



MANNVIT

Tækniþróun lífdísilframleiðslu

Lokaskýrsla vegna styrkveitinga úr Orkusjóði

Styrkverkefni nr. 28-2010 (verkpáttur A)

7. febrúar 2013



TITILBLAÐ

Skýrsla nr: MV 2013-005	Útgáfunr.: 1	Útgáfudags.: 7.2.2013	Verknúmer: 7-009-288
----------------------------	-----------------	--------------------------	-------------------------

Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Tækniþróun lífdísilframleiðslu	Upplag: 3
	Fjöldi síðna: 22

Höfundur/ar: Ásgeir Ívarsson	Verkefnisstjóri (undirskr.): AI <i>Arnar Jónsson</i>
	Yfirfarið (undirskr.): TG <i>Teitur Gunnarsson</i>

Verkkaupi: Orkusjóður	Tengiliður verkkaupa: Jakob Björnsson
-----------------------	---------------------------------------

Samstarfsaðilar: Orkey ehf.

Útdráttur: Gerð er grein fyrir helstu niðurstöðum forprófana efnahvata og frumhönnun kerfis til framleiðslu lífdísils úr fitu- og olfúrlíkum úrgangum sem inniheldur umtalsvert magn frírra fitusýra. Til lengri tíma litið miðar verkefnið að framleiðslu eldsneytis í lífmassaverum úr ýmsum tegundum lífmassa.
--

Efnisorð: efnahvatar, estrun, framleiðsla, frírar fitusýrur, lífdísill, lífmassaver, lífrænn úrgangur, umestrún, úrgangur

Dreifing:

Opin öllum starfsmönnum
(Rafræn í bókasafni)

Lokuð
(Engin dreifing nema með leyfi verkkaupa.)

Breytingasaga:

1	7.2.2013	Útgefið	AI <i>AJ</i>	TG <i>TG</i>
Útgáfunr	Dags.	Breyting	Höf.	Yfirfarið



MANNVIT

Grensásvegur 1
108 Reykjavík
Sími: 422 3000
Fax: 422 3001
@: mannvit@mannvit.is
www.mannvit.is

Mannvit hf.

Efnisyfirlit

1	Inngangur	1
1.1	Forsaga	1
1.2	Markmið	1
1.3	Staða	1
2	Eldsneytið lífdísill	3
2.1	Óhefðbundið eldsneyti	3
2.2	Endurnýjanlegt eldsneyti	3
2.3	Lífeldsneyti	4
2.4	Lífdísill	5
2.5	Stærð innlends markaðar	6
3	Fitu- og olíuríkur úrgangur sem hentar til lífdísilframleiðslu	9
4	Framleiðsla lífdísils úr fitu- og olíuríkum úrgangi	11
4.1	Framleiðsluferli	11
4.1.1	Mögulegar tæknilegar útfærslur hvarfskrefa	11
4.1.2	Framleiðsla með samþættri estrun og umestrun	12
4.2	Samþætt estrun og umestrun	14
4.2.1	Hlutfall frírra fitusýra í fitu- og olíuríkum úrgangi $\leq 1-2\%$	16
4.2.2	Hlutfall frírra fitusýra í fitu- og olíuríkum úrgangi $2-8\%$	16
4.2.3	Hlutfall frírra fitusýra í fitu- og olíuríkum úrgangi $>8\%$	17
5	Lífmassaver	19
	Heimildaskrá	21

1 Inngangur

1.1 Forsaga

Verkefni þetta, *Tækniþróun lífdísilframleiðslu*, er verkþáttur A í verkefninu *Tilraunaframleiðsla á eldsneyti* sem Mannviti var veittur styrkur til úr Orkusjóði árið 2010. Samningur Mannvits og Orkusjóðs um styrkveitinguna er númer 28-2010. Verkþáttur B í verkefninu *Tilraunaframleiðsla á eldsneyti* er hluti verkefnisins *Tækjabúnaður og ferli til framleiðslu etanóls úr sellulósaríkum lífmassa, 1. Þróunaráfangi* (sjá skýrslu Mannvits nr. 2012-007).

1.2 Markmið

Markmið verkefnisins var að rannsaka og hefja þróun kerfa sem auka heimtur og gæði lífdísils sem framleiddur er úr olú- og fituríkum úrgangi. Slík framleiðsla krefst viðbóta við þá tækni sem notuð er til framleiðslu lífdísils úr ferskri jurtaolíu og nýtt er víðast hvar erlendis, þar sem úrgangurinn inniheldur alla jafna töluvert magn frírra fitusýra sem geta haft neikvæð áhrif á framleiðsluferlið og gæði afurðarinnar. Helstu flokkar fitu- og olíuríks úrgangs sem falla til hérlendis eru:

- Notuð steikingarolía og -feiti
- Dýrafita, þ.e. mör og afskurður ásamt fitu fenginni með bræðslu slátur- og kjötúrgangs
- Súrlýsi sem fellur til við lýsisframleiðslu
- Fita úr fitugildrum matvælavinnslu og frá skólphreinsistöðvum

Rannsókn- og þróunarvinnan fólst einkum í nauðsynlegri gagnaöflun, forþrófunum efnahvata og frumhönnun tækjabúnaðar. Niðurstöðurnar verða nýttar til hönnunar búnaðar fyrir lífdísilverksmiðju Orkeyjar þ.a. nýta megi fitu- og olíuríkan úrgang í frekari mæli reynist það hagkvæmt og til að auka gæði afurðarinnar.

Til lengri tíma litið miðar verkefnið – og verkefnið því tengd – að framleiðslu eldsneytis í lífmassaverum¹ úr ýmsum tegundum lífmassa, s.s. lífrænum úrgangi frá heimilum, matvælaiðnaði og landbúnaði ásamt ræktuðum plöntum og þörungum. Við þá framleiðslu myndu falla til ýmsar aukaafurðir sem hægt væri að vinna frekar og nýta í ýmsum iðnaði og landbúnaði.

