

ENDURUNNIÐ MALBIK Á ÍSLANDI

GAGNAÖFLUN, VISTFERILSGREINING OG
EFNAHAGSGREINING



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

Titill: Endurrunnið malbik á Íslandi

Útgáfa: 1.0

Dagsetning útgáfu: 31/03/2020

Höfundar: Guðrún Guðmundsdóttir og Ingibjörg Andrea Bergþórsdóttir

Viðskiptavinur:

Vegagerðin

Tengiliður: Birkir Hrafn Jóakimsson

Byggingarverkfræðingur

Netfang / E-mail: birkir.h.joakimsson@vegagerdin.is

Þessi skýrsla er upphaflega skrifuð fyrir Vegagerðina. Frekari notkun eða samnýting á innihaldi þessarar skýrslu skal gerð með samþykki Vegagerðarinnar. Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá

Upplýsingar um ráðgjafafyrirtæki:

ReSource International ehf.

Vallakór 4, 2.h.

203 KÓPAVOGUR – Iceland

Sími: +354 571 5864

www.resource.is

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

1 Útdráttur

Það eru mikil verðmæti fólgin í endurnotkun, endurvinnslu og endurnýtingu. Markmið greiningarinnar er að gera grein fyrir farvegi malbiksúrgangs á Íslandi og kanna ónýtta möguleika malbiksúrgangs á umhverfislegum- og efnahagslegum grundvelli.

Gögn voru fengin frá Umhverfisstofnun, Kópavogsbæ, Mabalikunarstöðinni Hlaðbæ Colas og Sorpu, þar sem í ljós kom að erfitt er að gera grein fyrir skýrri mynd á farvegi malbiksúrgangs, þó meirihluti þess sé enduruninn eða endurnýttur á einhvern hátt.

Vistferilsgreining var framkvæmd þar sem bornar voru saman niðurstöður fjögurra sviðsmynda um farveg malbiksúrgang: endurnotað í bundið slitlag, endurunnið í burðarlag, endurnýtt í landfyllingu eða fargað á urðunarstað. Niðurstöður samanburðsins var sá að umhverfisvænast er að endurnota malbiksúrgang í bundin slitlög, sem gaf af sér umhverfissparnað í öllum 14 áhrifaflokkum vistferilsgreiningarmódelisins. Óumhverfisvænast í samanburðinum var að farga malbiksúrgangi á urðunarstað.

Efnahagsleg greining gaf sambærilegar niðurstöður og vistferilsgreiningin, þar sem hagkvæmast er að endurnota malbiksúrgang í bundin slitlög.

Þar að auki voru bornar saman nokkrar atburðarrásir þar sem sýnt var hvernig umhverfislegur- og efnahagslegur sparnaður verður til við það að auka hlutfall endurnotaðs malbiks á móti endurunnu, endurnýttu og urðuðu.

Loks var rætt við verkkaupa og verktaka um endurnotkun malbiks. Dregin voru upp tvö sjónarhorn og meðmæli sett fram sem geta aukið endurnotkun malbiks á Íslandi.

2 Inngangur

Það eru mikil verðmæti fólgin í endurnotkun. Malbik er samsett úr hágæða steinefnum og bitumen (bindiefni) sem eru endurnotanleg efni og má endurvinnna margsinnis. Þó kemur í ljós að ennþá er malbiksúrgangur ekki fullnýttur á Íslandi. En afhverju er malbik ekki endurnotað í meira magni á Íslandi?

Ef litið er til Byggingarreglugerðar nr. 112/2012 þá á minnst 70% af byggingar- og niðurrifsúrgangi að vera flokkaður með þeim hætti að hann sé hæfur til endurnýtingar áður en honum er skilað á viðurkennda móttökustöð frá og með 1. janúar 2020 (sjá 15.2.4. gr um meðhöndlun byggingar- og niðurrifsúrgang). Einnig er ljóst að endurnotkun malbiks miðlar að skuldbindingum Íslands að Parísarsamkomulaginu, eykur sjálfbærni í gatnamálum og styrkir umhverfisvænar samgöngur og þar með samgönguáætlun stjórnarráðs Íslands 2019-2033 (1).

Tugir þúsunda tonna falla til af malbiksúrgangi árlega en hann er óvirkur úrgangur. Á sama tíma og rými urðunarstaða hefur rýrnað, komið hafa upp áform um urðunarskatt og sífellt eykst eftirspurn eftir steinefnum og bitumen. Aukinn byggingakostnaður hefur að auki orðið til þess að endurnotkun malbiks er orðið forgangsverkefni á heimsvísu. Evrópa hefur meira en 30 ára reynslu af því að endurvinnna malbik og tæknin þróast áfram með árunum (2). Evrópskar rannsóknir gefa til kynna að hægt er að nýta eiginleika malbiksúrgangs betur ef hann væri

endurunninn í bundin slitlög (2). Þar sem bundin slitlög eru dýrari og þarf að endurnýja oftar en neðri lög vega er talið að endurnýting malbiks í bundin slitlög leiði til efnahags- og umhverfissparnaðar.

Gerðar hafa verið ófáar rannsóknir á m.a. eiginleikum endurunninna asphalt bindiefna (3; 4), eiginleikum malbiksblendna með endurunnu malbiki (5; 6) og langtíma frammistöðu endurunnins malbiks í samanburði við nýtt malbik (7). Þar að auki hafa verið gerðar vistferilsgreiningar erlendis sem sýna að því meira af endurunnu malbiki sem er notað í bundin slitlög, því umhverfisvænna er malbikið (8; 9).

Áhugavert er einnig að skoða skýrslu EAPA (European Asphalt Pavement Association) "Asphalt in Figures 2017" sem gefin var út í lok árs 2018 og athugar hvernig endurvinnsla malbiks er hagað í öðrum Evrópulöndum. Af þeim 16 Evrópulöndum sem talin eru upp í þeirri skýrslu er Ítalía með 23%, Austuríki 60% og Finnland, Þýskaland, Ungverjaland, Noregur, Slovakía, Spánn og Tyrkland með 94-100% endurvinnslu fræst malbiks árið 2017 (10).

Það er þó ekki alltaf ósk kaupanda að nota endurrunnið malbik á umferðarþunga vegkafla en þá mætti nýta það í vegaxlir, göngustíga, hjólastíga, bílplön og annarstaðar þar sem umferð er léttari. Einnig verður að taka tillit til Evrópustaðla, svosem ÍST EN 13108-1:2016. Þar stendur m.a. að ef nota skal meira en 10% af endurunnu malbiki skal athuga stungudýpt bindiefnis í blöndunni (reiknuð samanlögð stungudýpt nýs bindiefnis og þess bindiefnis sem er endurnotað) og sjá til þess að hún uppfylli kröfu kaupanda (11). Þannig má segja að kaupandi gatna hafi mikil áhrif á endurnýtingu malbiks.

3 Markmið og aðferðir

Markmið rannsóknarinnar er að gera grein fyrir farvegi malbiksúrgangs á Íslandi, rannsaka ónýtta möguleika þess að endurvinna malbik og rannsaka afhverju malbik er ekki endurrunnið í meira magni á Íslandi.

Rannsóknin samanstendur af þremur þáttum; A) Gagnaöflun, B) Vistferilsgreiningu og C) Efnahagslegri greiningu.

Afrakstur rannsóknarinnar er yfirlit yfir farveg malbiksúrgangs og notkun á endurunnu malbiki á Íslandi í dag ásamt ónýttum umhverfis- og efnahagslegum möguleikum Íslands í sambandi við endurnotkun malbiks.

4 Gagnaöflun

Malbiks úrgangur fellur til af framkvæmdum og eins og í öllum úrgangsfraðum er úrgangur flokkaður eftir uppsprettum. Í grófum dráttum eru þrenns konar framkvæmdir á bundnum slitlögum: nýlagnir, yfirlagnir og aðrar framkvæmdir.

Vegagerðin sér um allar helstu stofnæðir á landinu. Sveitafélög sjá um göngustíga og samgöngur í hverfum. Fyrirtæki og einkaaðilar sjá um ýmist um bílastæði, innkeyrslur og annað malbik innan lóða.

Umhverfisstofnun safnar gögnum um farveg malbiksúrgangs. Í gagnasöfnun Umhverfisstofnunar er malbik flokkað í tvo flokka, þ.e. malbik sem ekki er spilliefni og malbik sem inniheldur kolatjörü og flokkast sem spilliefni. Samkvæmt gagnasöfnun þeirra fóru 34.274 tonn af malbiki í úrgangsflokk árið 2017 og 42.458 tonn árið 2018. Meðhöndlun þessa úrgangs var þannig (sjá töflu 1).

Tafla 1: Meðhöndlun malbiksúrgangs árið 2017 og 2018 (Umhverfisstofnun, 2019)

		Malbik 2017 [t]	Malbik 2018 [t]	Hlutfall 2017 [%]	Hlutfall 2018 [%]
Endurvinnsla	Jarðgerð	0	0	0	0
	Önnur endurvinnsla	0	22.992	0	54,2
Endurnýting	Brennsla með orkunýtingu	0	0	0	0
	Notað sem fyllingarefni	31.783	17.510	92,7	41,2
	Önnur endurnýting	2.348	1.957	6,9	4,6
Förgun	Urðun meðhöndlað	143	0	0,4	0
	Urðun ekki meðhöndlað	0	0	0	0
	Brennsla án orkunýtingar	0	0	0	0
Samtals		34.274	42.458	100,0	100,0

Á milli árána 2017 og 2018 fór Umhverfisstofnun í aðgerðir til að bæta skráningu malbiksúrgangs, þannig að meiri vissa ríkir yfir gögnunum frá árinu 2018.

Til þess að staðfesta þessi gögn var leitast eftir að fá gögn um malbiksúrgang frá verkkaupa, Kópavogi, einum verktaka: Malbikunarstöðinni Hlaðbæ Colas og móttöku- og flokkunarfyrirtæki úrgangs á höfuðborgarsvæðinu, SORPA b.s.

4.1.1 Kópavogur

Sveitafélagið sendi gögn frá árinu 2018. Á því ári voru keypt 2.566 tonn af malbiki, þar af voru 28,2% nýlagnir og 71,8% yfirlagnir. Enginn malbiksúrgangur féll til af nýlögnum. Þannig voru 1.841 tonn af nýju malbiki notuð í yfirlagnir og á sama tíma féllu til 1.073 tonn af malbiksúrgangi, þ.e. 58,3% af nýju malbiki að meðaltali yfir ár. Íbúafjöldi í Kópavogi þann 1. nóvember 2018 var 36.808 manns, sem gerir 29.2 kg af malbiksúrgangi á íbúa á ári.

4.1.2 Malbikunarstöðin Hlaðbær Colas

Fyrirtækið er verktaki í malbiksframkvæmdum. Fyrirtækið framleiðir malbik, leggur það út og fræsir, en það fer eftir útboðum hvaða verk þau taka að sér. Malbikunarstöðin tekur einnig við malbiksúrgangi á plani aftan við malbikunarstöðina á Gullhelli í Hafnarfirði. Við allar þær framkvæmdir þar sem Hlaðbær Colas var verktaki, féllu til u.þ.b. 20 þúsund tonn af fræstu malbiki árið 2019. Sama ár tóku þeir við u.þ.b. 27 þúsund tonnum af malbiksúrgangi á plani (u.þ.b. 50% fræst malbik og 50% annar malbiksúrgangur) og komu 30 þúsund tonnum aftur í farveg (þ.e. endurnotkun, endurvinnsla eða endurnýtingu). Af þeim 30 þúsund tonnum voru 12-13 þúsund tonn endurnotað í bundin slitlög og restin notuð í burðarlag eða landfyllingu.

