gefa jafnmikla orku. Notað er mat Alþjóðabankans á því hvað kg af CO₂ þarf að kosta til þess að losunarmarkmið Parísarsáttmálans rætist. Matið er ekki langt frá verði á losunarheimildum í viðskiptakerfi Evrópusambandsins.

Í öllum aðferðunum fjórum fer plast og ál úr fernunum í orkuendurnýtingu. Þar sem alltaf er farið eins með þessi efni kemur kostnaður við brennsluna ekki til skoðunar hér. Gott er þó að hafa í huga að ætla má að hagkvæmara verði að aðskilja fernurnar frá öðrum pappír og pappa ef ódýrara verður að vinna úr þeim ál og plast.

Samanburður á kostnaði á einu ári við nokkrar aðferðir, fjárhæðir í milljónum króna

	Aðferð 1	Aðferð 2	Aðferð 3, lítill nýting*	Aðferð 3, mikil nýting*	Aðferð 4, lítill þátttaka**	Aðferð 4, mikil þátttaka**
Fernur, tonn	600	600	600	600	600	600
þ.a. endurunninn pappi, tonn	-	440	440	440	40	400
Flokkun, endurvinnsla, kostnaður í milljónum króna	117	364	480	320	118	119
Losun, orkuendurnýting, kostnaður í milljónum króna	1,5	0,1	0,1	0,1	1,3	0,2
Losun, akstur, kostnaður í milljónum króna	9,3	25,1	9,4	9,4	9,3	9,4
Samtals, kostnaður	128	389	489	329	128	129

*Aðferð 3 lítill nýting: 5.000 tonn af pappa og pappírsumbúðum fara gegnum flokkunarvél á ári.

*Aðferð 3 mikil nýting: 20.000 tonn af pappa og pappírsumbúðum fara gegnum flokkunarvél á ári.

**Án söfnunarkostnaðar. Ef fáir setja drykkjarfernur í sérstakar umbúðir munar litlu á þessari aðferð og aðferð 1. Heimildir: Eigin útreikningar. Ekki er horft á þann kostnað sem er eins í öllum aðferðum.

Samkvæmt töflunni kemur aðferð 1 best út, en ekki munar miklu á henni og aðferð 4. Í aðferð 4 er ekki áætlaður kostnaður heimila og fyrirtækja af því að setja drykkjarfernur í plastpoka eða af því að flokka pokana frá öðru sem fer í bláu tunnurnar. Taflan sýnir stöðuna eins og hún er núna en gert er ráð fyrir útblástursheimildir hækki í verði með tímanum. Meiri úrgangur fer í orkuendurnýtingu í aðferð 1 en í aðferð 4. Flestir gera ráð fyrir að virði koltvísýrings hækki hratt á komandi árum. Verðhækkunin verður til þess að munur á kostnaði við losun í aðferð 1 og aðferð 4 eykst. Aðferð 4 verður því ákjósanlegri þegar tímar líða.

Efnisyfirlit

Meðferð á drykkjarfernum á Íslandi	7
Takmörkuð endurvinnsla á drykkjarvöruumbúðum í Evrópulöndum	7
Endurvinnsluhlutfall pappa og pappírsumbúða í Evrópu	9
Úrvinnsluaðferðir til skoðunar	9
Kostnaður og ávinningur – án umhverfiskostnaðar	12
Umhverfisáhrif endurvinnslu á pappa	14
Losun vegna orkuendurnýtingar	17
Samantekt	19

Meðferð á drykkjarfernum á Íslandi

Samkvæmt yfirliti Úrvinnslusjóðs voru 19.300 tonn af pappa og pappírsumbúðum send úr landi til endurvinnslu árið 2020.¹ Stefán Gíslason telur að drykkjarfernur séu líklega 3-5% af pappa og pappírsumbúðum, en það væru 500-1000 tonn á ári.² Torfi Jóhannsson hjá Sorpu telur að hlutfallið sé nærri 2½% þar.³ Í greiningunni hér á eftir er miðað við að 20.000 tonn á ári falli til af pappír og pappa á ári og þar af séu drykkjarfernur 3%, eða 600 tonn. Þetta eru ónákvæmar tölur, en meiri nákvæmni mundi sennilega ekki breyta meginniðurstöðunum.

Þegar lífræn efni eru urðuð myndast metan, sem er miklu skaðlegri gróðurhúsalofttegund en koltvísýringur. Meðal annars þess vegna er stefnt að því að banna urðun pappírs og pappa hér á landi frá og með árinu 2028.⁴ Þótt urðun pappírs og pappa sé ekki enn bönnuð hér á landi er yfirleitt litið svo á að sá kostur komi ekki til greina. Þá er eftir að skoða einhvers konar endurnýtingu. Pappi og pappír er leystur upp í endurvinnslustöðvum og búinn til nýr pappír. Því sem ekki er hægt að endurvinna er brennt í orkuverum. Þar verður til rafmagn og hiti þetta er hér kallað orkuendurnýting. Hvorki endurvinnsla né orkuendurnýting er enn í boði hér á landi og því verður að senda allan pappa og pappírsumbúðir úr landi. Á Íslandi er drykkjarfernum safnað með öðrum pappa og pappír, þótt þær séu samsettar úr öðrum efnum að hluta. Um 75% af fernunum er pappír, 21% plast og 4% ál.⁵ Stefán Gíslason (2023) bendir á að Íslendingar standi við tölusett markmið um endurvinnslu pappírsumbúða, þó að ekki takist að endurvinna pappa og önnur efni úr pappírfernum og þær endi í orkuendurnýtingu. Markmiðin ná til allra umbúða úr pappír og pappa og þau náist, þó að fernurnar séu aðeins endurnýttar að litlum hluta.⁶ Áður voru þær sendar í endurvinnslu með öðrum pappa og það þýddi að þær voru aðeins að litlu leyti endurunnar. En nú eru drykkjarfernur mestmegnis tíndar úr öðrum pappa og meðhöndlaðar í sérstökum verksmiðjum sem ráða betur við þær.

Takmörkuð endurvinnsla á drykkjarvöruumbúðum í Evrópulöndum

Umhverfissamtök drykkjarvöruframleiðenda (e. Alliance for Beverage Cartons and the Environment) halda því fram að árið 2019 hafi 51% af drykkjarfernum í Evrópusambandinu verið endurunnar. Aðrir efast um þetta. Meðal annars er bent á

¹ Úrvinnslusjóður, 2021, Endurvinnsla eykst á milli ára, sótt af: https://www.urvinnslusjodur.is/um-urvinnslusjod/utgafa/tilkynningar/endurvinnsla-eykst-a-milli-ara?utm_source=chatgpt.com

² Stefán Gíslason, 2023, Afdrif drykkjarferna, hvað verður um fernur sem sendar eru frá Íslandi til endurvinnslu erlendis?, bls. 7.

³ Torfi Jóhannsson, tölvupóstur til Kára Kristjánssonar 9. janúar 2025.

⁴ Umhverfis- orku og loftslagsráðuneytið, 2024, Formáli, uppfærsla aðgerðaáætlunar í loftslagsmálum, kafli S.7.B4. Sótt af: <https://samradapi.island.is/api/Documents/cf1138cc-8f2c-ef11-9bc3-005056bcce7e>

⁵ Stefán Gíslason, 2023, bls. 14.