1.3 Staða

Eins og ítarlega var gert grein fyrir í fylgiskjöllum með styrkumsókn tengist verkefnið m.a. samstarfi Mannvits og Orkeyjar um uppbyggingu lífdísilframleiðslu úr úrgangi. Verksmiðja Orkeyjar á Akureyri, sem hönnuð var af Mannviti, hóf starfsemi í lok árs 2010 og nemur framleiðslan nú um 100 tonn um árlega úr notaðri steikingarolíu og -feiti ásamt mör. Afkastageta verksmiðjunnar er hins vegar töluvert meiri, eða allt að 600 tonn á ári væri hún rekin allan sólarhringinn árið um kring.

Í framleiðsluferli Orkeyjar er notkun efnahvata lágmarkuð með nýtingu endurnýjanlegrar orku, auk þess sem notað er endurnýjanlegt metanól framleitt af Carbon Recycling International. Kolefnisspor afurðarinnar ætti því að vera með því lægsta sem þekkist fyrir lífdísil, þó svo orkunotkun sé nokkuð meiri en tíðkast erlendis við sambærilega framleiðslu.

¹ e. biorefinery.

Lífdísill framleiddur af Orkey hefur, blandaður í díseldsneyti, verið nýttur á nokkur stærri ökutæki og eitt fiskiskipa Samherja, Björgúlfur EA-312, með góðum árangri. Þannig varð Björgúlfur EA-312 fyrst íslenskra skipa til að ganga fyrir innlendu eldsneyti.



Mynd 1: Hvarftankar í lífdísilverksmiðju Orkeyjar á Akureyri.



Mynd 2: Björgúlfur EA-312, sem fyrst íslenskra skipa nýtir innlent eldsneyti.

Stefna Orkeyjar, til lengri tíma, er að nýta fitu fengna með bræðslu slátur- og kjötúrgangs ásamt súrlýsi og fitu úr fitugildrum matvælavinnslum og frá skólphreinsistöðvum þegar slíkt verður hagkvæmt. Jafnframt er markmið fyrirtækisins að uppfylla alþjóðlega gæðastaðla fyrir lífdísil, s.s. EN 14214, til að geta selt lífdísil fyrir ökutæki á almennum markaði.

Af viðskiptaástæðum verður ekki greint frá tæknilegum atriðum verkefnis í þau, en leitast verður við að gefa sem skýrasta mynd af markmiðum og helstu niðurstöðum þess.

2 Eldsneytið lífdísill

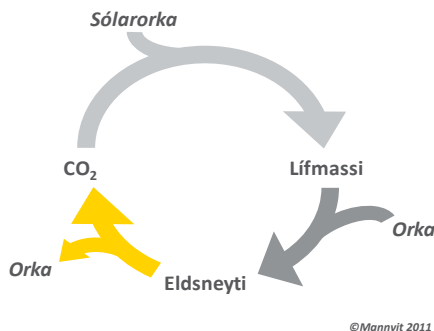
2.1 Óhefðbundið eldsneyti

Alla jafna er annað eldsneyti en fljótandi jarðefnaeldsneyti með suðumark yfir stofuhita við andrúmsloftsþrýsting, þ.e. bensín, hverskyns díseldsneyti (þ.m.t. svartolía) og steinolía, nefnt óhefðbundið eldsneyti². Allt endurnýjanlegt eldsneyti³ – og þar með lífdísill – telst því óhefðbundið eldsneyti, en einnig jarðefnaeldsneyti eins og t.d. jarðgas og fljótandi jarðolíugas (LPG). Einnig telst raforka óhefðbundinn orkugjafi sé hún nýtt til að knýja farartæki.

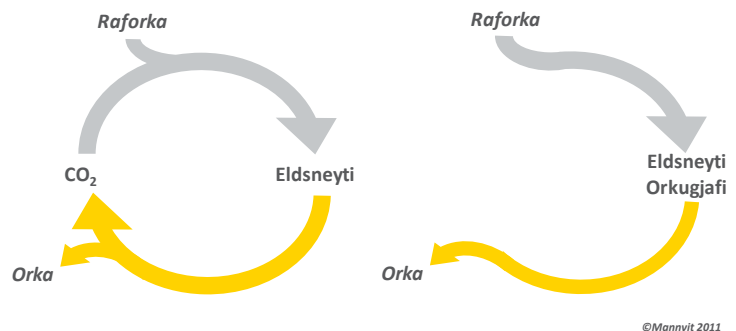
2.2 Endurnýjanlegt eldsneyti

Endurnýjanlegt eldsneyti er skilgreint sem eldsneyti unnið úr hráefni sem ekki gengur til þurrðar og skiptist í tvo meginflokka:

- *Lífeldsneyti* sem unnið er úr hvers kyns lífmassa sem á uppruna sinn í náttúrunni, hvort sem hann er ræktaður sérstaklega til eldsneytisframleiðslu eða ekki. Sem dæmi má nefna sykurrey, maís, repjufræ og hvers konar lífrænan úrgang. Lífeldsneyti er oft auðkennt með forskeytinu „líf“. Vel þekkt slíkt eldsneyti er lífdísill, (líf)etanól og (líf)metan.
- *Rafeldsneyti* er orkuberi fyrir endurnýjanlega raforku. Vetni sem framleitt er með rafgreiningu vatns (rafgreiningarvetni) er dæmi um slíkt eldsneyti. Það eru einnig metanól og DME (dímetýleter) sem framleidd eru með efnahvarfi rafgreiningarvetnis og koldíoxíðs, en það er ein leið til kolefnisföngunar⁴.



Mynd 3: Lífeldsneyti. Einfölduð mynd af orkuflæði og hringrás kolefnis við framleiðslu og notkun.



Mynd 4: Rafeldsneyti. Vinstra megin er einfölduð mynd af orkuflæði og hringrás kolefnis við framleiðslu og notkun t.d. metanóls og DME. Hægra megin er einfölduð mynd af orkuflæði við rafgreiningu vetnis og notkun þess og á myndin einnig við hleðslu og notkun rafhlaða (eða rafgeyma).

² e. alternative fuel.

³ e. renewable fuel.

⁴ e. carbon capture.

Notkun endurnýjanlegs eldsneytis hraðar ekki loftslagsbreytingum af mannavöldum – að því gefnu að losun gróðurhúsalofttegunda við framleiðslu eldsneytisins sé minni en við framleiðslu og notkun samsvarandi jarðefnaeldsneytis.