4.1.3 SORPA bs.

SORPA bs. er einn þeirra sorpmóttökustöðva sem tekur við malbiksúrgangi sem ætlaður er til urðunar. Malbiksúrgangurinn er flokkaður með steinefnum og öðrum óvirkum úrgangi, sem var rúmlega 25 þúsund tonn árið 2019 (og enn meira árið 2018), en lítill hluti þess er í raun malbiksúrgangur. SORPA reynir að halda malbiksúrgangi aðskildum öðrum steinefnum svo þeir geti notað efnið í burðarlög á urðunarsvæðinu. Ekki er haldið sérstaklega utan um magn malbiks sem tekið er við, en árið 2019 var 696 m³ (u.þ.b. 1.630 tonn) af malbiki notað í vegagerð og plön í Álfsnesi, þar með talið malbiksúrgangur af svæðinu. Þó er mögulegt að hluti malbiksúrgangsins hafi verið urðaður, sem er því ekki í þessari tölu. Einnig er möguleiki á að hluti þessa malbiks hafi borist 2018 og nýttur 2019. Þó að magn malbiksúrgangs sé ekki verulegt má þó taka fram að SORPA hefur orðið vör við aukningu á því að malbiki sé skilað í Álfsnes núna en var t.d. fyrir nokkrum árum síðan.

Það er því ljóst að það sem fellur til af malbiksúrgangi á ári á Íslandi er sennilega meira en 42 þúsund tonn. Þar að auki, er malbiksúrgangi komið fyrir á urðunarstaðnum á Álfsnesi á hverju ári, þó er ekki vitað hversu mikið eða hversu hátt hlutfall þessa efnis er notað í uppbyggingu og hversu hátt hlutfall er urðað.

5 Vistferilsgreining

Umhverfisáhrif verða reiknuð og metin með því að framkvæma vistferilsgreiningu (e. Life Cycle Assessment, LCA) sem er alþjóðlega stöðluð og viðurkennd aðferð til að meta umhverfisáhrif vöru eða þjónustu yfir ákveðinn líftíma eða vistferil.

Vistferilsgreining verður framkvæmd við þessa rannsókn og miðast gagnaöflun og útreikningar við viðurkenndar aðferðir í vistferilsgreiningum í samræmi við ISO 14040 staðalinn (12). Notast verður við vistferilsgreiningarhugbúnaðinn [EASETECH](#), hannaður af Danska tækniháskólanum (DTU) (13) og er hann sérsniðinn að vistferilsgreiningarútreikningum á úrgangsmeðhöndlunum.

5.1 Skilgreining markmiða

Skilgreining markmiða felur í sér 6 þætti; *Fyrirhuguð notkun, aðgerðarforsendur og áhrifatakmarkanir, samhengi ákvörðunar og ástæða framkvæmdar, markhópur, áætlanir til birtingar og umsjónaraðilar greiningarinnar og aðrir áhrifavaldar* (14).

5.1.1 Fyrirhuguð notkun

Væntanlegur afrakstur vistferilsgreiningarinnar er að meta mögulegan umhverfislegan sparnað á Íslandi í sambandi við endurnotkun malbiks í nýtt malbik. Þessi rannsókn er samanburðar vistferilsgreining (e. comparative LCA study) þar sem borin verða saman umhverfisáhrif fjögurra atburðarrása. Atburðarrásirnar eru 1) ef malbiksúrgangur er endurnotaður í bundið slitlag, 2) malbiksúrgangur er endurunninn í burðarlag, 3) malbiksúrgangur er endurnýttur í landfyllingu eða 4) malbiksúrgangur er urðaður.

5.1.2 Aðferðaforsendur og áhrifatakmarkanir

Rannsóknin magngreinir samanburð á afleiðingum fjögurra atburðarrása með því að nota aðferðir sem Evrópusambandið mælir með að nota. Með öðrum orðum, niðurstöður rannsóknarinnar gefa til kynna umhverfislegar afleiðingar þess að endurnota, endurvinna, endurnýta eða farga malbiksúrgangi.

Áhrif mismunandi tæknilegra lausna eru ekki til skoðunar í þessari greiningu. Þar að auki, er hún landfræðilega afmörkuð við íslenskar aðstæður og það ætti að fara varlega með að yfirfæra niðurstöðurnar á önnur lönd. Áhrifaekinnir rannsóknarinnar voru yfirfærðar á einingasértækt form til þess að tengja niðurstöðurnar við evrópska samfélagsstarfsemi. Hafa skal í huga að einingasértækir stuðlar tengdir eituráhrifum eru taldir vera vanmetnir sem gerir það að verkum að einingasértæku niðurstöðurnar sem varða eiturverkanir manna og ferskvatns eru ofmetnar.

5.1.3 Samhengi ákvörðunar og ástæða framkvæmdar

Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar styrkti ReSource International ehf. til þess að gera greiningu á umfang umhverfissparnaðar mismunandi farvega malbiksúrgangs á Íslandi í dag (viðmiðunarár 2018). Niðurstöðurnar eru ætlaðar til ákörðunartaka um hversu mikill umhverfissparnaður verður af betri nýtingu af malbiksúrgangi á Íslandi.

5.1.4 Markhópur

Hönnunarteymi vega og ákvörðunarhafa um verkáætlanir Vegagerðarinnar. Fyrirtækið er kunnugt um vistferilsgreiningar og hugtök þeirra.

5.1.5 Áætlanir til birtingar

Vistferilsgreiningin er ekki ætluð til opinberrar birtingar.

5.1.6 Umsjónaraðilar greiningarinnar og aðrir áhrifavaldar

Greiningin fékk styrk úr rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar árið 2019-2020. Greiningin er gerð af starfsfólki ReSource International ehf. sem hefur hlutlausa afstöðu til niðurstöður hennar.

5.2 Umfang

Umfang greiningarinnar inniheldur upplýsingar um metið ferli eða vöru og felur í sér í átta þætti: *Afurð, hlutverk, eiginleikar, aðgerðargreining og viðmiðunarflæði, líkanarammi, mörk kerfisins og heildleikakröfur kerfisins, rammi og endurspeglun gagna, grunnur fyrir áhrifagreiningu, kröfur fyrir samanburðargreiningu og þörf fyrir gagnrýna yfirferð.*

5.2.1 Afurð

Afurð inniheldur greiningu á vistferli úrgangskerfisins, vistferilsáhrifagreining á einingasértæku formi og persónusértæku formi og túlkun niðurstaðna.

5.2.2 Hlutverk, eiginleikar, aðgerðargreining og viðmiðunarflæði

Meginhlutverk úrgangsstjórnunarkerfis er að flytja og meðhöndla úrgang sem fellur til við malbiksframkvæmdir. Einnig að framfylgja lögum landsins varðandi meðhöndlun úrgangs og umhverfisvernd. Úrgangsstjórnun verður að uppfylla ákveðna nauðsynlega eiginleika, svo eru aðrir eiginleikar þess sem ekki þarf að uppfylla en gefur ákveðna kosti miðað við önnur úrgangsstjórnunarkerfi, sem kallaðir eru staðsetningareiginleikar. Sjá má nauðsynlega og staðsetningareiginleika úrgangsstjórnunar í töflu Tafla 2.

Tafla 2: Nauðsynlegir og staðsetningareiginleikar úrgangsmeðhöndlunar

Nauðsynlegir eiginleikar	Staðsetningareiginleikar
Söfnun auðlinda og úrgangs	Fylgir rammatilskipun ESB um meðhöndlun úrgangs
Uppfyllir lög um meðhöndlun úrgangs 55/2003	Fylgir landsáætlun um úrgangsmeðhöndlun
Uppfyllir reglugerð um meðhöndlun úrgangs 737/2003	Fylgir aðgerðaráætlun í loftlagsmálum
Uppfyllir reglugerð um urðun úrgangs 738/2003	Hlutfall endurnotkunar
	Hlutfall endurvinnslu
	Hlutfall endurnýtingu
	Hlutfall urðunar / förgunar
	Orkunotkun
	Eldsneytisnotkun
	Vatnsnotkun
	Hentugleiki
	Öryggi og heilsa
	Umhverfisspor
	Verð

5.2.3 Aðgerðargreining

Atburðarrásirnar fjórar eru bornar saman útfrá aðgerðargreiningunni: „Ráðstöfun, flutningur og meðhöndlun á 1 tonni af malbiksúrgangi sem fellur til vegna malbiksframkvæmda á Íslandi m.v. viðmiðunarárið 2018“

Viðmiðunarfleði: 1 tonn af samleitum malbiksúrgangi, sem er samsettur af 95% steinefnum og 5% bitumen

5.2.4 Líkanarammi

Endurnotkun malbiksúrgangs að fullu myndi hafa áhrif á innflutning og framleiðslu steinefna og bitumens til notkunar á Íslandi. Þar að auki myndi það hafa í för með sér skipulagsbreytingar að einhverju leyti innan malbikunargeirans. En þar má helst nefna breytingar á kröfum kaupenda til prófana á endurunnu malbiki, á flutningi efna og nauðsynlegs tækjabúnaðar til aukinnar notkunar á malbiksúrgangi.

Þar með má gera þá ályktun að ákvarðanasamhengið sé á macro stigi, þ.e. ástand B samkvæmt leiðbeiningum ILCD (15; 16), sem gefur til kynna að samanburðar grundvöllur sé valinn sem líkanarammi. Fjölhlutverk var leyst með kerfisútvíkkunum.

5.2.5 Mörk kerfisins og heildleikakröfur kerfisins

Mörk kerfisins ná utan um orkuþörf, flutning og meðhöndlun malbiksúrgangs frá því að honum hefur verið komið fyrir í íláti og þangað til að hann hefur hlotið fulla meðhöndlun. Þannig er greiningin gerð frá gröf-til-vögg. Ferli sem tekin eru til greina í greiningunni eru flutningur efnis, staðgengi efnisins hvað varðar framleiðslu og innflutningur á steinefnum og bitumen og niðurbrot efnis á urðunarstað.

Heildarkröfur kerfisins

Í greiningunni er ekki gert grein fyrir þeim mun sem getur komið upp við endurnotkun malbiks hvað varðar líftíma bundinna slitlaga eða ákveðnum breytingum í orkunotkun við framleiðslu malbiks með og án endurunnins malbiks.

5.2.6 Rammi og endurspeglun gagna

Reynt var eftir fremsta megni að safna eins tæknilega, landfræðilega og tímalega samsvarandi gögnum.

Tæknilegur rammi gagna

Tæknin sem notuð er í greiningunni byggist á þeim trukkum og skipum sem notuð eru til flutnings á efnum og þeirri orku sem notuð er til framleiðslu á steinefnum og bitumen. Í öllum tilfellum voru valin gögn sem samsvara viðeigandi tækni fyrir viðmiðunarárið (sjá nákvæmari útlistun í viðauka A, töflum A.1. til A.3.)

Landfræðilegur rammi gagna

Landfræðilegur rammi niðurstaðanna afmarkast við Ísland og þá sér í lagi fjarlægðirnar sem efni þurfa að ferðast til að komast til Íslands. Fjallað er nánar um fjarlægðirnar í undirkaflanum Uppruni og gæði upplýsinga (og í viðauka A, töflu A.3.).

Tímarammi gagna

Tímarammi gagnanna miðast að mestu af því hversu lengi malbiksúrgangur brotnar niður á urðunarstað og hversu lengi viðhaldi urðunarstaða er sinnt (~100 ár). Hér er gert ráð fyrir að úrgangsmýndun eigi sér stað yfir eitt ár og endurvinnsluáðferðirnar og brennslustöðvar næstu 10 árin (sjá nákvæmari útlistun í viðauka A, töflum A.1. til A.3.)

5.3 Grunnur fyrir áhrifagreiningu

Vistferilsáhrifagreiningartól ILCD (e. International Reference Life Cycle Data System) er innifalið í forritinu EASETECH sem notað var við vistferilsgreininguna. EASETECH notar þannig greiningartólið og flokkar umhverfisáhrif í 14 mismunandi áhrifaflokka (Tafla 3.)