⁶ Stefán Gíslason, 2023, bls. 7-8.

að ekki sé rétt að miða við kíló af drykkjarfernum sem fari í endurvinnslu, því að þeim fylgi matarleifar sem ekki hafi tekist að hreinsa burt. Úttekt, sem Eunomia, fyrirtæki, sem gefur ráð um umhverfismál, gerði fyrir nokkrum árum í Þýskalandi, Svíþjóð, Bretlandi og á Spáni, benti til þess að mest væri endurunnið af drykkjarfernum í Þýskalandi, tæp 48%, en 20-30% í hinum löndunum. Í þessum löndum er fernum oftast safnað beint frá heimahúsum. Þær eru þá með öðru rusli, þótt einnig sé tekið við þeim í sérstökum söfnunarstöðvum.⁷ Í Danmörku er algengt að drykkjarfernum sé safnað með plasti og það þekkist líka í Noregi.⁸ Í mörgum Evrópulöndum er fernum líka safnað með flöskum og dósum.⁹ Norræn ríki virðast sérstæð að því leyti að þar er algengast að drykkjarfernum sé safnað með öðrum umbúðum úr pappír og pappa.¹⁰ Í leiðbeiningum Samtaka pappírsframleiðenda í Evrópu (CEPI) er mælt með því að drykkjarvöruumbúðum sé safnað með flöskum og dósum og að farið sé með þær í pappírsverksmiðjur sem ráða við sérhæfðar umbúðir.¹¹

Sem fyrr segir er bæði ál og plast í drykkjarfernum. Venjulegar pappírsvinnslur ráða illa við þær. Þar er óflokkaður pappi oftast hafður 2-4 mínútur í uppleysilegi, en það nægir ekki til þess að leysa upp pappírstrefjar í drykkjarfernum. Þess vegna telur Eunomia óhentugt að meðhöndla drykkjarfernur með öðrum pappa. Best sé að eiga við þær í einhverjum af 20 verksmiðjum í Evrópu, sem sérhæfðar séu í því. Þar séu fernurnar jafnan í leysilegi í um það bil 20 mínútur. Hvorki ál né plast er endurunnið í neinu af löndunum fjórum, sem skoðuð voru, en fyrir nokkrum árum var ráðgert að opna verksmiðju í Þýskalandi sem réði við það. Erfitt er að nota endurnnar trefjar í drykkjarfernur, því að þær þurfa að hafa sérstaka eiginleika. Það er niðurstaða Eunomia að skilagjald á drykkjarfernum leiði til hæsts endurvinnsluhlutfalls. Góð reynsla sé af skilagjaldi af öðrum drykkjarvöruumbúðum. Vel hönnuð kerfi með skilagjaldi skili 80-99% umbúða í endurvinnslu. En í slíku kerfi þyrfti að bæta við verksmiðjum sem sérhæfðu sig í því að endurvinna drykkjarfernur. Þær þyrftu að vera víða og tengdar góðu flutningskerfi.¹² Endurvinnsla er raunar aðeins ein af ástæðum þess að skilagjald er lagt á umbúðir. Skilagjald dregur til dæmis úr líkum á að umbúðum sé fleygt á víðavangi. Þá vilja menn stundum safna saman hættulegum efnum sem kunna að vera í umbúðunum. Fjárhæð skilagjalds ræður miklu um endurheimtuhlutfallið. Í nýlegri samantekt OECD um endurheimtur á drykkjarvöruumbúðum með skilagjaldi eru skoðuð 26 dæmi. Endurheimtuhlutfallið er frá 50% og upp undir 100%. Það hækkar með gjaldinu, en fleira hefur áhrif, meðal annars hve erfitt er að hreinsa umbúðirnar og hve mikil fyrirhöfn er að geyma þær.

⁷ Eunomia, 2020, Recycling of multilayer composit packaging: the beverage carton. A report on the recycling rates of beverage cartons in Germany, Spain, Sweden and the UK, december.

⁸ Stefán Gíslason, 2023, bls. 9.

⁹ Stefán Gíslason, 2023, bls. 10.

¹⁰ Stefán Gíslason, 2023, bls. 10.

¹¹ EN 643 European List of Standard Grades of Paper and Board for Recycling. Guidance on the revised EN 643. Sótt af: [CEPI EN 643 brochure4 CEPI brochure](#), sjá einnig Environice, 2023, bls. 33.

¹² Eunomia, 2020, Recycling of multilayer composit packaging: the beverage carton. A report on the recycling rates of beverage cartons in Germany, Spain, Sweden and the UK, december.

Einna bestar heimtur, 80-100%, eru í Þýskalandi, á Norðurlöndum og í Eystrasaltlöndum.¹³

Endurvinnsluhlutfall pappa og pappírsumbúða í Evrópu

Nokkru munar á því hve mikið af efninu í pappa og pappírsumbúðum endurheimtist þegar þær fara til endurvinnslu. Samkvæmt upplýsingum frá Sorpu er gert ráð fyrir 92% endurvinnsluhlutfalli á blönduðum pappa í Roermond í Hollandi. Sú blanda inniheldur drykkjarfernur. Frá Fiskeby Board í Svíþjóð er búist við 75% endurvinnsluhlutfalli á drykkjarfernum. Samkvæmt Stena Recycling má búast við að endurheimt pappatrefja frá drykkjarfernum sé mismikil frá einni verksmiðju til annarrar, en hlutfallið sé á bilinu 90 – 95%. Þessar tölur ganga ekki allar saman upp. Þar sem pappi er um 75% af innihaldi drykkjarfarna og hvorki álið né plastið er endurunnið bendir það til þess að 100% af pappírstrefjunum séu endurheimtar. Einnig er erfitt að trúa því að endurvinnsluhlutfallið sé hærra úr fernum en öðrum pappa. Til einföldunar fyrir útreikninga og til þess að tölurnar passi saman í útreikningum verður miðað við að endurvinnsluhlutfall á pappa sé alltaf 93%, hvort sem það er blandaður pappi, eða pappi í drykkjarfernum. Þá endar endurnýtingarhlutfall blandaðs pappa og pappírsumbúða, þar sem 3% eru drykkjarfernur, í 90%. Ef fernur eru skildar frá og endurunnar endurheimtist 93% af pappatrefjum. Endurvinnsluhlutfall af fernunum í heild sinni verður þá 70% ($0,93 \times 0,75$).

Úrvinnsluaðferðir til skoðunar

Til þess að skera úr um hvernig best er að meðhöndla tómar drykkjarfernur þarf að skoða kostnað og ábata af þeim aðferðum sem helst koma til greina.

Hér verða skoðaðir fjórir kostir:

1. Pappi og pappír verði sendur úr landi í endurvinnslu án þess að drykkjarfernurnar séu skildar frá.
2. Pappi og pappír verði sendur úr landi í blönduðum böggum í vinnslu þar sem fernurnar eru skildar frá og sendar í sérstaka endurvinnslu.
3. Fernur verði aðskildar í flokkunarvélum héraðs og fernur sendar til útlanda í sérstaka endurvinnslu.
4. Fernum verði safnað sérstaklega og þær sendar úr landi í sérstaka endurvinnslu.

¹³ OECD, 2022, Deposit-refund systems and the interplay with additional mandatory extended producer responsibility policies, Environment Working Paper No. 208, bls. 28, 16.

Við skoðum aðeins það sem greinir aðferðirnar að. Allur pappír og pappi er alltaf fluttur með skipum til endurvinnslu í útlöndum og þess vegna hefur kostnaður við það ekki áhrif á það hvaða aðferð verður ofan á.