Á heimsvísu er notkun endurnýjanlegt eldsneytis fyrir farartæki nær eingöngu bundin við ökutæki og hafa lífdísill og etanól verið langmest notuð. Áætlað er að árið 2010 hafi notkun þessara lífeldsneytistegunda verið um 3% af heildareldsneytisnotkun ökutækja (sjá nánar kafla 2.3). Sama ár var hlutfallsleg notkun endurnýjanlegs eldsneytis um 0,2% af eldsneytisnotkun ökutækja hér á landi; að langmestu leiti metan (Græna orkan, verkefnisstjórn um orkuskipti í samgöngum, 2011, bls. 16) og í mun minna mæli lífdísill, raforka og vetni. Hérlandis er unnið að ýmsum verkefnum sem miða að framleiðslu endurnýjanlegs eldsneytis, s.s. metans, lífdísils, metanóls og etanóls ásamt vetni og raforku.

Á vegum Evrópusambandsins hafa verið settar fram nokkrar vörður til framtíðar um orkuskipti og hefur Ísland undirgengist samþykktir þar að lútandi. Árið 2020 skal hlutfall endurnýjanlegra orkugjafa í samgöngum á landi vera að lágmarki 10% af heildarorkunotkun og ber íslenskum stjórnvöldum að sýna fram á með hvaða hætti unnið verður að því markmiði hérlandis og upplýsa reglulega um gang mála (Græna orkan, verkefnisstjórn um orkuskipti í samgöngum, 2011, bls. 44).

2.3 Lífeldsneyti

Lífeldsneyti er flokkað í „kynslóðir“, þ.e. í fyrstu, aðra og þriðju kynslóð, eftir framleiðslutækni og uppruna hráefnis:

- *Fyrstu kynslóðar lífeldsneyti* er framleitt með vel þróaðri framleiðslutækni.
- *Annarrar kynslóðar lífeldsneyti* er framleitt með nýrri tækni eða framleiðslutækni sem enn er í þróun. Stefnt er að nýtingu hráefnis sem ekki er notað til matvælaframleiðslu ásamt því að auka heimtur eldsneytis úr hráefninu. Almenn er framleiðsla annarrar kynslóðar lífeldsneytis töluvert kostnaðarsamari en framleiðsla lífeldsneytis af fyrstu kynslóð.
- *Þriðju kynslóðar lífeldsneyti* er „framtíðartækni“ þar sem eldsneytið væri framleitt með fyrstu eða annarrar kynslóðar framleiðslutækni, en hráefnið yrði unnið úr þörungum sem ræktaðir væru sérstaklega fyrir framleiðsluna. Þá gætu eldsneytisheimtur⁵ hugsanlega orðið margfaldar á flatareiningu miðað við nýtingu orkuplanta.

Framleiðsla á fyrstu kynslóðar lífeldsneyti er vel þekkt, þó í einhverjum tilfellum hafi spurningar vaknað um orkulega hagkvæmni og siðferðislegt réttmætri slíkrar framleiðslu. Sumstaðar er ræktarland, sem áður var nýtt til matvælaframleiðslu, nú nýtt til ræktunar orkujurta eða skógarlandi hefur verið rutt. Meint áhrif lífeldsneytisframleiðslu á matvælaverð eru enn mjög umdeild, en þó er ljóst að í dag er einungis lítið brot framleiddra landbúnaðarafurða, s.s. hveitis og jurtaolíu, notað til hennar. Því þarf að skoða hvert einstaka tilfelli fyrir sig, en ljóst er að til þess að hægt sé að auka heimsframleiðlu lífeldsneytis verulega verður að gera það með annarrar – og jafnvel einnig þriðju – kynslóð lífeldsneytis (International Energy Agency (IEA), 2006, bls. 8-9).

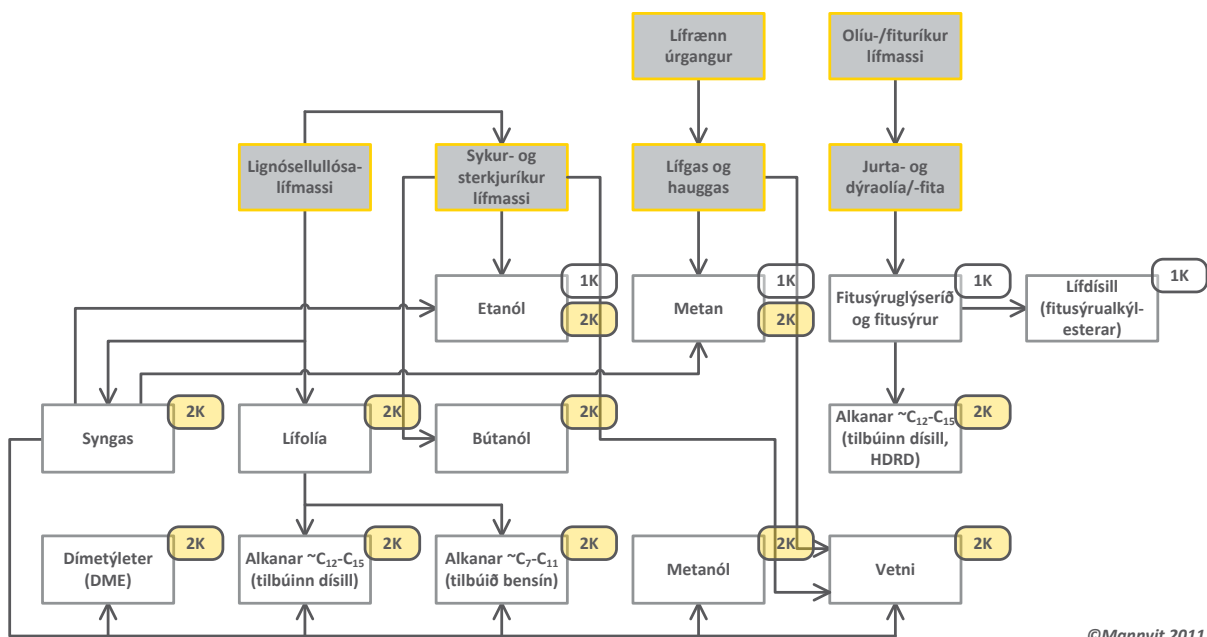
Árið 2010 var fljótandi lífeldsneyti um 2,7% af því eldsneyti sem notað var á ökutæki í heiminum (International Energy Agency (IEA), bls. 55) – einkum etanól og lífdísill. Sumstaðar var notkunin meiri, t.d. 4% í Bandaríkjunum og 3% í Evrópusambandinu sem og í Brasilíu þar sem hlutur etanóls unnu úr

⁵ e. fuel yield.

sykkurreyr nam 41,5% af því eldsneyti sem notað var á létt ökutæki (REN21, 2011, bls. 31). Í Bandaríkjunum var framleitt mest af lífeldsneyti á heimsvísu árið 2010, á undan Brasilíu og Evrópusambandinu (REN21, 2011, bls. 31).