Þegar grunnflæði efna hafa verið flokkuð í viðtaka (loft, ferskvatn, sjó o.fl.) eru áhrifin flokkuð í neðangreinda umhverfisáhrifaflokka. Þetta flokkunarkerfi byggir á svokallaðari miðpunktaaðferð (sjá útskýringarmynd í viðauka B, mynd B.1). Þegar umhverfisáhrif hafa verið flokkuð í áhrifaflokka eru niðurstöðurnar kallaðar einingasértækar niðurstöður. Þær niðurstöður eru síðan reiknaðar með persónusértækum stuðlum til að fá persónusértækar niðurstöður. Persónusértækir stuðlar miða við meðal umhverfisáhrif einnar manneskju í Evrópu á einu ári (e. Personal Equivalence, PE). Persónusértæku stuðlarnir eru staðlaðir og voru fundnir af PROSUITE verkefninu sem var leitt af Evrópusambandinu. Persónusértæku stuðlana má finna í viðauka B í töflu B.1 sem og lýsingar á umhverfisáhrifaflokkunum.

Tafla 3: Umhverfisáhrifaflokkar ráðlagðir af ILCD fyrir vistferilsgreiningar, 14 talsins. Nánari lýsingu á umhverfisáhrifaflokkum má sjá í viðauka B, mynd B.1 og töflu B.1

Áhrifaflokkar	Stytting	Impact category	Eining
Gróðurhúsaáhrif	GHÁ	Climate change	kg CO ₂ -Eq
Ósóneyðing	ÓE	Ozone depletion	kg CFC-11 Eq
Eiturverkanir manna, krabbameinsvaldandi	EMk	Human toxicity (cancer effects)	CTUh
Eiturverkanir manna, ekki krabbameinsvaldandi	EMek	Human toxicity (non-cancer effects)	CTUh
Svifryksmyndun	SM	Particulate matter	kgPM _{2.5} -eq
Jónandi geislun, áhrif manna	JG	Ionising radiation human health	kBq U235 eq
Ljósefnavirk ósón myndun	LÓM	Photochemical ozone formation	kg NMVOC
Jarðsýrnun	JS	Terrestrial acidification (Accumulated Exceedance)	mol H ⁺ eq
Ofauðgun jarðvegs	OJ	Eutrophication Terrestrial (Accumulated Exceedance)	mol N eq
Ofauðgun ferskvatns	OF	Eutrophication Freshwater (FEP ReCiPe)	kg P eq
Ofauðgun sjávar	OS	Eutrophication Marine (ReCiPe2008)	kg N eq
Eiturverkanir í ferskvatni	EF	Ecotoxicity freshwater	CTUe
Steinefnaeyðing	SE	Depletion of abiotic resources, fossil	kg Sb eq
Frumefnaeyðing	FE	Depletion of abiotic resources, elements	kg antimony-eq

EASETECH hugbúnaðurinn

Vistferilsgreiningin er gerð með forriti sem heitir EASETECH. Hugbúnaðurinn er þróaður af Tækniháskólanum í Danmörku (DTU) og er sérhæfður til þess að reikna umhverfisáhrif úrgangsstjórnunarkerfa. EASETECH samsvarar kröfum ILCD (International Reference Life Cycle Data System) handbókarinnar (15; 16) og vistferilsáhrifagreiningartól ILCD. Umhverfisáhrifaflokkarnir “Jónandi geislun”, “Land notkun” og “Fyrning auðlindar, vatn” eru ekki innifalin í EASETECH þrátt fyrir þeir séu birtir í ILCD. Áður nefndir áhrifaflokkar eru ekki innifaldir vegna þess að þeir fela í sér mikla óvissu, landfræðilega eða vegna aðferðarfræðinnar. Þar að auki skulu niðurstöður umhverfisflokkananna “Eiturverkanir manna, krabbameinsvaldandi”, “Eiturverkanir manna, ekki krabbameinsvaldandi” og “Eiturverkanir í ferskvatni” túlkaðir með varfærni því það er enn þörf á vísindalegri kunnáttu um efnafræðileg eituráhrif (17).

5.3.1 Kröfur fyrir samanburðargreiningu

Þegar birta á samanburðarvistferilsgreiningu fyrir almenningi er nauðsynlegt að sjá til þess að samanburðurinn sé gerður á jöfnum grundvelli, byggður á sömu gagnagæðum. Þó þessi vistferilsgreining sé ekki ætluð til birtingar var reynt eftir fremst megni að byggja samanburðinn á jöfnum grundvelli.

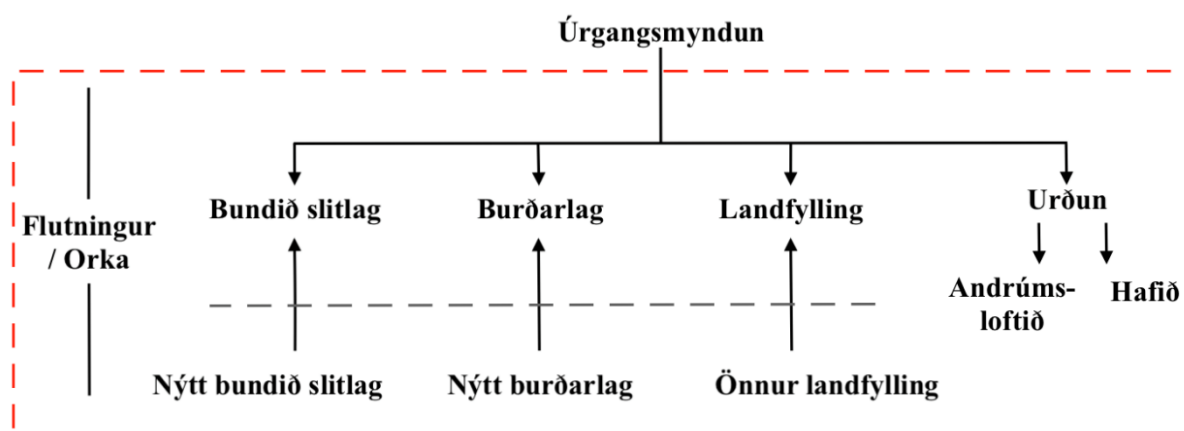
5.3.2 Þörf fyrir gagnrýna yfirferð

Þar sem greiningin er ekki ætluð til opinberrar birtingar er ekki nauðsynlegt að greiningin hljóti gagnrýna yfirferð. Hinsvegar, ef henni er seinna ætlað í birtingu skal greiningin yfirfarin af a.m.k einum hlutlausum vistferilsgreiningasérfræðingi.

6 Greining á vistferli úrgangskerfisins

6.1 Mörk kerfisins

Kerfið í þessari skýrslu nær yfir vistferil malbiksúrgangs frá því að hann verður úrgangur og þar til hann hefur fengið fulla meðhöndlun með niðurbroti, endurvinnslu eða nýtingu ásamt því að komast hjá framleiðslu nýrrar vöru. Úrgangur er í þessari skýrslu vara sem hefur verið fargað og sett í viðeigandi safntunnu eða gám. Gögn um hlutfallsskiptingu úrgangsins er útlistuð í kaflanum Gagnaöflun að framan og þau álitin gild. Í vistferilsgreiningunni og þá einnig í mörkum kerfisins var úrgangsstjórnun og -meðhöndlun sett saman í flæðirit. Á Mynd 1 má sjá kerfislíkan yfir flæði malbiksúrgangs.



Mynd 1: Kerfislíkan af flæði malbiksúrgangs sem fellur til við framkvæmdir þar sem kerfismörk vistferilsgreiningarinnar er innan rauðu punktalínunnar. Staðgeng framleiðsla er neðan við gráu punktalínuna.

6.2 Uppruni og gæði upplýsinga

Í þeim tilfellum sem ekki er hægt að fá upplýsingar beint frá framleiðanda eru notuð samsvarandi gögn úr gagnabankanum Ecoinvent. Ecoinvent er alþjóðlega viðurkenndur gagnabanki með meira en 20 ára reynslu á upplýsingasöfnun framleiðsluferla fyrir vistferilsgreiningar. Upplýsingum var safnað um úrgangsméðhöndlun og gert var grein fyrir þeim í kaflanum gagnaöflun, og þau flokkuð í gæðasérkenniflokkanna sem ná yfir mjög hátt til mjög lágt og skilgreiningar flokkanna má sjá í Tafla 4.

Tafla 4: Flokkun útskýrð á sérkenni gagna

Gæðasérkenniflokkur	Lýsing
Mjög hátt	Staðbundin mæling eða afleidd gögn af mælingu
Hátt	Gögn unnin úr staðbundnum mælingum með forritun
Meðal	Gögn úr gagnabönkum eða úr rannsóknum um raunveruleg ferli
Lágt	Gögn úr gagnabönkum eða úr rannsóknum um almenn ferli
Mjög lágt	Ályktanir dregnar af fagfólki

Orku- og frumefnanotkun

Eins og kom fram í kerfislíkani er ekki reiknað með þeirri orku sem þarf til að koma malbiksúrganginum frá götu og í ílát. Þar að auki, er ekki gert ráð fyrir að það sé mismunur á orkuþörf við að framleiða nýtt efni og efni úr malbiksúrgangi.

Ekki er gert ráð fyrir neinni frumefnanotkun við endurnotkun eða endurvinnslu malbiksúrgangsins, þó svo að það komi fyrir að efni séu notuð til að “yngja” bitumen við endurnotkun þess í bundin slitlög. Rökstuðningurinn fyrir þessu er að yfirleitt er það um 0.04-0.004% af heildarþyngd endurunnins efnis og því óverulegt.

Úrgangsmeðhöndlunir og skilvirkni

Bundið slitlag - Endurnotkun

Samkvæmt skilgreiningunni á endurnotkun er það „hvers kyns aðgerð þar sem vörur eða íhlutir, sem ekki eru úrgangur, eru notuð í sama tilgangi og þau voru ætluð til í upphafi“ (18). Endurnotkun í þessu tilfalli er því þegar malbiksúrgangur sem var upphaflega notaður í bundið slitlag, er aftur notað í bundið slitlag. Gert er ráð fyrir að allur malbiksúrgangur geti verið endurnotaður í bundin slitlög, þ.e. enginn hluti úrgangsins er fer til spillis þannig að hægt er að nota hann að fullu.

Burðarlag - Endurvinnsla

Skilgreining endurvinnslu er „hvers kyns endurnýtingaraðgerð sem felst í því að endurvinnna úrgangsefni í vörur, efnivið eða efni, hvort sem er til notkunar í upphaflegum tilgangi eða í öðrum tilgangi. Undir þetta fellur uppvinnsla á lífrænum efniviði, en ekki orkuvinnsla og uppvinnsla sem skilar efni sem á að nota sem eldsneyti eða til fyllingar“ (18). Í tilfalli malbiksúrgangs er það þegar hann er notaður í burðarlög.

Landfylling - Endurnýting

Skilgreining á endurnýtingu er „aðgerð þar sem aðalútkoman er sú að úrgangur verður til gagns þar eð hann kemur í stað annars efniviðar sem hefði annars verið notaður í tilteknum tilgangi, eða hann er útbúinn til þeirrar notkunar, í stöðinni eða úti í hagkerfinu“ (18). Þess vegna, þegar malbiksúrgangur er notaður fyrir einhverskonar landfyllingu skilgreinist það sem endurnýting.

Urðun - Förgun

Gert er ráð fyrir að urðun fari einungis fram á urðunarstað þar sem útblástur er meðhöndlaður með brennslu gass og sigvatn rennur út í sjó. Líkan var gert um urðun með því að nota almennan gagnabanka um meðalgóðan urðunarstað sem fengið frá EASETECH forritinu og það aðlagð að urðunarstaðnum á Álfsnesi. Einnig er gert ráð fyrir oxun í yfirborðslagi landfyllingarinnar. Gert er ráð fyrir að urðunarstaðurinn sé að meðaltali 10 m á hæð og úrkoman á svæðinu sé 900 mm/ári (19). Gagnapakkar sem notaðir voru fyrir urðun má sjá í viðauka A, tafla A.1.