Aðferð eitt er einföldust og hún var notuð af Sorpu þar til fyrir skömmu. Allt, sem safnað er fer í bláar tunnur, þ.e. pappír, pappi og drykkjarfernur. Þessu er þjappað í bagga sem fara í endurvinnslu í útlöndum. Þar eru pappatrefjarnar leystar upp og eftirstöðvar sendar í orkuendurnýtingu. Endurvinnsluhlutfallið er um 90% en drykkjarfernur verða eftir, að mestu ósnertar. Þær eru sendar til orkuendurnýtingar án þess að neitt af pappanum, plastinu eða álinu sé endurunnið. Drykkjarfernur eru bara um 3% af heildinni og þær hafa lítil áhrif á endurvinnsluhlutfall bagganna. Fyrir þessa þjónustu rukkar endurvinnslustöð um það bil 40 evrur á tonnið eða 5,9 kr. á kílóíð, samkvæmt gengi evrunnar þann 6. maí 2025.¹⁴ Þessi aðferð felur í sér fraktflutning frá Reykjavík til Rotterdam og ferð með vörubíl til Roermond þar sem endurvinnslan er.

Aðferð tvö er ekki flóknari í framkvæmd frá íslensku sjónarhorni og hana notar Sorpa í dag. Framkvæmdin er alveg eins nema hvað baggarnir fara til flokkunarfyrirtækis í útlöndum sem aðskilur pappa, fernur og dagblöð og sendir í endurvinnslu. Með þessari aðferð er endurvinnsluhlutfallið á pappa 93% og fernum 70%. Endurnýtingarhlutfallið á fernum stafar eingöngu af endurvinnslu á pappatrefjum en gert er ráð fyrir því að svo stöddu að ál og plast sé brennt í orkuveri. Reiknað er með því að sama hlutfall pappa endurnýtist úr fernunum og úr blönduðum pappa, eða 93%. Miðað við samsetningu af pappa og fernum er endurvinnsluhlutfallið á böggunum í heild sinni 92%. Fyrir þessa þjónustu rukkar flokkunarstöðin um 124 evrur á tonnið eða 18,2 kr. á kílóíð.¹⁵ Aðferðin felur í sér fraktflutning til Gautaborgar, en skip Samskipa koma við í Rotterdam áður en haldið er áfram til Gautaborgar.¹⁶ Frá Gautaborg fara fernurnar með vörubíl til Fiskeby Board í Norrköping, en það sem eftir er af pappanum fer með vörubíl til Roermond.

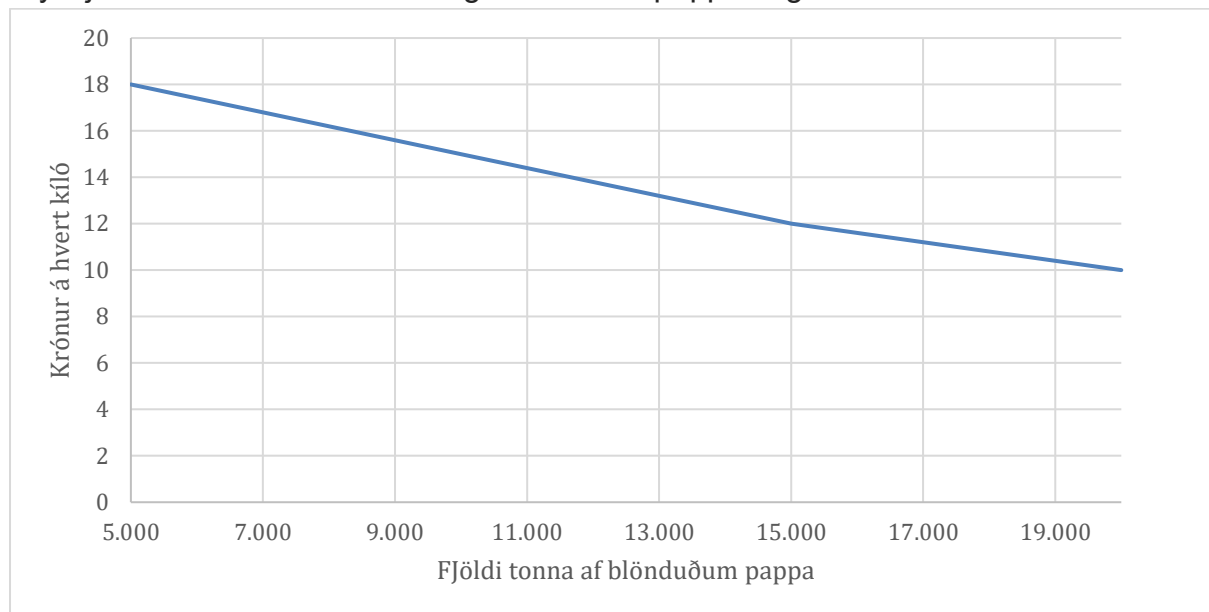
Í aðferð þrjú eru fernur flokkaðar frá öðrum pappa á Íslandi en ekki í flokkunarstöð erlendis. Búnaður Terra umhverfisþjónustu getur séð um það en hann er lítið notaður í dag. Pappinn og fernurnar væru svo baggaðar hvort í sínu lagi og baggarnir sendir til úrvinnslu erlendis. Gera má ráð fyrir að sama endurvinnsluhlutfall fáið með þessari aðferð og aðferð 2. Kostnaður á hvert kíló af pappa sem fer í gegnum vélina ræðst af heildarmagni af pappa því að talsverð stærðarhagkvæmni er í rekstri hennar.

¹⁴ Torfi Jóhannesson, Sorpa. (2025).

¹⁵ Torfi Jóhannesson, Sorpa. (2025).

¹⁶ Samskip, siglingaáætlun - norðurleið

Mynd 1: Meðalkostnaður í krónum á hvert kíló af blönduðum pappa við að flokka drykkjarfernur frá eftir heildarmagni blandaðs pappa í kg



Á mynd 1 má sjá að gera má ráð fyrir um 18 krónur kosti að skilja drykkjarfernur úr hverju kíló af óflokkuðum pappa ef flokka á 5.000 tonn af pappa. Kostnaðurinn lækkar síðan í um það bil 10 kr. ef 20.000 tonn fara í flokkunina. Síðan væri pappinn sendur í úrvinnslu fyrir 5,9 kr. kílóð og fernur í úrvinnslu fyrir 9,5 kr. kílóð. Ef 3% af vigtinni eru fernur og 20.000 tonn eru meðhöndluð á þennan hátt kostar kíló af blönduðum pappa $10 \text{ kr.} + 0,97 * 5,9 \text{ kr.} + 0,03 * 9,5 \text{ kr.} = 16 \text{ krónur}$. Kostnaðurinn eykst síðan eftir því sem minna er flokkað.¹⁷

Erfitt er að meta kostnað af aðferð fjögur. Meiningin er að spara kostnað við að flokka pappa í vélum með því að safna fernunum sérstaklega. Hægt er að útfæra það á marga vegu og erfitt er að spá fyrir um kostnað og söfnunarhlutfall. Til dæmis mætti bjóða fólki að setja fernur í sérstökum pokum í bláu tunnurnar. Síðan mætti meðhöndla innihald þeirra sérstaklega. Nokkuð af fernunum mundi alltaf enda með almennum pappa eða almennu sorpi, en þá væri hlutfall ferna í blönduðum pappa minna en nú og minni ástæða til þess að setja pappann í gegnum flokkunarvél. Hægt væri að leggja áherslu á að fyrirtæki og stærri notendur drykkjarfarna flokkuðu þær sérstaklega og sætta sig við að aðrar færu ekki í besta farveg. En með þessari aðferð væri hægt að sérsafna nokkrum hluta drykkjarfarna með þó nokkru minni kostnaði en ef pappinn færi gegnum flokkunarvél. Nokkur kostnaður fellur til á heimilum og í fyrirtækjum vegna sérsöfnunar, en hann er ekki áætlaður hér. Í aðferð þrjú og fjögur fer pappirinn sömu leið frá Íslandi í endurvinnslu. Eftir flokkun eru pappi og fernur flutt með skipi til Rotterdam þar sem blandaður pappi er affermdur og fluttur með bíl til Roermond, en fernur fara áfram með skipinu til Gautaborgar. Frá Gautaborg eru fernurnar fluttar með bíl til Norrköping í endurvinnslu.