Hérlendis, árið 2010, nam notkun metans, unnu úr hauggasi á urðunarstaðnum í Álfsnesi, um 0,19% af heildareldsneytisnotkun ökutækja og notkun lífdísils var tæplega 0,04% (Græna orkan, verkefnisstjórn um orkuskipti í samgöngum, 2011, bls. 16). Síðan þá hefur notkun metans aukist töluvert, auk þess sem hafin er innlend framleiðsla á lífdísli úr notaðri steikingarolíu og dýrafitu hjá Orkey, Lífdísli og Íslenska Gámafélaginu. Auk þess hefur Samherji hafið notkun lífdísils á fiskiskipið Björgúlf EA-312.

Ýmsir möguleikar, misfýsilegir þó, eru til framleiðslu lífeldsneytis hérlendis og er gerð grein fyrir þeim helstu á mynd 5.



©Mannvit 2011

Mynd 5. Ýmsir möguleikar til framleiðslu endurnýjanlegs eldsneytis úr lífmassa (lífeldsneytis) á Íslandi. 1K táknar fyrstu kynslóðar lífeldsneyti og 2K táknar annar kynslóðar lífeldsneyti.

2.4 Lífdísill

Framleiðsla fyrstu kynslóðar lífdísils, einkum úr repju-, pálma- og sojaolíu, er vel þróuð tækni. Í einföldu máli gengur framleiðslan út á að efnabreyta fitusýruglýseríðum, sem eru meginuppistaðan í olíunni, í fitusýrumetýlester (þ.e. lífdísill) með efnahvarfi við metanól. Á heimsvísu voru framleiddir 21,4 milljarðar lítra (um 19 milljón tonn) af lífdísli árið 2011 og jókst framleiðslan um tæp 16% frá árinu áður (REN21, 2012, bls. 17). Hérlendis er áætlað að notkunin árið 2011 hafi numið nokkrum hundruðum tonna, eða innan við 0,2-0,3% af heildarnotkun dísileldsneytis (sjá einnig kafla 2.3).

Lífdísill er víða notaður til íblöndunar í dísilolíu fyrir ökutæki og er slík íblöndun víða skilyrt (Biofuels Digest, 2011). Samkvæmt evrópustaðali fyrir eldsneyti á dísilknúin ökutæki, EN 590, má íblöndun lífdísils nema allt að 7% að rúmmáli án þess að hana þurfi að tilgreina sérlega (Wikipedia, 2012). Í raun má segja að íblöndunarhlutfall lífdísils í dísilolíu takmarkist eingöngu tæknilega af ábyrgðum ökutækjaframleiðenda. Almennt má keyra stórar dísilvélar í tækum og skipum á hreinum lífdísli og nútíma dísilvélar í ökutækjum á a.m.k. 30% rúmmálsblöndu lífdísils og dísilolíu.

Orkuþéttleiki lífdísils er um 33 MJ/L, sem er rúmum 9% lægri en fyrir hefðbundna dísilolíu⁶ (Wikipedia, 2012). Hins vegar er setantala lífdísils hærri og því brennur hann betur og mengar þ.a.l. almennt minna – þannig dregur almennt íblöndun lífdísils í dísilolíu úr magni svifryks, kolvetnissambanda og kolmónoxíðs í útblæstri (sjá töflu 1). Hins vegar virðist notkun lífdísils almennt auka lítilla útblástur köfnunarefnisoxíðs, en það virðist þó háð uppruna hráfnisins sem hann er framleiddur úr (Fernando, Hall, & Jha, 2006) (McCormick, Graboski, Alleman, Herring, & Tyson, 2001).

Tafla 1: Áhrif 20% íblöndunar lífdísils (fitusýrumetýlesters) í dísilolíu (að rúmmáli) (United States Environmental Protection Agency, 2002). Miðað er við lífdísil sem unninn er úr sojaolíu.

Mengunarefni	Breyting á útblástursmagni
Köfnunarefnisoxíð (NOx)	+2,0%
Svifryk ⁷	-10,1%
Kolvetnissambönd	-21,1%
Kolmónoxíð (CO)	-11,0%

Framleiðsla annarrar kynslóðar lífdísils, þ.e. lífdísils sem framleiddur er með vetnun fitusýruglýseríða eða með Fischer-Tropsch efnasmíði að undangenginni gösun lífmassa, hefur aukist undanfarin ár. Á heimsvísu er framleiðslumagnið þó umtalsvert minna en af fyrstu kynslóðarlífdísli.

2.5 Stærð innlends markaðar

Vegna ívilnana sem endurnýjanlegt eldsneyti nýtur hérlendis – þ.e. niðurfellingu vörugjalda⁸ og kolefnisgjalds á fljótandi jarðefnaeldsneyti⁹ – ásamt takmörkuðu framboði af innlendu hráefni er framleiðsla lífdísils fyrir ökutæki frá hagkvæmnisjónarmiði álitlegust. Því miðast eftirfarandi umfjöllun við stærð eldsneytismarkaðar fyrir ökutæki.