Flutningar

Flutningur efnis frá upphafsstað til notkunarstaðs er mjög breytilegur. Þannig var nauðsynlegt að gera ráð fyrir meðalflutningsvegalengd miðað við valda meðhöndlunaraðferð. Gert var ráð fyrir að í öllum tilfellum sé notuð sama tegund af trucki til að flytja malbiksúrgang, þ.e. Euro 5

trúkkur sem tekur 28-35 tonn af efni og keyrir óhindraður (utanbæjarakstur). Gagnapakkar sem notaðir voru fyrir flutninga má sjá í viðauka A, tafla A.2.

Bundið slitlag

Til þess að nota malbiksúrgang í bundin slitlög þarf að keyra efnið frá upphafsstað á næstu malbikunarstöð þar sem það er meðhöndlað og blandað við nýtt efni. Gert var ráð fyrir að meðalflutningsvegalengd sé 100 km (og tilbaka tómur, alls 200 km).

Burðarlag

Í þeim tilfellum sem malbiksúrgangur er notaður í burðarlag er hann ýmist keyrður á næstu malbikunarstöð eða notaður á staðnum. Þannig var gert ráð fyrir að flutningsvegalengdin sé að meðaltali 50 km (og tómur tilbaka, samtals 100 km).

Landfylling

Í flestum tilfellum þar sem malbiksúrgangur er notaður sem landfylling er hann ekki fluttur eða ekki fluttur langt, þó það komi fyrir (20). Þannig er gert ráð fyrir að flutningsvegalengdin sé að meðaltali 10 km (og tómur tilbaka, samtals 20 km).

Urðun

Nú eru urðunarstaðir ekki á hverju strái, þannig var gert ráð fyrir að meðalflutningsvegalengd malbiks að urðunarstað sé 50 km (og tómur tilbaka, alls 100 km).

Staðgengi

Staðgengi eru þær aðgerðir sem hætt er við að framkvæma vegna tilkomu endurnotkunar, endurvinnslu eða endurnýtingar. Í tilfelli endurnotkunar á malbiksúrgangi, dregur það úr þörf á nýjum steinefnum og bitumen, sem dregur úr framleiðslu þess og skipaflutningum til Íslands. Í þessari vistferilsgreiningu er gert ráð fyrir að meðaltali helmingur af nýjum steinefnum sem eru notuð á landinu komi frá Noregi og hinn helmingurinn sé frá Íslandi (20). Gagnapakkar sem notaðir voru fyrir staðgengi má sjá í viðauka A, tafla A.3.

Nýtt Bundið slitlag

Gert er ráð fyrir að framleiðsla og mulningur steinefna á Íslandi og í Noregi sé jafnorkufrek og þar sem gögnin eru byggð á gagnabanka sem reiknar með meðal umhverfisáhrifum steinefnaframleiðslu. Framleiðsla bitumens byggir á gagnabanka sem tekur mið af meðalframleiðslu bitumens á heimsvísu. Helmingurinn af steinefnunum eru síðan send með flutningaskipi frá Noregi til Íslands (1600 km, fullur á leiðinni tilbaka (21)) og gert er ráð fyrir að bitumenið komi frá Venesúela (7350 km, fullur á leiðinni tilbaka (21)). Steinefni eru næst keyrð ýmist frá fjallshlíð að malbikunarstöð eða steinefni og bitumen frá höfn að malbikunarstöð, en gert var ráð fyrir að meðal flutningsleið sé 100 km (tómur tilbaka, alls 200 km).

Nýtt Burðarlag

Sama gildir um nýtt burðarlag, þ.e. gert er ráð fyrir því sama hvað varðar framleiðslu og flutning á steinefnum. Hinsvegar er yfirleitt ekki notað bik í burðarlög þannig að staðgengi malbiksúrgangsins í þessu tilfelli er einungis framleiðsla og flutningur steinefna. Flutningur

steinefna með skipi um 1600 km (fullur aðra leið) og flutningur með truckk, ýmist frá námu eða höfn að malbikunarstöð, að meðaltali 100 km (tómur aðra leið, alls 200 km)

Önnur Landfylling

Þegar malbiksúrgangur er notaður sem landfylling getur staðgengi hans verið ýmist mold, sandur eða önnur efni. Gert er ráð fyrir að þegar slíkar landfyllingar eru gerðar, séu notuð efni úr nærumhverfinu og að framleiðsla efnanna krefjist ekki umframorku við að nota malbiksúrgang og að framleiðsla þeirra raski ekki landi eða jörðu. Þannig eru engin staðgengi af þessari framkvæmd.

Urðun

Ekkert staðgengi er áætlað fyrir urðun efna.

Tafla 5: Sérkennistafla gagna. Mat á gæðum gagna sem notuð voru fyrir ferlin

Gögn	Gæðasérkenni					Tegund	Heimild	Aðgengi
	Mjög hátt	Hátt	Meðal	Lágt	Mjög lágt			
Efni								
Malbiksúrgangur	x					Hlutfall	Staðbundin mæling	Hlaðbær Colas hf.
Malbiksúrgangur		x				Samsetning	Staðbundin mæling	Hlaðbær Colas hf.
Úrgangsmeðhöndlunir								
Urðun			x			Förgunar- aðferð	Gagnabanki um almenn ferli	EASETECH
Flutningar								
Til malbikunarstöðva					x	Fjarlægðir	Meðaltal	Netleit
Burðarlag í notkun					x	Fjarlægðir	Meðaltal	Netleit
Fjarlægð í landfyllingu					x	Fjarlægðir	Meðaltal	Netleit
Fjarlægð í urðun					x	Fjarlægðir	Meðaltal	Netleit
Staðgengi								
Uppruni steinefna			x			Hlutfall	Gagnabanki	EASETECH
Framleiðsla steinefna				x		Almenn ferli	Gagnabanki	EASETECH
Framleiðsla biks				x		Almenn ferli	Gagnabanki	EASETECH
Flutningsskip				x		Almenn ferli	Gagnabanki	EASETECH

7 Niðurstöður vistferilsgreiningarinnar

Einingasértæku niðurstöður eru sýndar í Tafla 6 þar sem bornar eru saman niðurstöður þess ef 1 tonn af malbiksúrgangi er notað aftur í bundið slitlag, burðarlag, landfyllingu eða er urðað.

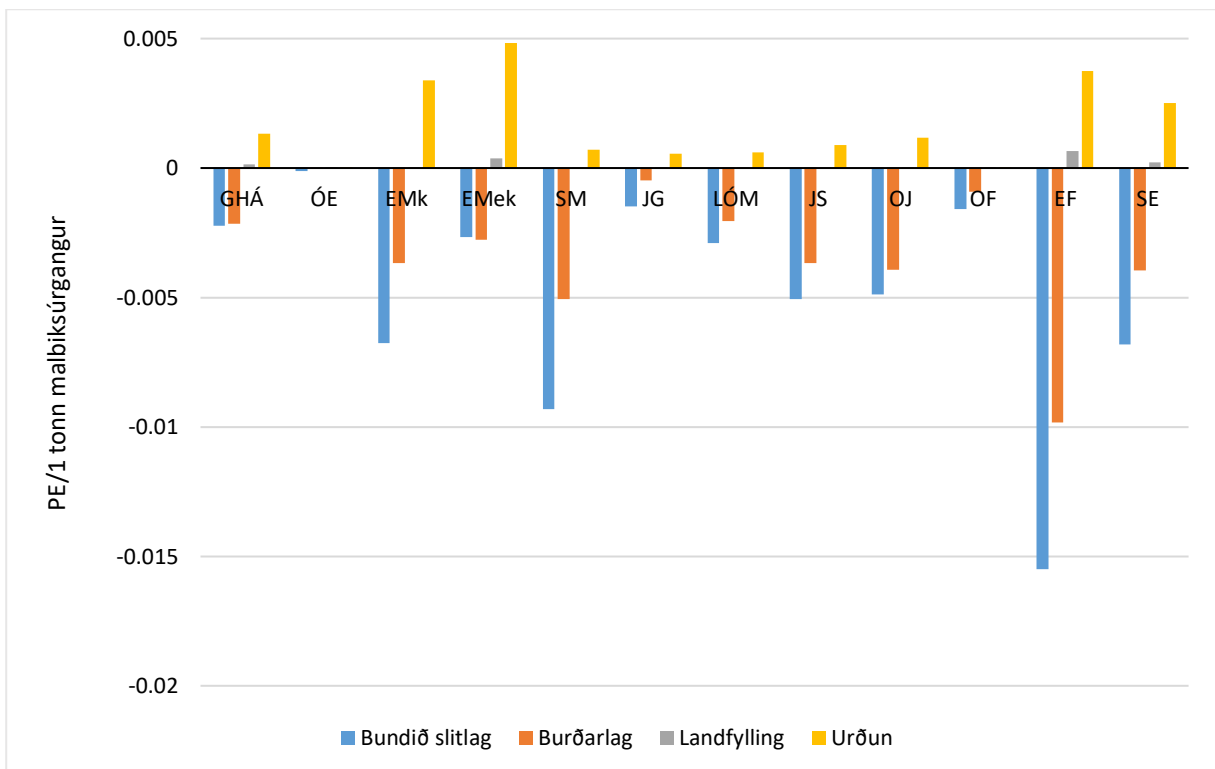
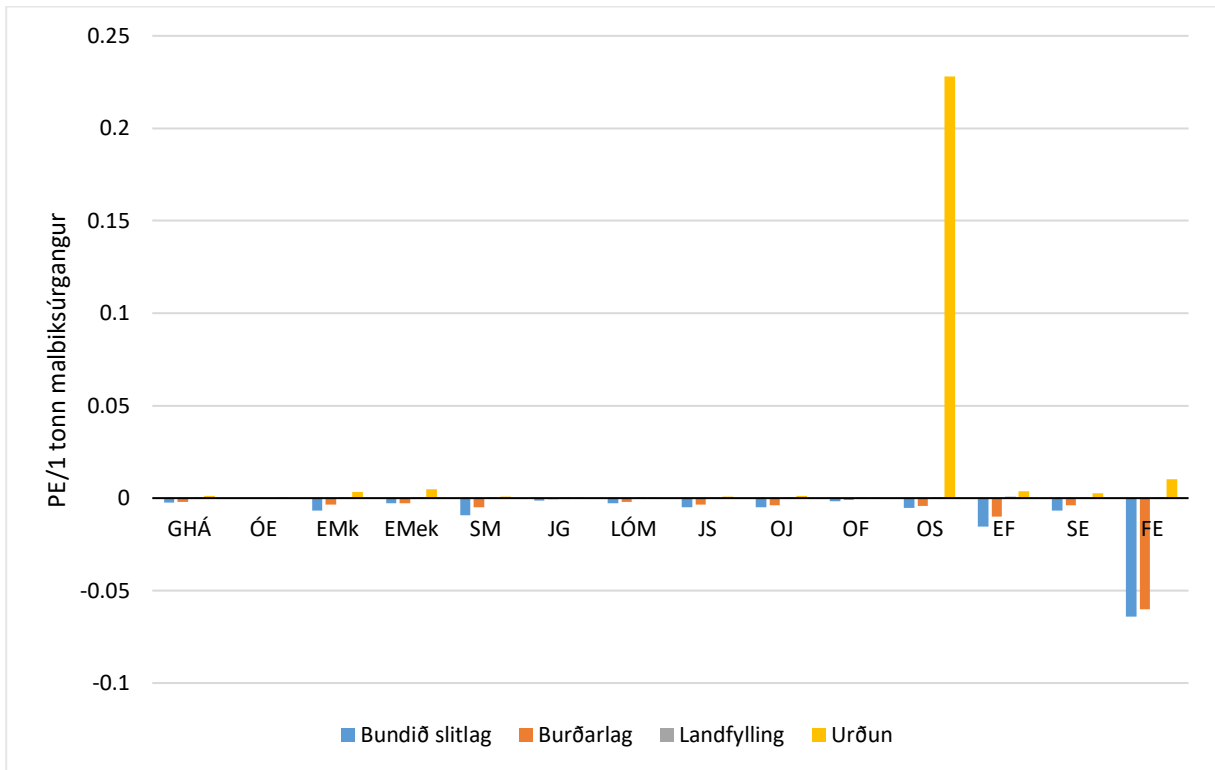
Tafla 6: Einingasértækar niðurstöður 14 áhrifaflokka sem fengnir eru með vistferilsgreiningartóli ILCD. Rauðir gefa til kynna þá reiti sem innihalda hæstu gildin og grænir lægstu gildin.