¹⁷ Þorfinnur Kristinn Árnason, Terra umhverfisþjónusta. (2025).

Aðferð eitt er eina aðferðin þar sem fernur eru ekki endurunnar sérstaklega. Aðferðir tvö til fjögur eru mismunandi aðferðir við að skilja fernur frá öðrum pappa og pappír. Munurinn á aðferðum tvö og þrjú felst eingöngu í því hvar pappinn er flokkaður, erlendis eða hérlandis. Fjórða aðferðin felst í því að safna fernum sérstaklega og komast hjá kostnaði við að nota flokkunarvélar með því að færa flokkunina, og mikið af kostnaðinum sem fellur til við hana, til heimila, fyrirtækja og annarra notenda.

Kostnaður og ávinningur – án umhverfiskostnaðar

Endurvinnsla á drykkjarfernum er í sjálfu sér ekki tekjufærð í þessari skýrslu, nema að því leyti að ekki þarf að brenna endurunnum fernum og því er ekki loftslagskostnaður af því. Enn sem komið er er ávinningur af hverju kílógrammi af endurunnum pappa í krónum talið óþekkt stærð. Helsti ábatinn er fólgin í því að í framleiðslu á pappa og pappír með endurunnum trefjum úr notuðum pappa er talsvert minna notað af auðlindum, eins og vatni, landi og orku, en ef aðeins er notast við ný efni.¹⁸ Erfitt er að meta þennan ábata til fjár. En hafa má hliðsjón af markaðsverði endurunnins pappa, sem var snemma árs 2025 um 16-20 krónur á kíló.¹⁹

Í samanburði á aðferðunum fjórum, sem hér eru skoðaðar, er miðað við úrvinnslu á einu tonni af blönduðum pappa, eða öllu sem safnað er í bláar tunnur. Miðað er við að í hverju tonni séu 970 kíló af blönduðum pappa og 30 kíló af fernum, sem innihalda 22,5 kíló af pappa, 6,3 kíló af plasti og 1,2 kíló af áli. Sem fyrr segir eru 93% af blönduðum pappa sem fer í endurvinnslu endurunnin. Gert er ráð fyrir að fernur séu ekki endurunnar ef þær eru ekki flokkaðar frá öðrum pappa, heldur sendar með öðrum leifum sem síðar eru úr kvoðu til orkuendurnýtingar. Ef fernur eru flokkaðar frá er gert ráð fyrir að 93% pappa í þeim séu endurnýtt, en að plastið og álið fari í orkuendurnýtingu með öðrum leifum. Síðar má ef til vill endurnýta leifarnar, en það er ekki gert núna og þess vegna ekki gert ráð fyrir því í reikningunum. Kostnaður við aðferð eitt og tvö er miðaður við verðið sem Sorpa hefur verið rukkuð um fyrir þessa þjónustu. Í aðferð þrjú og fjögur eru notaðar tölur um flokkunarkostnað frá Terra umhverfisþjónustu og úrvinnslukostnað frá Stena, sem er 9,5 krónur á kíló fyrir úrvinnslu á drykkjarfernum sérstaklega og 5,9 krónur fyrir úrvinnslu á blönduðum pappa.²⁰

Þar sem aðferð eitt er ódýrust og felur ekki í sér endurvinnslu á fernum má nota hana sem viðmið til þess að leggja mat á hinar aðferðirnar. Lítil óvissa er um aðferð tvö svo að ein sviðsmynd dugar til að sýna áhrif hennar. Aðferðir þrjú og fjögur velta á fleiri breytum svo að fyrir þær eru tvær sviðsmyndir skoðaðar. Fyrir aðferð þrjú er ein sviðsmynd þar sem 5.000 tonn fara gegnum flokkunarvél og önnur þar sem

¹⁸ Mourad et al. (2007).

¹⁹ Jha, Procurement Resource. (2025).

²⁰ Martin Holmberg, Stena. (2025).

20.000 tonn fara gegnum vélina. Fyrir aðferð fjögur er ein sviðsmynd þar sem fáir flokka fernurnar frá öðrum pappa og önnur þar sem næstum allir gera það.

Tafla 1: Samanburður á kostnaði á hvert tonn af óflokkuðum pappír og pappa af nokkrum endurvinnsluaðferðum og sviðsmyndum – án umhverfiskostnaðar

	Aðferð 1	Aðferð 2	Aðferð 3, lítill nýting*	Aðferð 3, mikil nýting*	Aðferð 4, lítill þátttaka**	Aðferð 4, mikil þátttaka**
Kostnaður á tonn af blönduðum pappa (kr/t)	5.868	18.200	23.978	15.978	5.879	5.967
Enduruninn pappi á tonn af blönduðum pappa (kg)	902	923	923	923	904	921
Kostnaður á hvert endurrunnið kíló (kr/kg)	7	20	26	17	7	6
Enduruninn pappi umfram aðferð 1, (kg)	-	21	21	21	2	19
Kostnaður á endurrunnið kg umfram aðferð 1 (kr/kg)	-	589	865	483	5	5

*Aðferð 3 lítill nýting: 5.000 tonn af pappa og pappírsumbúðum fara gegnum flokkunarvél á ári.

*Aðferð 3 mikil nýting: 20.000 tonn af pappa og pappírsumbúðum fara gegnum flokkunarvél á ári.

**Án söfnunarkostnaðar. Ef fáir setja drykkjarfernur í sérstakar umbúðir munar litlu á þessari aðferð og aðferð 1.

Heimildir: Eigin útreikningar. Ekki er horft á þann kostnað sem er eins í öllum aðferðum.

Tafla 1 sýnir samanburð á kostnaði við hverja aðferð – án umhverfiskostnaðar.

Mikilvægt er að hafa í huga að þessar krónutölur sýna ekki heildarkostnað við endurvinnslu með þessum hætti. Ekki er tekinn með kostnaður sem er sameiginlegur öllum aðferðum, svo sem af söfnun, böggun og flutningi. Krónutölurnar nýtast því nær eingöngu þegar bera á aðferðirnar saman. Efsta línan sýnir heildarkostnað á hvert tonn af blönduðum pappa eins og hann kemur úr bláu tunnunum. Önnur lína sýnir hve mikill pappi er endurnýttur. Þriðja lína sýnir kostnað á hvert endurheimt kíló af endurnýttum pappa, lína eitt deilt með línu tvö. Þetta er meðalkostnaður endurheimtar. Gott er að setja þessar tölur í samhengi við markaðsverð á endurunnum pappa, sem er 16-20 krónur á kíló. Næstneðsta línan sýnir hve mikill pappi er endurheimtur umfram aðferð eitt. Sem fyrr segir losnar nær enginn pappi úr drykkjarfernum í aðferð eitt. Talan sýnir því tonn af endurunnum pappa úr drykkjarfernum sem fást úr hverri aðferð. Neðsta línan sýnir mun á heildarkostnaði við þessa aðferð og heildarkostnaði við aðferð eitt, deilt með mun á endurheimtum pappa. Þetta er kostnaður á kíló af pappa sem endurheimtist úr drykkjarfernum.