Samkvæmt núgildandi eldsneytisspá Orkuspánefndar fyrir tímabilið 2012-2050 sem gerir ráð fyrir „afskiptalausri þróun“, mun eldsneytisnotkun ökutækja á Íslandi árið 2012 verða tæpar 3,0 TWh og mun skiptast á eftirfarandi hátt milli eldsneytistegunda (Orkuspánefnd, 2012):

- Bensín: 144 þúsund tonn
- Dísil: 104 þúsund tonn
- Óhefðbundið eldsneyti (einkum metangas): 800 tonn olúígildi¹⁰

Eldsneytisspáin gerir ráð fyrir að á næstu 15 árum muni heildarorkunotkun ökutækja dragast saman um rúm 16% (sjá mynd 6). Eldsneytisspáin gerir jafnframt ráð fyrir því að á sama tímabili muni notkun dísilolíu minnka um tæp 24%, þ.e. í tæp 80 þúsund tonn árið 2027. Þessi þróun mun verða knúin áfram af sífelld orkuhagkvæmari ökutækjum, en einnig af aukinni notkun óhefðbundins eldsneytis sem spáð er að muni nema árið 2027 rúmum 28 þúsund tonnum olúígildis.

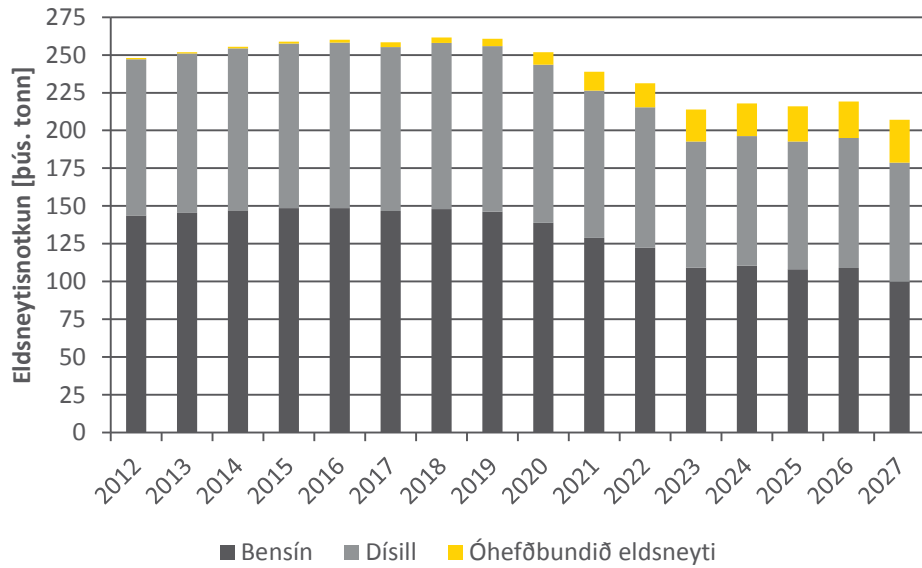
⁶ Orkuþéttleiki hefðbundinnar dísilolíu er um 36,4 MJ/L.

⁷ e. particulate matter (PM).

⁸ Í tilfelli lífdísils: Olúugjald, nú 54,88 kr./L, sem lagt er á dísilolíu fyrir ökutæki (lög nr. 87/2004 með síðari breytingum).

⁹ Í tilfelli lífdísils: Kolefnisgjald á dísilolíu nemur nú 5,00 kr./L (lög nr. 129/2009 með síðari breytingum).

¹⁰ Neðra brunagildi olúígildis er meðaltal neðra brunagildis bensíns og dísilolíu, þ.e. 43,1 MJ/kg.

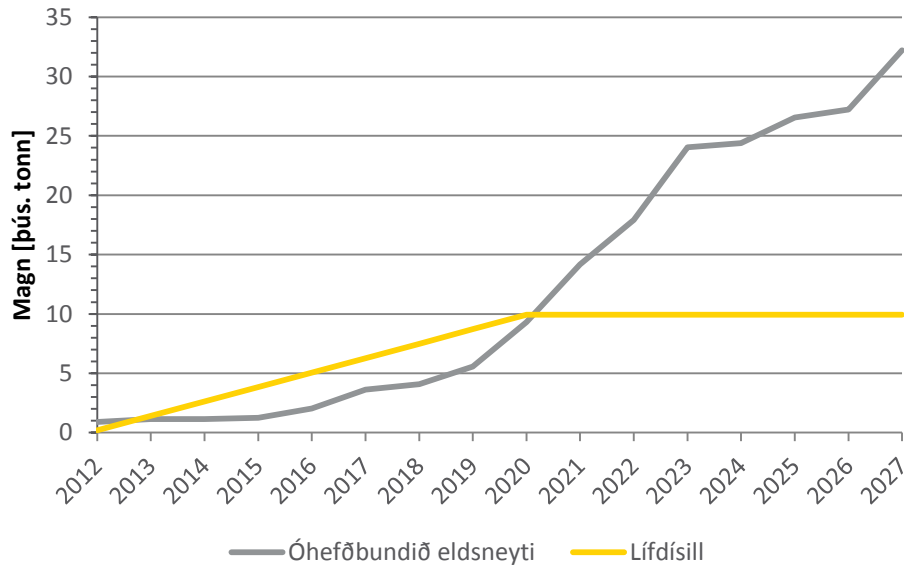


**Mynd 6: Spá Orkuspánefndar um þróun eldsneytisnotkunar ökutækja næstu 15 ár (árabilið 2012-2027).
Notkun óhefðbundins eldsneytis er í olíuígildum.**

Við mat á stærð markaðar fyrir lífdísil sem ökutækjaeldsneytis er miðað við eftirfarandi sviðsmynd fyrir næstu 15 ár:

- Notkun lífdísils mun aukast jafnt og þétt til ársins 2020 og verður þá rúm 9.900 tonn. Þessi notkun myndi jafngilda því að í alla dísilolíu ætlaða ökutækjum væri þá blandað, að rúmmáli, 10% af lífdísli.
- Magn lífdísils sem notað verður á ökutæki mun ekki aukast til loka tímabilsins, en þar sem eldsneytisspá Orkuspánefndar gerir ráð fyrir töluverðum samdrætti í eldsneytisnotkun dísilknúinna ökutækja eftir árið 2020 (sjá mynd 6) mun hlutfallsleg notkun aukast. Árið 2027 mun notkun lífdísils jafngildi því að í alla dísilolíu fyrir ökutæki væri blandað, að rúmmáli, rúmum 13,5% af lífdísli.