Áhrifaflokkar	Stytting	Bundið slitlag	Burðarlag	Landfylling	Urðun	Eining
Gróðurhúsaáhrif	GHÁ	-1.81E+01	-1.75E+01	1.06E+00	1.07E+01	kg CO ₂ -Eq
Ósóneyðing	ÓE	-5.22E-06	-8.23E-07	3.83E-10	2.48E-07	kg CFC-11 Eq
Eiturverkanir manna, krabbameinsvaldandi	EMk	-3.67E-07	-1.99E-07	1.61E-09	1.84E-07	CTUh
Eiturverkanir manna, ekki krabbameinsvaldandi	EMek	-2.92E-06	-3.06E-06	4.02E-07	5.32E-06	CTUh
Svifryksmyndun	SM	-2.57E-02	-1.40E-02	6.75E-05	1.98E-03	kgPM2.5-eq
Jónandi geislun	JG	-1.97E+00	-6.32E-01	1.51E-03	7.36E-01	kBq U235 eq
Ljósefnavirk ósón myndun	LÓM	-1.64E-01	-1.17E-01	1.18E-03	3.47E-02	kg NMVOC
Jarðsýrnun	JS	-2.51E-01	-1.82E-01	1.77E-03	4.35E-02	mol H+ eq
Ofauðgun jarðvegs	OJ	-5.61E-01	-4.51E-01	5.29E-03	1.35E-01	mol N eq
Ofauðgun ferskvatns	OF	-9.90E-04	-5.72E-04	9.09E-07	6.14E-06	kg P eq
Ofauðgun sjávar	OS	-5.00E-02	-3.94E-02	4.25E-04	2.14E+00	kg N eq
Eiturverkanir í ferskvatni	EF	-1.03E+01	-6.54E+00	4.40E-01	2.49E+00	CTUe
Steinefnaeyðing	SE	-4.25E+02	-2.47E+02	1.43E+01	1.57E+02	kg Sb eq
Frumefnaeyðing	FE	-2.20E-03	-2.06E-03	8.12E-07	3.53E-04	kg antimony-eq

Hver áhrifaflokkur í töfluTafla 6 hefur sér einingu þannig að varast skal að bera saman gildi úr ólíkum áhrifaflokkum. Litirnir hinsvegar, sýna hvaða sviðsmynd hefur hæsta og lægsta gildið innan hvers áhrifaflokks og það leynir sér ekki að það að endurnota malbiksúrgang í bundið slitlag er umhverfisvænasti kosturinn í samanburði við hina möguleikana. Á móti, er urðun malbiksúrgangs óumhverfisvænasti kosturinn. Það að taka eitt tonn, sem ætlað er í urðun og í staðinn nota það í bundið slitlag sparar þannig 28,9 kg CO₂ ígildum og 2.19 kg nitur ígilda í hafið.

Persónusértæku niðurstöðurnar eru sýndar á Mynd 2. Þar eru bornar saman niðurstöður sviðsmyndanna 4, þegar 1 tonn af efni er meðhöndlað. Niðurstöður hafa verið jafnaðar með persónusértækum stuðlum (sjá viðauka B, tafla B.1.) þannig að þær sýna hlutfallsleg áhrif framkvæmdanna miðað við meðalumhverfisáhrif einnar manneskju í Evrópu. Þegar þetta hefur verið gert er hægt að bera saman niðurstöður á milli áhrifaflokka og hægt er að átta sig á hvaða flokkar verða fyrir hlutfallslega miklum áhrifum og hverjir ekki.

Gildi sem falla ofan við miðlínuna tákna neikvæð umhverfisáhrif og það sem fellur neðan við miðlínuna tákna jákvæð umhverfisáhrif. Hafa skal í huga að jákvæð umhverfisáhrif í þessu tilfelli kemur til vegna staðgengis annarra efna og þess vegna tákna það umhverfissparnað en ekki bindingu útblásturs.



Mynd 2: Myndræn framsetning á persónusértækum niðurstöðum fyrir meðhöndlun á 1 tonni af malbiksúrgangi. Efri myndin sýnir alla áhrifaflökka og á neðri myndinni hafa flokkarnir "Ofauðgun sjávar" og "Frumefnaeyðing" verið fjarlægðir til að sjá niðurstöður allra áhrifa flokka betur.

Eins og í töflu Tafla 6 er ljóst á Mynd 2 að það að nota malbiksúrgang í bundið slitlag er umhverfisvænasti kosturinn í þessum samanburði og umhverfissparnaður tengdur hverjum áhrifaflokki. Á móti kemur eru neikvæð umhverfisáhrif tengd öllum áhrifaflokkum þegar horft er til urðunar malbiksúrgangs. Á mynd 2 sést að áhrifaflokkurinn „Gróðurhúsaáhrif“ verður fyrir hlutfallslega lágri breytingu. Samt sem áður, að færa 42.458 tonn af malbiksúrgangi frá urðun í bundið slitlag myndi spara útblástur sem er á pari við koltvíoxíðsútblástur 903 bíla/ári (gert er ráð fyrir að koltvíoxíðsútblástur bíls er 120.1 g/km og að meðal akstur á ári eru 11.300 km).

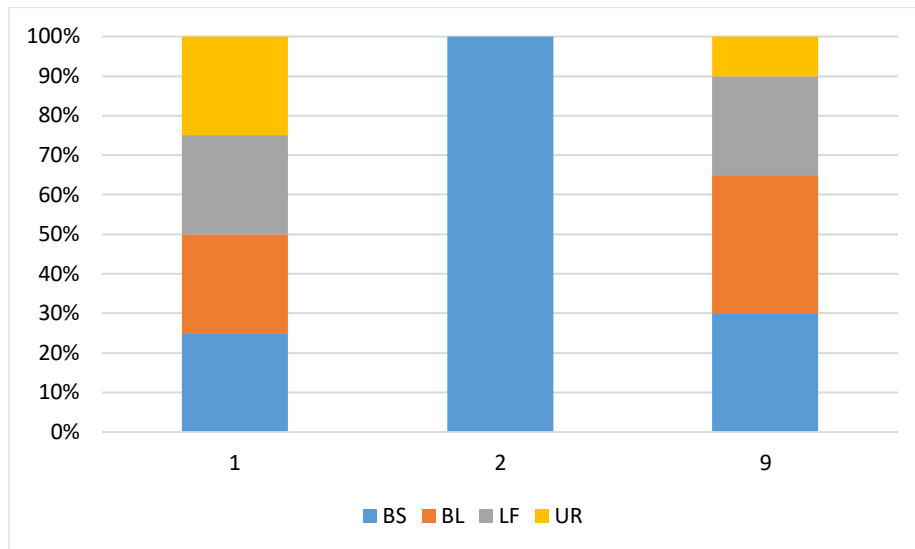
Ástæða þess að áhrifaflokkurinn „Ofauðgun sjávar“ gefur yfirgnæfandi neikvæð umhverfisáhrif (0.228 PE/1 tonn malbiksúrgangs, eða á við 22,8% af meðal umhverfisáhrifa einnar manneskju á ofauðgun sjávar á einu ári í Evrópu) er vegna þess að gert var ráð fyrir að sigvatn urðunarstaðarins rennur út í sjó, eins og er raunin í Álfsnesi og fjölda annarra urðunarstaða á landinu. Á móti kemur, gefur áhrifaflokkurinn „Frufefnaeyðing“ hlutfallslega háan umhverfissparnað (-0.64 til -0.60 PE/1 tonn malbiksúrgangs) sem kemur til vegna þess að endurnotkun og endurvinnsla malbiksúrgangs veldur sparnaði í framleiðslu steinefna.

Áhrifaflokkarnir „Svifryksmyndun“, „Eiturverkanir ferskvatns“ og „Steinefnaeyðing“ gefa allir af sér hlutfallslega háan umhverfissparnað vegna þess að endurnotkun og endurvinnsla malbiksúrgangs kemur í veg fyrir framleiðslu steinefna, bitumens og dregur úr flutningi þessara efna.

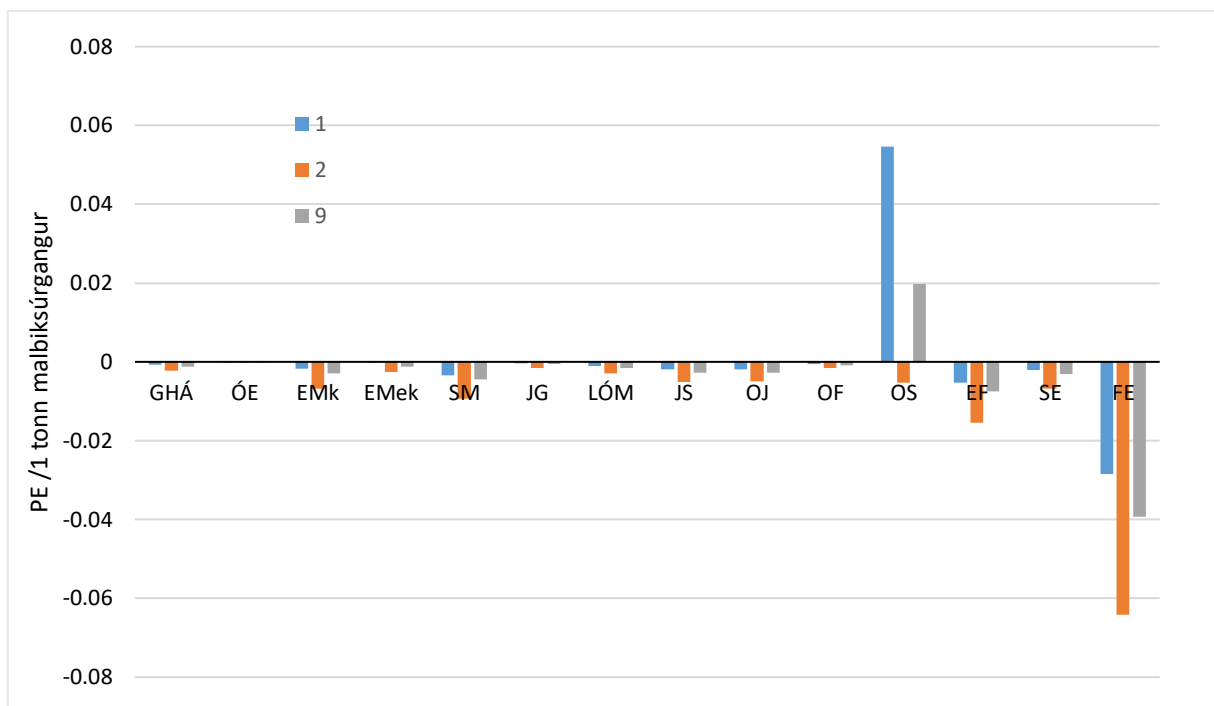
Sviðsmynd um landfyllingu malbiksúrgangs hefur lítið vægi í samanburði við hinar sviðsmyndirnar vegna þeirra forsenda sem lagt var upp með. En áhrif landfyllingu er einungis sú orka sem er notuð til þess að flytja malbiksúrganginn frá upphafsstað að landfyllingarstað. Hafa skal í huga að ekki fást sömu niðurstöður ef malbiksúrgangur er grafinn án tilgangs eða með þeim tilgangi að losa sig við efnið. Í þeim tilfellum sem aðal tilgangur landfyllingar er að losa sig við efni er um að ræða förgun efnis.