Skoðum neðstu línuna í töflu 1. Þetta er kostnaður af endurunnum pappa umfram aðferð 1, jaðarkostnaður á hvert kíló af endurunnum pappa úr drykkjarfernum. Með aðferð 2 kostar hvert af þeim 21 kíló af pappa sem fást úr fernunum um 589 krónur. Í aðferð 3 með lítilli nýtingu kostar hvert kíló af pappa sem endurheimtur er úr drykkjarfernum ríflega 865 krónur. Ef nýtingin er góð skánar myndin og jaðarkostnaðurinn lækkar í 483 krónur á kíló. Aðferð 4 er mjög ódýr miðað við þær forsendur sem við gefum okkur. Hvort sem margir eða fáir flokka drykkjarfernur sérstaklega kostar um 5 krónur að endurvinna hvert kíló af pappa úr fernum með þessari aðferð. Hins vegar er ljóst að kostnaður við sérsöfnun á heimilum og í fyrirtækjum getur orðið verulegur og hann er ekki talinn með í þeim tölum sem hér eru sýndar.

Ekki er hægt að segja fyrir víst hvort það borgar sig að hafa fyrir því að endurheimta fleiri kíló af pappa en þau 902 sem fást með aðferð eitt nema með því að meta

umhverfisábata af endurvinnslu pappa. En ljóst er strax að aðferðir 2 og 3 eru mjög dýrar. Meðalkostnaður fyrir hvert kíló er á bilinu 17-26 krónur og þá er kostnaður við söfnun, böggun og flutning ekki talinn með. Ef markaðsverð á endurunnum pappa er 16-20 krónur er þetta heldur dýrt. Enn fremur er fróðlegt að skoða jaðarkostnaðinn við þau 22 kíló sem endurnýttast, umfram aðferð 1, en hann er á bilinu 483-865 krónur. Líklegra er að aðferð 4 sé hagkvæm. Jaðarkostnaðurinn er þar mun minni en í aðferðum 2 og 3.

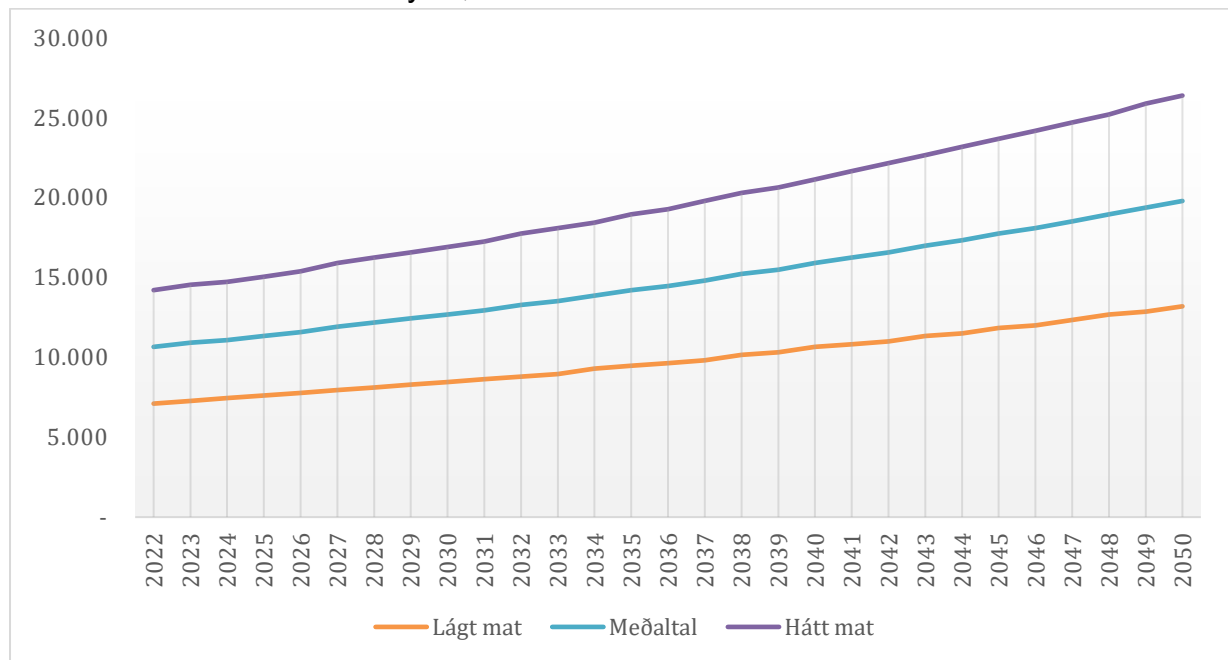
Umhverfisáhrif endurvinnslu á pappa

Þegar pappi er búinn til eru notaðar ýmsar auðlindir. Rækta þarf nytjaskóga á landi, höggva þarf tré og flytja í verksmiðjur þar sem orka og vatn tæta þau og bleyta svo að hægt sé að þjappa þeim í flatan pappír og pappa. Með því að endurvinna pappa sparast orka, vatn og land sem þarf í nýjan pappa.²¹ Umhverfiskostnaður af völdum pappa hefur ekki verið metinn eða hve mikið má draga úr honum með endurvinnslu. En reyndar veldur endurvinnsla á pappa og fernum líka umhverfisskaða. Til að mynda losna gróðurhúsalofttegundir þegar pappi er sendur til orkuendurnýtingar og þegar hann er fluttur í skipum eða vörubílum.

Alþjóðabankinn gaf árið 2024 út leiðarvísi um verðmat á losun kolefnis. Þar er spá um þróun skuggavirðis kolefnis til ársins 2050. Skuggavirði kolefnis er það verð sem greiða ætti fyrir losun á einu tonni af kolefni ef markaður fyrir það væri til. Einnig mætti til dæmis verðmeta kolefnistonnið sem samfélagslegan kostnað af losun. Samfélagslegan kostnað mætti túlka sem fjárhæð bóta sem greiða þyrfti til að bæta tap af tjóni sem losun veldur. Matið er háð mikilli óvissu og talsvert miklar rannsóknir þyrfti til þess að fá gott mat. Skuggavirði hefur þann kost að vera talsvert einfaldara í útreikningi. Með því má komast hjá miklu af óvissunni. Skuggavirðið er það sem kolefni þyrfti að kosta til þess að nægilega mikið drægi úr losun til þess að markmið Parísarsáttmálans næðust. Þó nokkur óvissa er fólgin í verðinu þar sem ekki er vitað hvernig tækni þróast á komandi áratugum en óvissan er minni en um samfélagslegan kostnað. Alþjóðabankinn gefur bæði út lágsþá og háspá. Þær voru 37 og 75 bandaríkjadalir árið 2022 en hækka í 78 og 156 dollara árið 2050 (World bank, 2024). Að meðaltali hækkar skuggavirði kolefnis á föstu verðlagi um 2,2% á ári. Árið 2025 er skuggavirði kolefnis talið vera á bilinu 45 til 89 dollarar, en að meðaltali 67 dollarar. Spáin er á verðlagi ársins 2017 en árstíðarleiðrétt vísitala neysluverðs í Bandaríkjunum er notuð til að færa hana á verðlag í maí 2025. Henni er síðan breytt í krónur á meðalgengi gjaldmiðlanna tveggja í maí 2025. Niðurstöðuna má á mynd 2. Þá er meðaltal spárinnar fyrir árið 2025 11.337 krónur á hvert tonn af kolefni, eða rúmar 11 krónur á hvert kíló.

²¹ Mourad et al. (2007).