Eins og fram kemur að framan (í kafla 2.2) er makmið íslenskra stjórnvalda að árið 2020 verði hlutfall endurnýjanlegra orkugjafa í samgöngum á landi að lágmarki 10% af heildarorkunotkuninni og er sviðsmyndin í samræmi við þau. Notkun lífdísils samkvæmt sviðsmyndinni er hins vegar rúmum 56% meiri en notkun óhefðbundins eldsneytis samkvæmt spá Orkuspánefndar á árabilinu 2012-2020, en aftur á móti rúmum 58% minni á árabilinu 2021-2027 (sjá mynd 7).



Mynd 7: Samanburður á spá Orkuspánefndar um notkun óhefðbundins eldsneytis á ökutæki, sem lífdísilígildi, næstu 15 ár (árabilið 2012-2027) annars vegar og hin vegar sviðsmynd sem gerir ráð fyrir að notkun lífdísils árið 2020 jafngildi 10% íblöndun í dísilolíu (að rúmmáli) og 13,5% árið 2027. Gert er ráð fyrir að hlutfallsleg notkun lífdísils sem eldsneytis á dísilknúin ökutæki aukist línulega á tímabilunum 2012-2020 og 2021-2027.

Af ofangreindu má ætla að töluverð tækifæri geti falist í framleiðslu lífdísils hérlandis – sérstaklega til lengri tíma litið.

3 Fitu- og olíuríkur úrgangur sem hentar til lífdísilframleiðslu

Allur fitu- og olíuríkur úrgangur sem til fellur héraendis og hægt er að nýta til lífdísilframleiðslu inniheldur fríar fitusýrur í mismiklu magni. Því krefst framleiðsla lífdísils úr þess háttar hráefni viðbóta við þá tækni sem allra jafna er notuð víðast hvar erlendis til lífdísilframleiðslu úr ferskri jurtaolíu (sjá nánar kafla 4).

Heildarmagn fitu- og olíuríks úrgangs sem til fellur er áætlað 2.750-5.400 tonn á ári. Til að afla rúmlega helming magnsins þyrfti bræðslu slátur- og kjötúrgangs annars vegar og hins vegar fitugildrum fyrir frárennsli matvælavinnsla og við skólphreinsun, en víðast hvar er þessi tækni ekki til staðar.

Í töflu 2 er fitu- og olíuríkur úrgangur flokkaður eftir uppruna og kemur fram algengt hlutfalli frírra fitusýra og áætlað árlegt magn hvers úrgangsflokks.

Tafla 2: Helstu flokkar fitu- og olíuríks úrgangs sem fellur til héraendis – áætlað hlutfall frírra fitusýra og áætlað árlegt magn. Uppgefið hlutfall frírra fitusýra og magntölur byggja á athugunum sem gerðar hafa verið í tengslum við verkefnið.

Fitu- og olíuríkur úrgangur	Hlutfall frírra fitusýra	Árlegt magn [tonn]
Mör og dýrafituafskurður	Ferskt: <2%	250-400
Notuð steikingarolía og -feiti	Lítið notuð: <2% Mikið notuð: ≥2%	500-1.000
Fita unnin úr slátur- og kjötúrgangi	Tiltölulega ferskt hráefni: <5%	1.000-2.000
Fita úr fitugildrum matvælavinnsla og frá skólphreinsun	≥20%	500-1.000
Súrlýsi	≥50%	500-1.000

^{*)} Mjög mikið notuð steikingarolía og -feiti getur innihaldið töluvert magn frírra fitusýra, eða allt að 10% eða jafnvel meira. Slíkt virðist þó afar fátítt héraendis.

Samanburður á mati tilfallandi magns notaðrar steikingarolíu- og feiti annars vegar og hins vegar fitu sem hægt væri að ná með fitugildrum í matvælavinnslu og við skólphreinsun við t.d rannsóknir á vegum stofnana bandaríska orkumálaráðuneytisins gefur til kynna að það sé að öllum líkindum varfærnislegt. Samkvæmt þeim falla til að jafnaði 4,0 kg árlega á íbúa af notaðri steikingarolíu og -feiti og 6,1 kg á íbúa árlega af fitu sem safnast úr frárennsli matvælavinnsla og við skólphreinsun (Wiltsee, 1998, bls. 2). Það skal tekið fram að vinnsla fitu úr skólpi, þ.a. hún sé nægjanlega hrein til lífdísilframleiðslu, getur verið tæknilega erfið.

Framleiða mætti 2.600-5.200 tonn árlega af lífdísili úr umræddum úrgangi væru heimtur um 95%. Framleiðslumagnið samsvarar um 2,5-5,0% af heildarnotkun dísils á ökutæki héraendis árið 2012 (sjá

kafla 2.5). Jafnframt samsvarar magnið rúmlega fjórðungi til rúmlega helmings þess magns sem þyrfti til að hlutfall lífdísilnotkunar af heildarnotkun dísileldsneytis á ökutæki héraendis yrði 10% árið 2020 (sjá einnig kafla 2.5).

4 Framleiðsla lífdísils úr fitu- og olíuríkum úrgangi

4.1 Framleiðsluferli

Í þessum kafla er gerð grein fyrir almennri uppbyggingu kerfis til framleiðslu lífdísils úr formeðhöndluðum fitu- og olíuríkum úrgangi sem byggir á samþættri estrun og umestrun hráefnisins. Um formeðhöndlunarferlið er ekki fjallað sérstaklega, en það felur m.a. í sér fjarlægingu ýmissa óhreininda og vatns úr úrganginum.

Hvarfskrefin, þ.e. estrun frírra fitusýra og umestrun fitusýruglýseríða í fitusýrumetýlester með metanóli, eru lykilþrep framleiðsluferlisins. Þau fela í sér umbreytingu frírra fitusýra og fitusýruglýseríða í fitusýrumetýlester¹¹, þ.e. lífdísil. Fitusýrumetýlester hefur lægri seigju og lægra bræðslumark en samsvarandi fitusýruglýseríð, auk þess sem hann tærir ekki málma líkt og fríar fitusýrur. Þessir efna- og eðliseiginleikar eru m.a. ástæða þess að notkun lífdísils sem eldsneytis á vélur er bæði einfaldari og öruggari en notkun hreinsaðs fitu- og olíuríks úrgangs, eins og t.d. steikingarolíu.

Glýseról (glýserín) er aukaafurð sem myndast við umestrun og hefur ýmis notkunarsvið. Ekki er fjallað um hreinsun hráglýseróls í þessum kafla, en vikið er að nýtingu þess til metangasgerðar í kafla 5.