7.1 Greining sem styður við ákvarðanatöku

Skoðaðar eru þrjár atburðarrásir. Í fyrstu atburðarrás er farvegur malbiksúrgangs þannig að 25% hans fer í endurnotkun, endurvinnslu, endurnýtingu og urðun. Í annari atburðarrásinni er allur malbiksúrgangur endurnotaður í bundið slitlag. Í þriðju atburðarrásinni, er sett upp atburðarrás um líklegan farveg malbiksúrgangs miðað við gögn sem greint var frá í fyrri kafla; 30% endurnotað, 35% endurunnið, 25% endurnýtt og 10% urðað.



Mynd 3: Þrjár atburðarrásir þar sem misstórt hlutfall malbiksúrgangs fer í hinar fjórar úrgangsmæðhöndlunaraðferðir. BS = bundið slitlag, BL = burðarlag, LF = landfylling og UR = urðun.



Mynd 4: Persónusértækar niðurstöður atburðarrásanna þriggja.

Á Mynd 4 eru sýndar persónusértækar niðurstöður atburðarrásanna þriggja sem sjá má á Mynd 3. Fyrsta atburðarrásin gefur af sér hæstu neikvæðu umhverfisáhrifin og lægsta umhverfissparnaðinn í öllum áhrifaflokkum, sem stafar aðalleg af háu hlutfalli úrgangs sem er urðaður í þessari atburðarrás, 25%. Hæstur umhverfissparnaður er tengdur atburðarrásinni þar sem allur malbiksúrgangur er endurnotaður, í öllum áhrifaflokkum. Niðurstöður þriðju atburðarrásarinnar hafa ekki jafnháan umhverfissparnað tengdan við hvern áhrifaflokk eins og þegar allur malbiksúrgangur er endurnotaður. En einnig skal hafa í huga að greiningin gildir fyrir 1 tonn af malbiki. Þannig, ef áætlað er að 42.458 tonn af malbiksúrgangi falli til á einu ári, jafngildir umhverfissparnaðurinn frá atburðarrás 3 í atburðarrás 2 um 336 tonn CO₂ ígilda (hér er aðeins reiknað fyrir áhrifaflokkinn GHÁ).

7.2 Næmisgreining

Í næmisgreiningunni verða teknar fyrir þær óvissur sem stafa af keyrslu malbiksúrgangs í sviðsmyndum er varða endurnotkun og endurvinnslu. Næmi er byggt á reiknuðu næmishlutfall, reiknað samkvæmt jöfnu 1.1.

$$NH = \frac{\frac{\Delta Niðurstöður}{Upphaflegar niðurstöður}}{\frac{\Delta Breyta}{Upphafleg breyta}} \quad (1.1)$$

Breyta er talin hafa miðlungs næmi þegar hún uppfyllir jöfnu 1.2 og hafa háa næmi þegar hún uppfyllir jöfnu 1.3.

$$\text{Max}|NH| \geq 0.3 \quad (1.2)$$

$$\text{Max}|NH| \geq 0.5 \quad (1.3)$$

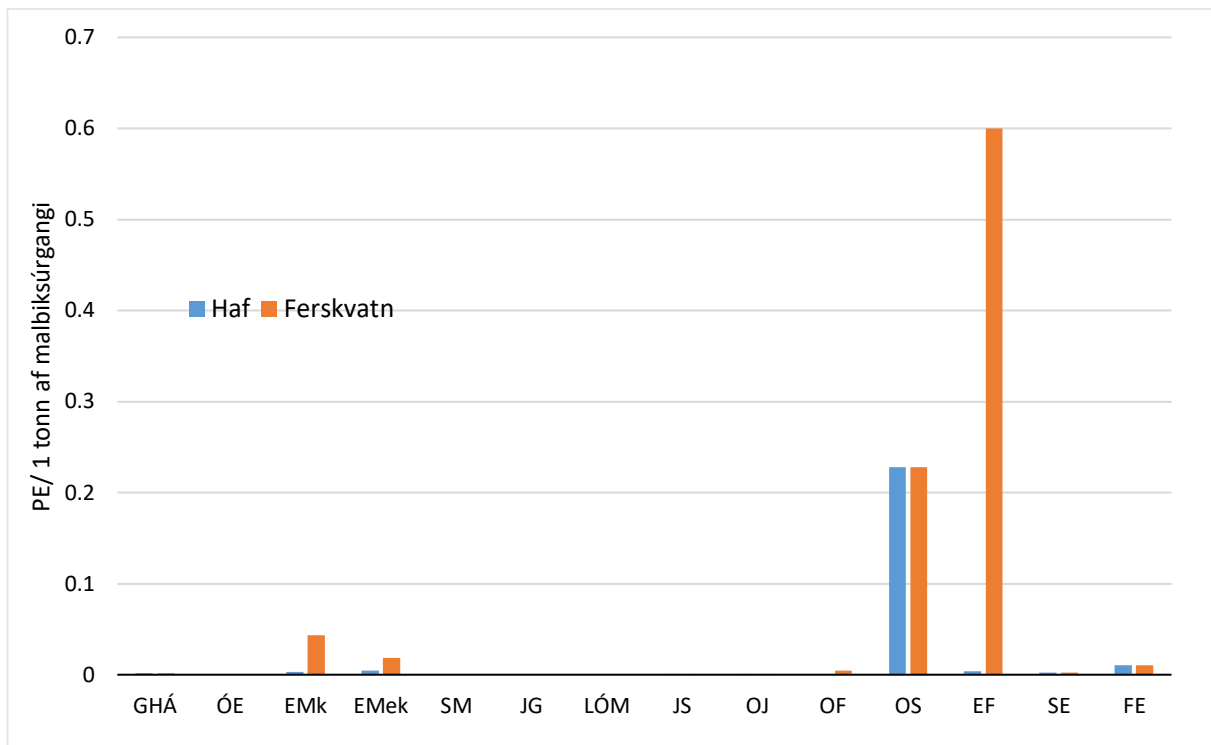
Niðurstöður næmisgreiningarinnar fyrir fjarlægð keyrslu malbiksúrgangs, annars vegar frá upphafsstað og að malbikunarstöð og hinsvegar, frá upphafsstað að notkunarstað, má sjá í töflu 7.

Miðað við gildi í töflu 7 er mælt með því að fara varlega í að draga ályktanir eða taka ákvarðanir út frá niðurstöðum áhrifaflokkana „Gróðurhúsaáhrif“, „Eiturverkanir manna, ekki krabbameinsvaldandi“ eða „Eiturverkanir í ferskvatni“, nema gera sérstaklega grein fyrir keyrsluvegalengdum malbiksúrgangs. Hinsvegar, skal taka fram að umhverfissparnaður er tengdur öllum áhrifaflokkum við að endurnota malbiksúrgang þangað til að keyrslufjarlægð frá upphafsstað að malbikunarstöð fer fram yfir 500 km.

Til viðbótar við þessa næmisgreiningu voru athugaðar breytingar á niðurstöðum urðunar malbiksúrgangs ef sigvatn rynni í ár og yfirborðsvatn í stað hafs (sjá Mynd 5).

Tafla 7: Næmishlutföll keyrslufjarlægðar í sviðsmyndum endurnotkunar og endurvinnslu. Rauðir reitir tákna miðlungs næmi breytu og gulir reitir tákna háa næmi breytu.

Áhrifaflokkar	Stytting	Bundið slitlag	Burðarlag
Gróðurhúsaáhrif	GHÁ	-0.59	-0.30
Ósóneyðing	ÓE	0.00	0.00
Eiturverkanir manna, krabbameinsvaldandi	EMk	-0.04	-0.04
Eiturverkanir manna, ekki krabbameinsvaldandi	EMek	-1.38	-0.66
Svifryksmyndun	SM	-0.04	-0.04
Jónandi geislun	JG	-0.01	-0.01
Ljósefnavirk ósón myndun	LÓM	-0.22	-0.15
Jarðsýrnun	JS	-0.14	-0.10
Ofauðgun jarðvegs	OJ	-0.28	-0.17
Ofauðgun ferskvatns	OF	-0.01	-0.01
Ofauðgun sjávar	OS	-0.27	-0.17
Eiturverkanir í ferskvatni	EF	-0.43	-0.34
Steinefnaeyðing	SE	-0.34	-0.29
Frumefnaeyðing	FE	0.00	0.00



Mynd 5: Persónusértækar niðurstöður þar sem athugað er næmi forsendunnar um að sigvatn urðunarstaðar renni í sjó. Þær niðurstöður eru bornar saman við ef sigvatn rynni í yfirborðsvatn og ár (ferskvatn).

Eins og gefur að skilja, hafði forsendubreytingin greinileg áhrif á áhrifaflokkinn „Eiturverkanir í ferskvatni“ og önnur minni áhrif á áhrifaflokkana sem tengjast eiturverkunum manna. Þessar niðurstöður gefa til kynna að þær forsendur sem lagt var upp með gætu verið heldur íhaldssamari/varkárari heldur en hitt.

8 Efnahagsleg greining

Í þessum hluta verkefnisins er gerð athugun á verðmætaaukningu malbiksúrgangs.

Bundið slitlag

Eins og gefur að skilja eru bundin slitlög allskonar og misdýr, en hinsvegar er miðgildisverð bundins slitlags (að frátöldu malbiki sem notað er á flugvelli) 24.280 kr/tonn (22).

Burðarlag

Samkvæmt gjaldskrá Colas, frá árinu 2019, kostar burðarlag 20 þúsund kr/tonn og gert er ráð fyrir að þetta sé hefðbundið verð fyrir burðarlög á Íslandi.

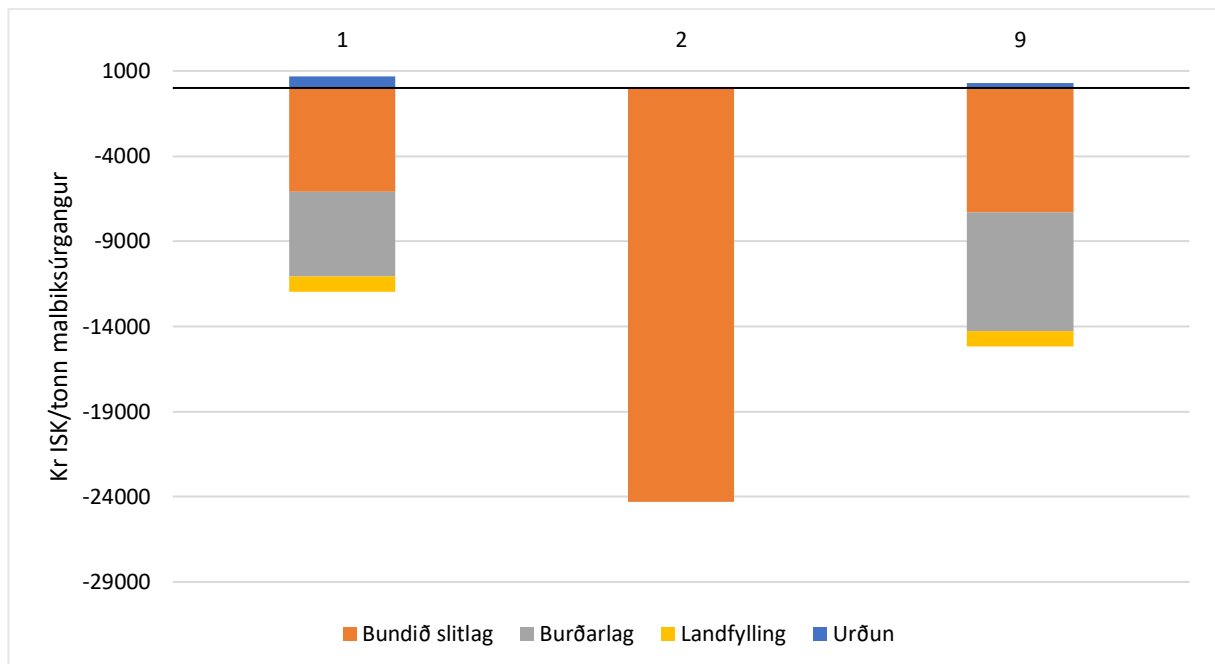
Landfylling

Gert er ráð fyrir að landfylling í þessu tilfelli sé ódýr sandur sem kostar 3500 kr/tonn (skv heimasíðu Malbikunarstöðvarinnar Höfða (23)).