Mynd 2. Skuggavirði kolefnis frá 2022 til 2050. Heimild: World bank, The Shadow Price of Carbon in Economic Analysis, 2024



Til þess að reikna umhverfisáhrif flutninga er notast við leiðbeiningar ECTA um losun frá flutningum. Fyrir flutninga á vegum má gera ráð fyrir 62 grömm af kolefni losni að meðaltali fyrir hvert tonn sem flutt er einn kílómetra (62 gCO₂/tonn-km). Fyrir stuttar sjóferðir með litlum flutningaskipum má gera ráð fyrir að um 16 grömm af kolefni losni fyrir hvert tonn sem flutt er einn kílómetra (16 gCO₂/tonn-km) að meðaltali.²² Siglingaleiðin frá Reykjavík til Rotterdam er rétt rúmir 1.900 kílómetrar. Frá Rotterdam til Gautaborgar er hún ríflega 800 kílómetrar. Bílvegur frá Rotterdam til Roermond er tæpir 170 kílómetrar, frá Gautaborg til Norrköping rúmir 310 kílómetrar og frá Gautaborg til Roermond 1.111 kílómetrar.²³

²² ECTA, (2011).

²³ Sea-distances.org, (2025).

Mynd 3. Flutningsleiðir með pappír og pappa frá Íslandi.



Í aðferð 1 er siglt frá Íslandi til Rotterdam og síðan ekið frá Rotterdam til Roermond. Þar losnar 41 kíló af kolefni fyrir hvert tonn af pappa og pappír, að andvirði ríflega 463 króna. Aðferð 2 styðst við siglingaleiðina til Gautaborgar með viðkomu í Rotterdam. Eftir flokkun fara 30 kíló af fernum með bíl til Norrköping og 970 kíló af blönduðum pappa með bíl til Roermond. Þar losna rúmlega 110 kíló af kolefni fyrir hvert tonn að andvirði tæplega 1255 króna. Í aðferðum 3 og 4 er farin sama flutningsleið, með skipi til Rotterdam. Þaðan fer blandaður pappi með bíl til Roermond, en fernurnar fara áfram með skipi til Gautaborgar og síðan með bíl til Norrköping. Með aðferð 3 gerum við ráð fyrir að öll 30 kílóin af fernum séu skilin frá öðrum pappír og pappa og fari áleiðis til Gautaborgar, en í aðferð 4 er óvíst hve mikið næst að tína af fernum úr bunkanum. Í aðferð þrjú losna tæp 42 kíló af kolefni að andvirði 471 krónu á hvert tonn af pappír og pappa, en í aðferð fjögur losna á bilinu 40,9 til 41,4 kíló af kolefni að andvirði 464 til 470 króna. Langstærstu kostnaðarliðirnir í þessum sviðsmyndum eru siglingin frá Íslandi til Rotterdam, sem allar aðferðirnar nota til jafns, og aksturinn frá Gautaborg til Roermond, sem eingöngu er stuðst við í aðferð tvö. Of litlu munar á hinum aðferðunum til þess að hægt sé að greina neinn mun á meðal- eða jaðarkostnaði. Hins vegar má sjá að meðalumhverfiskostnaður af aðferð 2 er tæplega þrefaldur á við hinar aðferðirnar og jaðarumhverfiskostnaðurinn meira en tífoldur.

Tafla 2: Samanburður á kostnaði á hvert tonn af pappír og pappa af losun frá flutningum í nokkrum aðferðum og sviðsmyndum

Losun frá flutningum	Aðferð 1	Aðferð 2	Aðferð 3, lítill nýting*	Aðferð 3, mikil nýting*	Aðferð 4, lítill þátttaka**	Aðferð 4, mikil þátttaka**
Kostnaður á tonn af blönduðum pappa (kr/t)	463	1.255	471	471	464	470
Endurunninn pappi á tonn af blönduðum pappa (kg)	902	923	923	923	904	921
Kostnaður á hvert endurunnið kíló (kr/kg)	0,51	1,36	0,51	0,51	0,51	0,51
Endurunninn pappi umfram aðferð 1, (kg)	-	21	21	21	2	19
Kostnaður á endurunnið kg umfram aðferð 1	-	37,86	0,35	0,35	0,32	0,36

Neðsta línan sýnir mun á kostnaði á tonn fyrir hverja aðferð og kostnaði á tonn í aðferð 1 (í efstu línu) deilt með kg af endurrunnum pappa umfram aðferð 1 (í næstneðstu línu).

Setja þarf fyrirvara á niðurstöður þessa kafla þar sem útreikningar miða við ákveðna útfærslu á framkvæmd sem var sniðin út frá bestu upplýsingum sem fengust við gerð greiningarinnar. Vel má vera að hægt sé að finna aðrar flutningaleiðir eða aðrar úrvinnslustöðvar sem flytja má úrganginn til með minni umhverfiskostnaði. Til dæmis má nefna að ef hægt er að finna betri leið til að flytja pappann frá Norrkjöping má minnka talsvert umhverfiskostnað af aðferð 2. Að öllu jöfnu mun aðferð 3 eða 4 hins vegar bjóða fleiri valkosti til þess að lágmarka umhverfisáhrif flutninganna því stærri hluti ferilsins er á snærum innlendra aðila.

Losun vegna orkuendurnýtingar

Þeim pappa sem ekki fer í endurvinnslu er brennt og hitinn notaður til þess að framleiða orku. Þetta kallast orkuendurnýting. Við gerum ráð fyrir að við þetta víki sá orkugjafi sem veldur einna mestum gróðurhúsaáhrifum, en það eru kol. Við orkuendurnýtingu losnar nokkru meira kolefni en þegar kol brenna.

Í leiðarvísi IPCC frá 2006 má sjá hve mikið losnar af koltvísýringi þegar viður eða viðarúrgangur brennur. Pappi er búinn til úr við. Úr töflu 3 hér á eftir má sjá hve mikið losnar af CO₂ úr hverju kíló af pappa (í heimild viði og viðarúrgangi) við bruna:

$$0,112 \text{ kgCO}_2/\text{MJ} \times 15,6 \text{ MJ/kg} = 1,75 \text{ kgCO}_2/\text{kg}$$

Fyrir hvert kíló af pappa sem brennt er losnar 1,75 kíló af koltvísýringi.

Tafla 3. Losun á CO₂ og orka við brennslu á pappa og gasi/dísel.

	Losun/orkueiningu: kgCO ₂ /MJ	Orkueiningar/kg: MJ/kg	Losun/kg (2*3): kgCO ₂ /kg
Pappi	0,112	15,6	1,75
Kol	0,0946	25,8	2,44

Heimildir: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 Energy, (2008), töflur 1.2 og 2.2.

Eins og fram kemur í töflu 3 er orkugildi pappa 15,6 MJ/kg og fyrir kol er það 26 MJ/kg. Hlutfallið er $15,6/26 = 0,60$. Því sparast 0,6 kíló af kolum í orkuframleiðslunni

þegar 1 kíló af pappa brennur. Jafnframt má sjá í töflu 3 að þegar kol brenna losna 0,0946 kgCO₂/MJ. Til þess að framleiða jafnmikla orku og fæst úr kíló af pappa með því að brenna kolum losnar 15,6 MJ * 0,0946 kgCO₂/MJ = 1,48 kgCO₂. Nettó losun vegna þess að við brennum pappa í stað kola er því 1,75 mínus 1,48 kg CO₂ á hvert kg af pappa, eða 0,27 kg CO₂. Ef losun á einu kg CO₂ kostar 11,34 kr. kostar bruninn 3,1 krónu á hvert kíló af pappa.

Í töflum 4 og 5 má annars vegar sjá kostnað af losun frá orkunýtingu í aðferðum 1-4 og hins vegar samanlagðan kostnað af losun frá flutningum og orkunýtingu. Langur akstur með pappa í leið 2 verður til þess að samanlagður losunarkostnaður er mestur þar.