4.1.1 Mögulegar tæknilegar útfærslur hvarfskrefa

Tæknileg útfærsla hvarfskrefa er háð þeim aðferðum sem valdar eru til að tryggja sem besta nýtingu hráefnisins og lágmarksmagn frírra fitusýra og fitusýruglýseríða í lokaafurðinni. Þær helstu sem til greina koma eru eftirfarandi:

- *Samþætt estrun og umestrun – annað efnahvarfið (alla jafna estrun) er framkvæmt á undan hinu*
 - Aðferðin hefur almennt lægri fjárfestingar- og rekstrarkostnað en neðangreindar aðferðir og má oft reka við andrúmsloftsþrýsting.
 - Ókostur: Innihaldi fitu- og olíuríki úrgangurinn yfir 5-10% af fríum fitusýrum getur verið vandkvæðum bundið að tryggja „fullkomna“ umestun án fjarlægingar vatns úr fitu-/olíufasanum (estrun er almennt framkvæmd á undan umestrun).
- *Fjarlæging frírra fitusýra með basískum (alkalískum) vatnspvotti, gufustrípun¹², leysisútdrætti eða ásogi – fitusýruglýseríð eru umestruð*
 - Aðferðin er eingöngu áhugaverð þegar fitu- og olíuríki úrgangurinn inniheldur tiltölulega lítið af fríum fitusýrum (innan við 5%).
 - Tveir möguleikar eru á áframvinnslu frírra fitusýra:
 - a) Þær eru einangraðar og nýttar sem sápa. Markaður fyrir sápu er þó frekar takmarkaður.
 - b) Þær eru estraðar í aðgreindu kerfi.

¹¹ e. fatty acid methyl ester, FAME.

¹² e. steam stripping.



- Ókostur: Nýting hráfnisins, háð aðferð til fjarlægingar frírra fitusýra, getur rýrnað sökum þess að hluti fitusýruglýseríða tapast úr fitu-/olíufasanum eða rofnar í fitusýrur og glýseról.

■ *Vatnsrof fitusýruglýseríða í frírar fitusýrur og glýseról (sápun) – allt hráefnið er estrað*

- Aðferðin er einkum áhugaverð þegar hlutfall frírra fitusýra í fitu- og olíuríka úrganginum er um eða yfir 50%.
- Ókostur: Hlutfallslega hár fjárfestingar- og rekstrarkostnaður; hefðbundin estrun 100% frírra fitusýra fer fram við hitastig töluvert yfir suðumarki metanóls við andrúmsloftsþrýsting í þrýstipólnu hvarfrými.

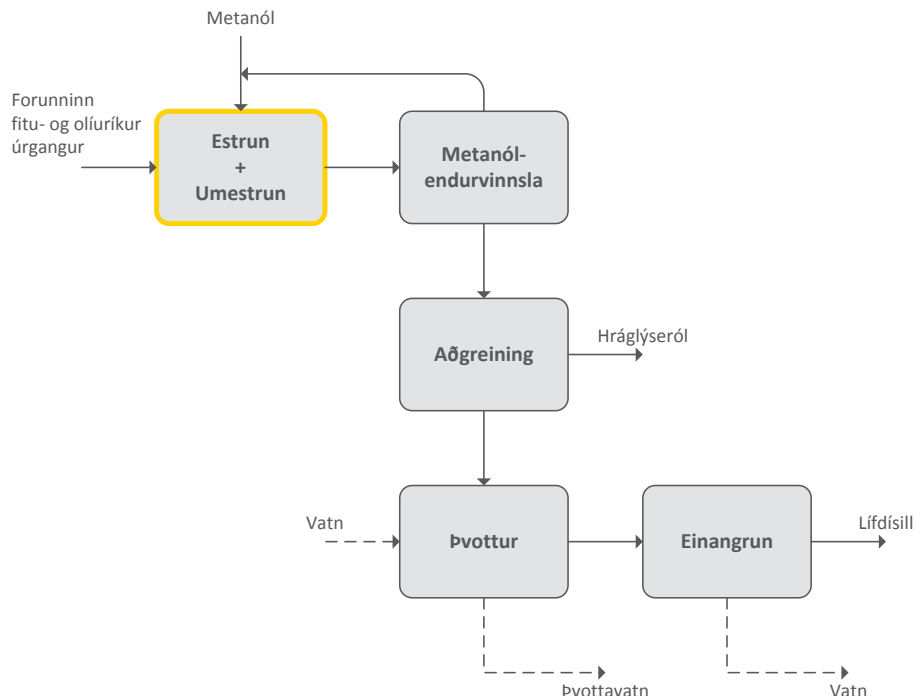
■ *Glýseríðun¹³ frírra fitusýra (myndun fitusýruglýseríða), þ.e. estrun frírra fitusýra með glýseróli – allt hráefnið er umestrað*

- Ókostur: Hlutfallslega hár fjárfestingar- og rekstrarkostnaður; glýseríðun fer fram við hitastig yfir 200°C í þrýstipólnu hvarfrými.

Framleiðsluferli sem byggja á fjarlægingu frírra fitusýra með basískum (alkalískum) vatnsþvotti eða gufustrípun annars vegar eða hins vegar á samþættri estrun og umestrun eru algengust og ræður hagkvæmni þar mestu um. Nýting hráfnisins er meiri í tilfalli samþættrar estrunar og umestrunar og hentar hún því betur þegar fitu- og olíuríkur úrgangur, sem alla jafna er aðgengilegur í takmörkuðu magni, er nýttur sem hráefni.

4.1.2 Framleiðsla með samþættri estrun og umestrun

Almenn uppbygging framleiðsluferlisins kemur fram á mynd 8.



Mynd 8: Almenn uppbygging kerfis til framleiðslu lífdísils úr formeðhöndluðum fitu- og olíuríkum úrgangi með samþættri estrun og umestrun. Útfærsla hvarfskrefa og einangrunar er háð magni frírra fitusýra í úrganginum og vali efnahvata. Einnig getur nákvæm útfærsla annara þrepa kerfisins verið mismunandi.

¹³ e. glycerolysis.