Urðun

Samkvæmt gjaldskrá Sorpu árið 2020 kostar 1625 kr að fleygja 0.25 m³ (u.þ.b. 580 kg) af malbiksúrgangi, sem gerir 2770 kr/tonn (24).

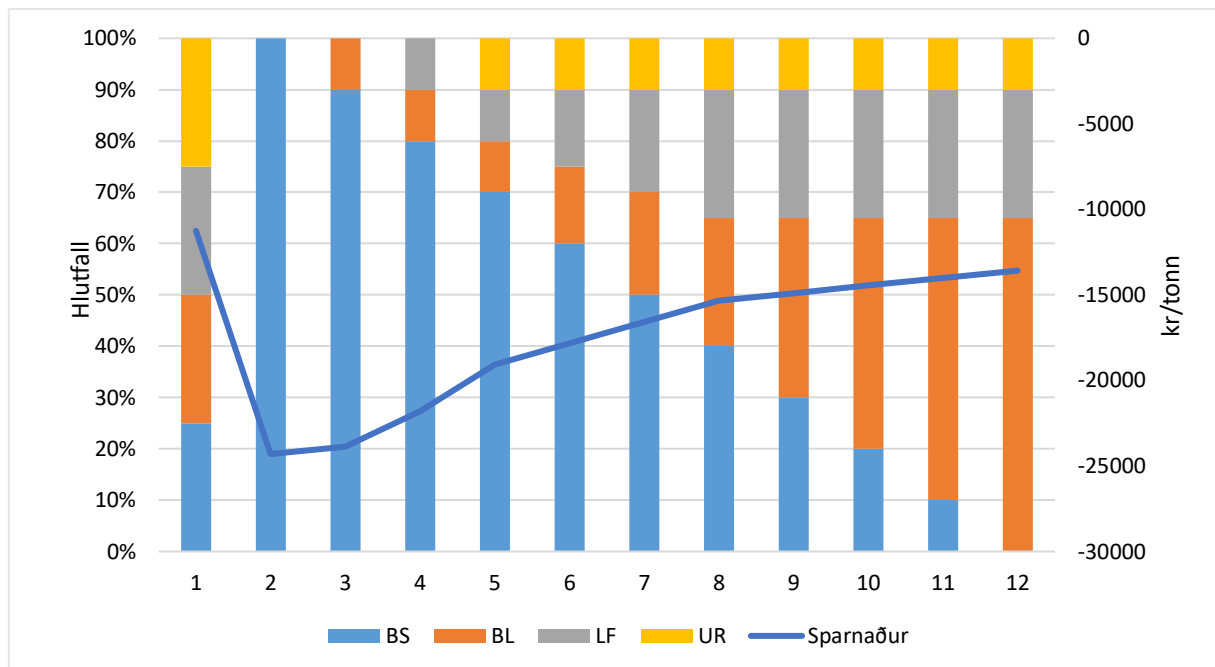
Gerð er athugun á sömu atburðarrásum og gert var í undirkaflanum Greining sem styður við ákvarðanatöku. Í fyrstu atburðarrás er farvegur malbiksúrgangs þannig að 25% af honum fer í endurnotkun, endurvinnslu, endurnýtingu og urðun. Í annari atburðarrás er allur malbiksúrgangur endurnotaður í bundið slitlag. Í þriðju atburðarrásinni, er sett upp atburðarrás um líklegan farveg malbiksúrgangs eins og gert var grein fyrir í fyrri köflum; 30% endurnotað, 35% endurnnið, 25% endurnýtt og 10% urðað. Efnahagslegur sparnaður er sýndur á Mynd 6 sem neikvætt gildi, í stíl við umhverfislegan sparnað.



Mynd 6: Efnahagsleg áhrif þriggja atburðarrása um farveg eins tonns af malbiksúrgangi

Á Mynd 6 er ljóst að mestur efnahagslegur sparnaður hlýst af því að endurnota allan malbiksúrgang í bundin slitlög. Fyrsta atburðarrásin gefur verstu niðurstöðurnar, enda sú atburðarrás þar sem stærstum hluta malbiksúrgangsins er fargað. Milli atburðarrásar 2 og 3 eru tæplega 9.400 kr ISK/tonn, og ef áætlað er að malbiksúrgangur sem fellur til á landinu á einu ári er 42.458 tonn (eins og áður) samsvarar það sparnað upp á tæplega 400 milljónir kr ISK á ári.

Þar sem ekki fengust þó skýr gögn um magn malbiksúrgangs sem fellur til eða farveg þess skal athuga nokkrar atburðarrásir til viðbótar. Samkvæmt þessu grafi getur sparnaður af því að auka endurnotkun malbiksúrgangs numið allt að 10.700 kr/tonn. Hafa skal samt í huga að ekki er gerður greinarmunur á þeim kostnaði sem verður til vegna flutnings efnanna eða launakostnaði í þeim tilfellum sem þarf að greina malbiksúrganginn fyrir notkun. Óvissa greiningarinnar felst aðallega í því að ekki fundust nægilega nákvæm gögn um farveg malbiksúrgangs til þess að segja nákvæmlega til um hvaða efnahagslegu afleiðingar það hefði í för með sér að breyta farveginum.



Mynd 7: Tólf atburðarrásir þar sem misstórt hlutfall malbiksúrgangs fer í hinar fjórar úrgangsméðhöndlunaraðferðir. BS= bundið slitlag, BL= burðarlag, LF= landfylling og UR= urðun. Efnahagslegur sparnaður sýndur í kr/tonn á hægri ás.

9 Niðurstöður

Gögnum um malbiksúrgang var safnað frá Umhverfisstofnun, Sorpu, Kópavogsbæ og Malbikunarstöðinni Hlaðbæ Colas. Ekki var stuðst við gögn um malbiksúrgang frá Umhverfisstofnun fyrir árið 2017, né gögn um malbiksúrgang sem bárust frá Sorpu en þau voru talin ófullnægjandi fyrir greininguna. Gögn frá Kópavogi og Malbikunarstöðinni Hlaðbæ Colas voru hinsvegar notuð sem viðmið fyrir atburðarrásir í greiningunum um það magn sem sveitarfélög leggja út af malbiki á ári miðað við íbúafjölda og meðhöndlunarfarveg malbiksúrgangs. Hinsvegar, vegna þess að gögn um farveg úrgangsins voru ófullnægjandi er ekki hægt að segja nákvæmlega til um þann umhverfislega og efnahagslega hagnað sem hlytist af að endurnota allan úrganginn.

Vistferilsgreiningin gerir grein fyrir umhverfisáhrifum sem hljóttast af fjórum meðhöndlunaraðferðum malbiksúrgangs. Miðað var við umhverfisáhrif meðhöndlunar á 1 tonni malbiksúrgangs, en endurnotkun þess í bundin slitlög gefur af sér mestan umhverfissparnað í öllum 14 áhrifaflokkum í samanburði við hinar meðhöndlunarleiðirnar. Miðað við þær forsendur sem lagt var upp með má spara 28,9 kg CO₂ ígildum og 2.19 kg nitur ígilda í hafið með því að taka eitt tonn, sem ætlað er í urðun og í staðinn nota það í bundið slitlag. Hinsvegar er ekki hægt að ábyrgjast umhverfissparnað í tengslum við alla áhrifaflokka ef það er meira en 250 km keyrsla frá upprunastað malbiksúrgangs og að næstu malbikunarstöð (og tómur tilbaka, alls 500 km).

Efnahagsgreiningin gerir grein fyrir þeim efnahagslegu áhrifum sem verða til vegna endurnotkunar, endurvinnslu, endurnýtingu og urðun malbiksúrgangs. Gert var grein fyrir þeim efnahagslega sparnaði sem verður til af 12 atburðarrásum þar sem mestur sparnaður fæst við það að endurnota malbiksúrgang í bundin slitlög. Miðað við þær forsendur sem lagt var upp með um efniskostnað má þannig spara 27.050 kr með því að taka eitt tonn, sem ætlað er í urðun og í staðinn nota það í bundið slitlag.

Niðurstöður greiningarinnar eru þær að það er umhverfisvænast og efnahagslega besti kosturinn að endurnota malbiksúrgang í bundin slitlög. Ef ekki er hægt að endurnota malbiksúrgang í bundið slitlag skal íhuga möguleika þess sem burðarlag. Forðast skal að nota malbiksúrgang sem landfyllingu, þó er það vænlegri kostur en að urða hann.

9.1 Ályktun og umfjöllun

Niðurstöður vistferilsgreiningarinnar eru í samræmi við þumalputtareglu í faggreininni, þar sem umhverfisvænast er endurnota og neikvæð umhverfisáhrif eru tengd því að farga efnunum. Óvissa greiningarinnar stafar aðallega af ósamræmi í gögnum frá hinum ýmsu fyrirtækjum sem koma að malbiksúrgangi og að auki virðist sem að gangaöflun um malbiksúrgang sé ekki skilvirk hjá öllum fyrirtækjum sem koma að honum.

Þegar rætt var við malbikunarfyrirtæki um malbiksúrgang varð ljóst að flest þeirra hafa mikinn áhuga á að endurnota malbiksúrganginn og sjá hag sinn í þeim efnunum. Í flestum malbiksframkvæmdum er lagt upp úr því að halda úrganginum til haga og nota hann aftur á framkvæmdarstað. Til þess að framleiða malbik úr malbiksúrgangi þarf viðbótarbúnað við

malbikunarstöðvarnar og mælst er með því að vita uppruna steinefna, kornastærðardreifingu hans og tegund bitumen. Að mati malbikunarstöðvanna, er tvennt sem hefur staðið í vegi fyrir aukinni endurnotkun malbiks, þá annars vegar skortir eftirspurn frá kaupendum malbiks og hinsvegar takmarkar staðallinn ÍST EN 13108-1:2016 endurnotkunina. Takmörkun staðalsins felst í ákvæði hans um að ef nota skal meira en 10% af endurunnu malbiki skal athuga stungudýpt bindiefnis í blöndunni (reiknuð samanlögð stungudýpt nýs bindiefnis og þess bindiefnis sem er endurnotað). Ákvæðið kallar þar með á stungudýptarpróf, án þess að taka fram hvernig skal einangra bik af malbiksúrganginum til að framkvæma prófið.

Frá sjónarhóli kaupenda er malbiksúrgangur vel nýttur í ýmsa landfyllingu, reiðstíga, bráðabirgðavegi, plön og vel heppnað sem burðarlag undir malbik. Þegar rætt var við tiltekinn verkkaupa, var það skoðun hans að það væri hvatning ef verð malbiks með eldra malbiki væri hagstætt og þá væri sá hinn sami tilbúin að nota það í stíga og malbik sem verður ekki fyrir mikilli áraun.

Í tilfelli verkkaupa og verktaka, kom fram að malbiksúrgangur þykir vera vel nýttur. Hinsvegar, eins og fram hefur komið, er möguleiki á að nýta malbiksúrganginn töluvert betur. En til þess að það verði að veruleika þarf að auka vitund um hann og bæta viðhorf til styrkleika malbiks með endurunnu malbiki.

Með þeim niðurstöðum sem komið hafa fram í þessari skýrslu er orðið skýrt hvað er í húfi þegar það kemur að endurnotkun malbiksúrgangs.