Tafla 4: Samanburður á kostnaði á hvert tonn af pappír og pappa af losun frá orkuendurnýtingu í nokkrum aðferðum og sviðsmyndum

	Aðferð 1	Aðferð 2	Aðferð 3, lítill nýting*	Aðferð 3, mikil nýting*	Aðferð 4, lítill þátttaka**	Aðferð 4, mikil þátttaka**
Losun frá orkuendurnýtingu						
Kostnaður á tonn af blönduðum pappa (kr/t)	72,5	7,7	7,7	7,7	66,1	14,2
Endurunninn pappi á tonn af blönduðum pappa (kg)	902	923	923	923	904	921
Kostnaður á hvert endurunnið kíló (kr/kg)	0,08	0,01	0,01	0,01	0,07	0,02
Endurunninn pappi umfram aðferð 1, (kg)	-	21	21	21	2	19
Kostnaður á endurunnið kg umfram aðferð 1 (kr/kg)	-	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Neðsta línan sýnir mun á kostnaði á tonn fyrir hverja aðferð og kostnaði á tonn í aðferð 1 (í efstu línu) deilt með kg af endurunnum pappa umfram aðferð 1 (í næstneðstu línu).

Tafla 5: Samanburður á kostnaði á hvert tonn af pappír og pappa af losun frá flutningum og orkuendurnýtingu í nokkrum aðferðum og sviðsmyndum

	Aðferð 1	Aðferð 2	Aðferð 3, lítill nýting*	Aðferð 3, mikil nýting*	Aðferð 4, lítill þátttaka**	Aðferð 4, mikil þátttaka**
Umhverfiskostnaður, samtals						
Kostnaður á tonn af blönduðum pappa (kr/t)	536	1.263	478	478	530	484
Endurunninn pappi á tonn af blönduðum pappa (kg)	902	923	923	923	904	921
Kostnaður á hvert endurunnið kíló (kr/kg)	0,6	1,4	0,5	0,5	0,6	0,5
Endurunninn pappi umfram aðferð 1, (kg)	-	21	21	21	2	19
Kostnaður á endurunnið kg umfram aðferð 1 (kr/kg)	-	34,8	2,7	2,7	2,8	2,7

Neðsta línan sýnir mun á kostnaði á tonn fyrir hverja aðferð og kostnaði á tonn í aðferð 1 (í efstu línu) deilt með kg af endurunnum pappa umfram aðferð 1 (í næstneðstu línu).

Sem fyrr segir er stefnt að því að banna urðun pappírs og pappa hér á landi frá og með árinu 2028.²⁴ Sá kostur að urða pappaumbúðirnar er því ekki skoðaður hér – og samanburður við losun gróðurhúsalofttegunda frá urðuðum pappa er ekki færður til tekna þegar aðferðir 1 til 4 eru metnar. Aðferðirnar fjórar sem hér eru skoðaðar fela í

²⁴ Umhverfis- orku og loftslagsráðuneytið, 2024, Formáli, uppfærsla aðgerðaáætlunar í loftslagsmálum, kafli S.7.B4. Sótt af: <https://samradapi.island.is/api/Documents/cf1138cc-8f2c-ef11-9bc3-005056bcce7e>

sér mismikla og misdýra endurnýtingu á drykkjarvöruumbúðunum. Því, sem ekki er hægt að nýta til þess að búa til pappír eða pappa, er brennt til þess að framleiða rafmagn og hita – það er það sem hér er kallað orkuendurnýting. Losunin sem verður til við brunann er ekki öll færð til gjalda, heldur aðeins sú losun sem er umfram brennslu kola, sem gefur jafnmikla orku og umbúðaleifarnar, sem brenndar eru.

Færa má rök fyrir því að losun frá brennslu lífrænna efna eigi að verðmeta lægra, og jafnvel eftir tilvikum sem enga eða neikvæða losun, en losun frá brennslu jarðefnaeldsneytis. Til dæmis er losun af þessu tagi ekki talin með í heildarlosun á landsvísu og ekki þarf losunarheimildir til þess að brenna lífrænan úrgang. Losun sem stafar af brennslu jarðefnaeldsneytis losar úr læðingi koltvísýringur sem hefur verið bundið í jörðinni í hundruð þúsunda eða milljónir ára og er því ekki partur af náttúrulegri hringrás koltvísýrings í andrúmsloftinu. Losun af brennslu lífrænna efna, svo sem timburafurða, losar kolefni sem tilheyrir þeirri hringrás. Tré safnar koltvísýringi úr loftinu og myndar timbur. Þegar það timbur er brennt losnar þessi sami koltvísýringur aftur. Þar með er ekki verið að bæta koltvísýringi inn í hringrásina eins og gert er með brennslu jarðefnaeldsneytis.²⁵ Ekki er þar með sagt að umhverfisáhrifin séu engin, því tímasetning losunar og bindingar er önnur en verið hefði ef náttúran hefði haft sinn gang. Bruni losar koltvísýring mun hraðar en náttúruleg hrömun og þetta getur raskað hringrásinni. Þess vegna hafa sumar úrvinnslustöðvar reynt að fanga samstundis þann koltvísýring sem myndast við brunann. Í losunarbókhaldi Evrópusambandsins virðist ýmsu ábótavant hvað losun frá brennslu lífrænna efna varðar. Losun við bruna þeirra er ekki talin með í bókhaldinu og krefst ekki losunarheimilda, en föngun koltvísýringsins er ekki heldur viðurkennd mótvægisáðgerð gegn losun.²⁶ Ekki verður tekin afstaða til þess hér að hve miklu leyti er óhætt að afskrifa losun sem stafar af bruna lífrænna efna. Losunin er hér talin með eins og öll önnur losun, en rétt er að hafa þessi álitaefni í huga. Þegar fram líða stundir getur verið að öll losun af bruna úrgangs verði fönguð á viðurkenndan hátt og þá verður hægt að draga kostnað sem reiknaður er í þessum kafla frá lokatölunni.

Samantekt

Þegar allur kostnaður er tekinn saman má sjá að notkun flokkunarvéla til þess að aðskilja drykkjarfernur frá öðrum pappa er dýr leið til þess að endurvinnna pappa. Hægt er að koma megninu af pappanum í endurvinnslu og fernur eru einungis lítil hluti af öllum pappa. Setja þarf allan pappann í flokkunarvélar til þess að endurheimta tæplega 2,5% meiri pappa. Það þýðir að jaðarkostnaður þess pappa sem endurheimtist aukalega er á bilinu frá 480 til líðlega 860 krónur á kílóíð. Við

²⁵

IEA Bioenergy, 2025, <https://www.ieabioenergy.com/iea-publications/faq/woodybiomass/biogenic-co2/>

²⁶

ERCST, 2025, <https://ercst.org/wp-content/uploads/2025/05/20250602-BECCS.pdf>

Þetta hækkar meðalkostnaðurinn úr 7,1 krónu á kílóíð í 17,8 til 26,5 krónur. Mun skilvirkari leið til þess að endurheimta pappa umfram það sem aðferð 1 getur gert væri að innleiða einhvers konar valkvæða sérsöfnun meðal neytenda, þ.e. heimila og fyrirtækja. Þetta gætu verið söfnunarpokar fyrir drykkjarfernur sem fara í bláu tunnurnar, eða söfnunarstöðvar. Ódýrt yrði að endurheimta pappa úr fernum sem skilað yrði, svo lengi sem söfnunaraðferðin sjálf er tiltölulega ódýr. Helsti gallinn við þessa aðferð er að óvíst er hve margar fernur skila sér í endurvinnsluna. Hér þarf að treysta á þátttöku almennings. Ef þátttakan er lítil má skoða þann kost að taka upp skilagjald á drykkjarfernur.

Verið getur að ný umbúðarreglugerð verði til þess að aðskilja verði fernur frá öðrum pappírsumbúðum. Nokkur óvissa ríkir um það hvers krafist verður þar en hugsanlega verður farið fram á að endurvinnsluhlutfall einstakra efnispátta verði reiknað. Þá þarf að endurheimta eitthvað af álinu og plastinu úr fernunum. Til þess að svo megi verða þarf að aðskilja fernur frá öðrum umbúðum. Ef stefnt er að því að endurheimta allar fernur til endurvinnslu virðist vera hagkvæmara að flokka þær frá héraðs en erlendis, að því gefnu að hægt sé að setja því sem næst allan pappaufgang landsins í gegnum flokkunarvél og tryggja þannig stærðarhagkvæmni. Þannig er hægt að komast hjá kostnaði frá milliliðum erlendis og semja beint við endurvinnslur, auk þess sem draga má úr umhverfiskostnaði vegna flutnings. Hins vegar gefa niðurstöður rannsóknarinnar ekki til kynna að það borgi sig að nota flokkunarvél þó að það þýði að minna af trefjum fari til endurvinnslu.

Tafla 6: Samanburður á heildarkostnaði á einu ári af nokkrum endurvinnsluaðferðum og sviðsmyndum

Kostnaður, samtals	Aðferð 1	Aðferð 2	Aðferð 3, lítil nýting*	Aðferð 3, mikil nýting*	Aðferð 4, lítil þátttaka**	Aðferð 4, mikil þátttaka**
Kostnaður á tonn af blönduðum pappa (kr/t)	6.404	19.463	24.456	16.456	6.409	6.451
Endurunnninn pappi á tonn af blönduðum pappa (kg)	902	923	923	923	904	921
Kostnaður á hvert endurunnið kíló (kr/kg)	7,10	21,09	26,50	17,83	7,09	7,00
Endurunnninn pappi umfram aðferð 1, (kg)	-	21	21	21	2	19
Kostnaður á endurunnið kg umfram aðferð 1 (kr/kg)	-	624,10	862,73	480,41	2,48	2,52

Neðsta línan sýnir mun á kostnaði á tonn fyrir hverja aðferð og kostnaði á tonn í aðferð 1 (í efstu línu) deilt með kg af endurunnum pappa umfram aðferð 1 (í næstneðstu línu).

Kostnaður við endurvinnslu á fernum er ekki mjög stór hluti af útsöluverði á mjólk og mjólkurvörum. Ef gert er ráð fyrir að 31 tóm lítraferna vegi eitt kíló²⁷ kostar endurvinnsla hvernar fernu frá 21 til 79 aura, eftir því hvaða aðferð er notuð. Til samanburðar má nefna að um miðjan september 2025 kostaði 1 l af nýmjólk 228 krónur í Krónunni.²⁸

²⁷ Tetra Pak, (2025), þyngd tómrrar fernu með tappa er u.þ.b. 32 g.

<https://productxplorer.tetrapak.com/packages/tetra-brik-aseptic/tetra-brik-aseptic-1000-edge-wingcap-30>

²⁸ www.kronan.is, Vefsíða Krónunnar, sótt af: <https://kronan.is/voruurval/05-01-00-mjolk>, 15. sept. 2025.

Í töflu 7 hér á eftir sést að á heildina litið er aðferð 1 ódýrust, en ekki munar miklu á henni og aðferð 4 ef kostnaður heimila og fyrirtækja af söfnuninni er lítill, en hann er ekki talinn með hér. Söfnunarkostnaðurinn þarf að verða meiri en 200 milljónir króna á ári, 10-11 krónur á kíló af öllum pappa og pappírsumbúðum sem til falla hér á landi á ári, til þess að aðferð 3 með góðri nýtingu borgi sig frekar. Umhverfisáhrif vega ekki þungt í þessum samanburði. Bæði orkuendurnýting og losun vegna flutninga eru litlir kostnaðarliðir í samanburði við þau gjöld sem greiða þarf fyrir endurvinnslu og flokkun. En eftir því sem endurvinnsluáðferðir batna og skuggavirði kolefnis hækkar vex umhverfiskostnaður og aðferð 1 verður dýrari miðað við hinar aðferðirnar.

Tafla 7: Samanburður á kostnaði á einu ári af nokkrum endurvinnsluáðferðum og sviðsmyndum, fjárhæðir í milljónum króna

	Aðferð 1	Aðferð 2	Aðferð 3, lítil nýting*	Aðferð 3, mikil nýting*	Aðferð 4, lítil þátttaka**	Aðferð 4, mikil þátttaka**
Fernur, tonn	600	600	600	600	600	600
þ.a. endurunnninn pappi, tonn	-	440	440	440	40	400
Flokkun, endurvinnsla, kostnaður í milljónum króna	117	364	480	320	118	119
Losun, orkuendurnýting, kostnaður í milljónum króna	1,5	0,1	0,1	0,1	1,3	0,2
Losun, akstur, kostnaður í milljónum króna	9,3	25,1	9,4	9,4	9,3	9,4
Samtals, kostnaður	128	389	489	329	128	129

*Aðferð 3 lítil nýting: 5.000 tonn af pappa og pappírsumbúðum fara gegnum flokkunarvél á ári.

*Aðferð 3 mikil nýting: 20.000 tonn af pappa og pappírsumbúðum fara gegnum flokkunarvél á ári.

**Án söfnunarkostnaðar. Ef fáir setja drykkjarfernur í sérstakar umbúðir munar litlu á þessari aðferð og aðferð 1. Heimildir: Eigin útreikningar. Ekki er horft á þann kostnað sem er eins í öllum aðferðum.

Heimildir:

ECTA. (2011). Guidelines for Measuring and Managing CO₂ Emission from Freight Transport Operations.

ERCST. (2025). Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) in the EU. <https://ercst.org/wp-content/uploads/2025/05/20250602-BECCS.pdf>

European Environment Agency (EEA). (2022). CO₂ emission intensity. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-emission-intensity>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2017). Wood Energy: Biomass energy data and analysis. Retrieved from <https://www.fao.org/3/i7239e/i7239e.pdf>

International Energy Agency (IEA). (n.d.). Energy content of fuels. IEA Bioenergy. Retrieved from <https://www.ieabioenergy.com>

IEA Bioenergy. (2025). Fossil vs Biogenic CO₂ emissions. <https://www.ieabioenergy.com/iea-publications/faq/woodybiomass/biogenic-co2/>

IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 – Energy, Chapter 2: Stationary Combustion. Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>

IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 – Energy, Chapter 2: Stationary Combustion. Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>

Jha, Suraj. (2025). Cardboard Price Trend Report: 2025 Outlook, Market Dynamics, and Forecast. Procurement Resources. Sótt frá <https://www.linkedin.com/pulse/cardboard-price-trend-report-2025-outlook-market-dynamics-suraj-jha-m2dmc>

Mourad, Anna. Garcia, Eloísa E.C. von Zuben, Fernando. (2007). Environmental effects from a recycling rate increase of cardboard of aseptic packaging system for milks using life cycle approach. The International Journal of Life Cycle Assessment 13(2):140-146. DOI: [10.1065/lca2007.06.340](https://doi.org/10.1065/lca2007.06.340)

Samskip. (2025). Siglingaáætlun – Norðurleið. Sótt frá <https://www.samskip.is/siglingaaaetlanir/raunsiglingar/aaetlun-naestu-vikna/>

Stefán Gíslason (2023) Afdrif drykkjarferna, hvað verður um fernur sem sendar eru frá Íslandi til endurvinnslu erlendis?

U.S. Environmental Protection Agency. (2020). Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories. EPA. Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-04/documents/ghg-emission-factors-hub.pdf>

World Bank. (2024). The Shadow Price of Carbon in Economic Analysis.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099553203142424068/pdf/IDU1c94753bb1819e14c781831215580060675b1.pdf>