9.2 Meðmæli

Meðmælin í þessum kafla eru gerð í fyrsta lagi til þess að auðvelda fyrir endurnotkun malbiksúrgangs. Til þess að breyta þessu þarf að:

- Endurskoða staðal ÍST EN 13108-1:2016 með tilliti til endurnotkunar á malbiksúrgangi
 - a. Skoða hvort ákvæði staðalsins byggist á rannsóknum um endurnotkun malbiks
 - b. Bæta við lýsingu á hvernig má framkvæma stungudýptarpróf á skilvirkan og ódýran hátt
- Endurskoða útboðsgerðir með tilliti til endurnotkunar á malbiksúrgangi og kaup á malbiki með endurunnu malbiki
 - a. Gera ráð fyrir malbiksúrgangi við framkvæmdir
 - b. Finna skráningar um steinefnategund, kornakúrfu þeirra og bitumen tegund
 - c. Gera ráðstafanir til þess að malbiksúrgangur verði endurnotaður
- Styrkja við nýsköpun og þróun, og auka fræðslu, um endurnotkun malbiksúrgangs í bundin slitlög
- Setja kröfu um að lámarki 10% endurunnið malbik þurfi að vera í nýjum bundnum slitlögum

10 Heimildir

1. **Samgöngu og sveitarstjórnarráðuneytið.** *Samgönguáætlun 2019-2033.* 2018.
2. **Kalman, B.** RE-ROAD: end of life strategies of asphalt pavements. [Á neti] 2013. <http://re-road.fehrl.org/>.
3. **Hall, K.T., Simpson, A.L. og Correa, C.E.** *LTPP data analysis: Effectiveness of maintenance and rehabilitation options.* Washington DC : National Cooperative Highway Research Program, 2002.
4. *Laboratory evaluation of fatigue characteristics of recycled asphalt mixture.* **Shu, X., Huang, B. og D.Vukosavljevic.** 7, 2008, Construction and Building Materials, B. 22, bls. 1323-1330.
5. *Connections between the rheological and chemical properties of long-term aged asphalt binders.* **Wang, Y., o.fl.** 9, 2014, Journal of Materials in Civil Engineering, B. 27.
6. *Material-related aspects of asphalt recycling - state-of-the-art.* **Karlsson, R. og Isacson, U.** 1, 2006, Journal of Materials in Civil Engineering, B. 18, bls. 81-92.
7. *The effects of using reclaimed asphalt pavements (rap) on the long-term performance of asphalt concrete overlays.* **Wang, Y.** 2016, Construction and Building Materials, B. 120, bls. 335-348.
8. *Environmental impact of a binding course pavement section, with asphalt recycled at varying rates: use of life cycle methodology.* **Ventura, A., Monéron, P. og Jullien, A.** 2008, Road Materials and Pavement Design, B. 9, bls. 319-338.
9. *Plastic waste in road construction in Iceland: an environmental assessment.* **Guðmundsdóttir, G.F.** 2018, MSc thesis.
10. **Marchand, J.** *Asphalt in figures.* s.l. : European Asphalt Pavement Association, 2017.
11. **ISO.** ÍST EN 13108-1:2016: Malbiksblöndur - Efnislýsingar - Hluti 1: Stífmalbik. s.l., Ísland : Staðlaráð Íslands - Eftirprentun með leyfi frá International Standards Organization, 2016.
12. **International Organization for Standardization.** 14040: Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework. s.l. : ISO, 2006.
13. **Denmark, Technical University of.** *Landfill Techniques.* Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark. Copenhagen : s.n., 2018.
14. **Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K. og Olsen, S. I.** *Life Cycle Assessment: Theory and Practice.* s.l. : Springer, 2017.
15. **European Commission.** International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - Framework and requirements for Life Cycle Impact Assessment models and indicators. European Commission - Joint Research Center - Institute for Environment and Sustainability : Publication Office of the European Union, 2010.

16. —. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. s.l., European Commission - Joint Research Center - Institute for Environment and Sustainability : Publication Office of the European Union, 2010.
17. **Damgaard, A, o.fl.** *EASETECH - User manual*. Department of Environmental Engineering. Lyngby, Denmark : Technical University of Denmark, 2017.
18. **Alþingi**. 55/2003: Lög um meðhöndlun úrgangs. 2003.
19. **Veðurstofan**. Mánaðarmeðaltöl fyrir stöð 1 - Reykjavík. [Á neti] 2019. [Tilgreint: 7. október 2019.] https://www.vedur.is/Medaltalstoflur-txt/Stod_001_Reykjavik.ManMedal.txt.
20. **Colas, Malbikunarstöðin Hlaðbær**. *Fundur varðandi malbiksúrgang*. Gullhella, Hafnarfjörður, 5.. mars 2020.
21. **Sea-Distances.org**. Sea-distances. *Ports Distances*. [Á neti] 2020. <http://www.sea-distances.org>.
22. **Hlaðbær Colas**. Verðskrá Hlaðbæ Colas. [Á neti] 2019. <https://www.colas.is/verðskra>.
23. **Malbikunarstöðin Höfði**. Verðskrá. [Á neti] 2019. <https://www.malbik.is/verðskra>.
24. **Sorpa bs**. Steinefni frá framkvæmdum. [Á neti] 2020. <https://www.sorpa.is/einstaklingar/steinefni-fra-framkvaemdum>.

11 Viðauki

11.1 Viðauki A

Tafla A.1. Tæknileg-, landfræðileg-, tímaleg samsvörun gagnasafna með almennum athugasemdum sem fengin voru frá Easetech um meðhöndlunaraðferðir úrgangs

Gagnasafn	Land	Tímarammi	Athugasemd	Tækni	Heimild
Conventional Household waste, Flare, 100 years generic	Danmörk	2013	Raforkuframleiðsla, sending og dreifing	Nútímaleg	Easetech

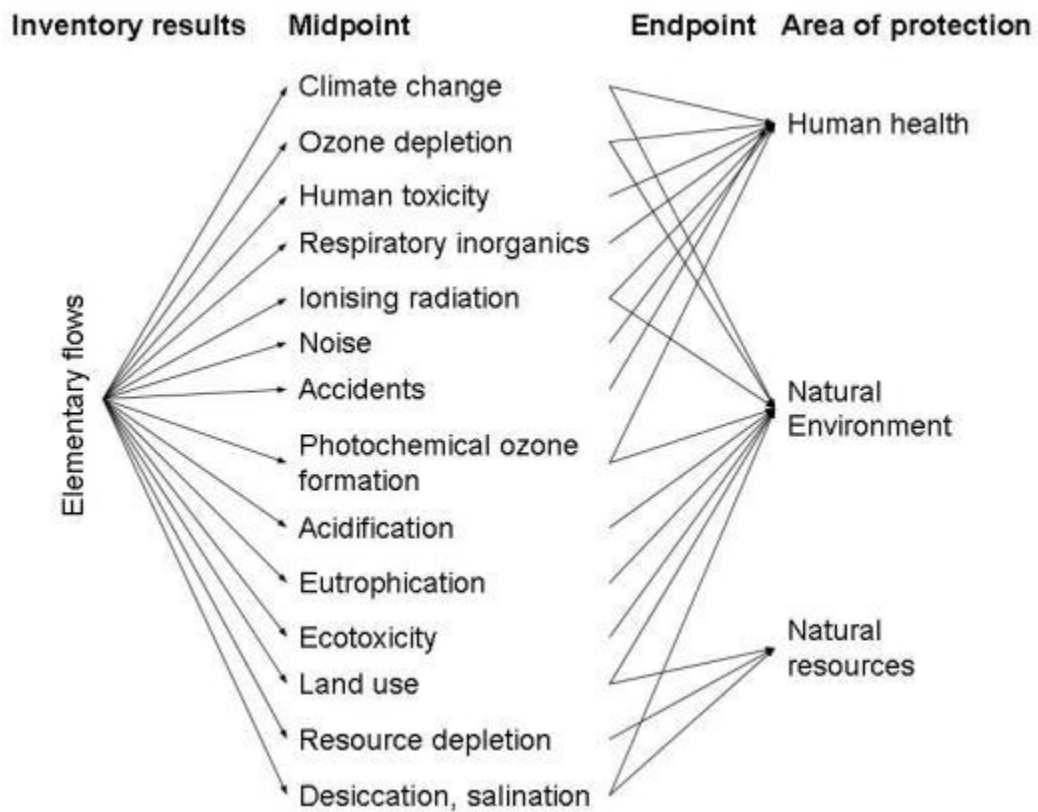
Tafla A.2. Tæknileg-, landfræðileg-, tímaleg samsvörun gagnasafna með almennum athugasemdum sem fengin voru frá Easetech um flutning

Gagnasafn	Land	Tímarammi	Athugasemd	Tækni	Heimild
Road, Truck, 28t-30t, Euro5, on highway	Danmörk	2009-2013	Hraði 80 km/klst, utan borgar, Euro4, 100% fylli 18 ton	Núverandi	EASETECH, COWI

Tafla A.3. Tæknileg-, landfræðileg-, tímaleg samsvörun gagnasafna með almennum athugasemdum sem fengin voru frá Ecoinvent um ýmsa framleiðslu notuð sem staðgengi ákveðins varnings

Gagnasafn	Land	Tímarammi	Athugasemd	Tækni	Heimild
Gravel and sand production, crushed	Global	1997-2001	Framleiðsla steina, sand og leir	Nýleg	EASETECH
Mastic asphalt production	Global	2000-2004	Framleiðsla á öðrum eignum en þeim úr málm	Nýleg	EASETECH
Bulk carrier oceans, technology mix; 100þ-200þ dwt, ELCD	Global	2005-2016	Flutningur og eldsneytisnotkun á þurrvörum sjóleið	Núverandi	EASETECH, ELCD database
Road, Truck, 28t-30t, Euro5, on highway	Danmörk	2009-2013	Hraði 80 km/klst, utan borgar, Euro4, 100% fylli 18 ton	Núverandi	EASETECH, COWI

11.2 Viðauki B



Mynd B.1. Rammi áhrifaþátta fyrir líkanagerð á miðpunkti og endapunkti (og verndarsvæði). Myndin er fengin frá ILCD handbók, 2010 (15; 16)

Tafla B.1. Normaliseraðir stuðlar samkvæmt PROSUIT verkefninu stýrt af Evrópusambandinu

ILCD Impact Category	Indicator	Unit	PROSUIE Global (2010 or 2000)
Climate change	Radiative forcing as global warming potential (GWP100)	kg CO2 eq./PE/year	8.10E+03
Ozone depletion	Ozone depletion potential (ODP)	kg CFC-11 eq. /PE/year	4.14E-02
Human toxicity, cancer effects	Comparative toxic unit for humans (CTUh)	CTUh/PE/year	5.42E-05
Human toxicity, non-cancer effects	Comparative toxic unit for humans (CTUh)	CTUh/PE/year	1.10E-03
Particulate matter/Respiratory inorganics	Intake fraction for fine particles (kg PM2.5-eq/kg) - PM2.3eq	kg PM2.5 eq. /PE/year	2.76E+00
Ionizing radiation, human health	Human exposure efficiency relative to U235	kBq U235 eq. (to air) /PE/year	1.33E+03
Photochemical ozone formation, human health	Tropospheric ozone concentration increase	kg NMVOC eq. /PE/year	5.67E+01
Acidification	Accumulated exceedance (AE)	mol H+ eq. /PE/year	4.96E+01
Eutrophication terrestrial	Accumulated exceedance (AE)	mol N eq. /PE/year	1.15E+02
Eutrophication freshwater	Residence of P in freshwater end compartment	kg P eq. /PE/year	6.20E-01
Eutrophication marine	Residence of N in freshwater end compartment	kg N eq. /PE/year	9.38E+00
Land use	Biophysical deficit	kg C deficit/PE/year	2.36E+05
Ecotoxicity freshwater	Comparative toxic unit for ecosystems (CTUe)	CTUe/PE/year	6.65E+02
Resource depletion water	Scarcity	m3 water eq. /PE/year	2.97E+01
Resource depletion, mineral, fossils and renewables	Scarcity	kg Sb eq. /PE/year	3.13E-01
Resources, depletion of abiotic resources, fossil	Scarcity	MJ/PE/year	6.24E+04
Resources, depletion of abiotic resources (reserve base)	Scarcity	kg Sb eq. /PE/year	0.0343