Framleiðsluferlið er samfellt¹⁴ og er virkni einstakra framleiðsluþrepa, sem sýnd eru að framan (á mynd 8), eftirfarandi:

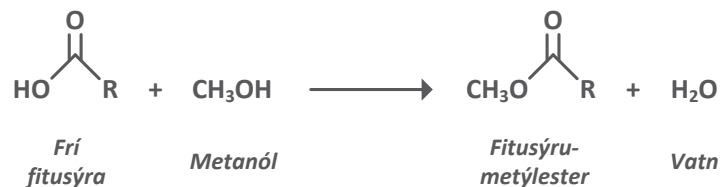
■ *Estrun og umestrun*

- Val efnahvata og almenn útfærsla hvarfskrefanna er háð magni frírra fitusýra í fitu- og olíuríka úrganginum (sjá kafla 4.2). Almenn er estrun framkvæmd á undan umestrun, en þó eru til ferli þar sem umestrun er framkvæmd fyrst (sjá t.d. töflu 3 í kafla 4.2).

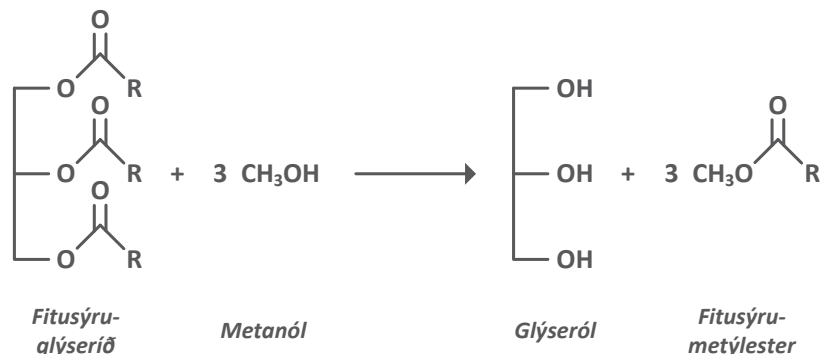
Hvötun hvarfskrefa er einsleit¹⁵ eða misleit¹⁶; þ.e. notaður er hvati sem leysist upp í hvarfblöndunni og fylgir henni þaðan í önnur þrep framleiðsluferlisins annars vegar og hins vegar hvati á föstu formi sem situr eftir í hvarfrýminu¹⁷.

Yfirleitt er nauðsynlegt að hráefnin, þ.e. fitu- og olíuríki úrgangurinn ásamt metanóli og efnahvörtum, innihaldi einungis örðu vatns, þar sem það getur dregið úr árangri estrunar og umestrunar sem og hlutleyst basíska einsleita hvata sem notaðir eru við umestrun. Auk þess hlutleysa fríar fitusýrur einnig basíska einsleita hvata til umestrunar (sjá nánar kafla 4.2). Ónógur árangur við estrun og/eða umestrun eykur því framleiðslukostnað vegna síðri nýtingar hráefna og umfangsmeiri einangrunarþrepa, auk þess að geta valdið því að afurðin uppfylli ekki tilætlaða eldsneytisstaðla.

- *Estrun*: Fríar fitusýrur eru hvarfaðar við metanól og myndast við það fitusýrumetýlester og vatn. Yfirleitt er metanól í yfirmagni og súr efnahvati notaður. Efnahvarf estrunar er eftirfarandi (R er kolvetniskeðja (C_xH_y) og er lengd hennar og metnun háð uppruna fitu- og olíuríka úrgangsins):



- *Umestrun*: Fitusýruglýseríð eru hvörfuð við metanól og myndast við það fitusýrumetýlester og glýseról. Yfirleitt er metanól í yfirmagni og basískur efnahvati notaður. Efnahvarf umestrunar er eftirfarandi:



¹⁴ e. continuous.

¹⁵ e. homogeneous.

¹⁶ e. heterogeneous.

¹⁷ e. reactor.

■ Metanólendurvinnsla

- Óhvarfað metanól frá estrun og umestrun er fjarlæggt með leiftureimingu¹⁸ við undirþrýsting. Til að lágmarka vatnsmagn í endurunnu metanóli er það þurrkað með endureimingu eða vatnsásogi (sjá umfjöllun um áhrif vatns á estrun og umestrun að ofan og í kafla 4.2).

■ Aðgreining

- Fasar fitusýrumetýlesters (léttari) og glýseróls (þyngri) eru aðgreindir í settanki eða með skilvindu. Báðir fasarnir innihalda ýmis óhreinindi og leifar efnahvata hafi einleitur hvati verið notaður við estrun og/eða umestrun. Glýserólfasann, þ.e. hráglýseról, þarf því að hreinsa eigi að gera úr honum verðmæti önnur en nýta til metangasgerðar (kafla 5).

■ Þvottur

- Esterfasinn, þ.e. fasinn sem inniheldur fitusýrumetýlester, er annað hvort þveginnt með vatni eða þurrhreinsaður með sérstöku ásogsefni. Þvotturinn felur einnig í sér hlutleysingu estersfasans hafi einsleitur hvati verið notaður við estrun og/eða umestrun. Við þvott eru m.a. fríar fitusýrur, glýseról, metanól, fosfólípíð, glúkósíð og ýmis sölt (m.a. sölt einsleitra hvata) fjarlægð.

■ Einangrun

- *Þurrkun*: Esterfasinn er þurrkaður; annað hvort með frásíun vatns¹⁹ eða uppgufun vatns við undirþrýsting.
- Hvort þörf sé fyrir fleiri einangrunarskref en þurrkun ræðst einkum af styrk frírra fitusýra, glúkósíða og fitusýruglýseríða í esterfasanum sem og ætluðu notkunarviði afurðarinnar.
- *Fágun*²⁰: Fríar fitusýrur ásamt glýseríðum og öðrum óhreinindum eru fjarlægð úr esterfasanum með ásogsefni. Feli þvottur í sér þurrhreinsun er fágun yfirleitt framkvæmd í sama skrefi og jafnvel getur ásogsefnið verið það sama.
- *Eiming*: Fitusýrumetýlester má einangra með eimingu og er þá ekki þörf á fágun – og jafnvel ekki heldur þvotti og þurrkun háð útfærslu eimingakerfisins. Einangrun með eimingu gefur afar hreina afurð og er í raun eina raunhæfa aðferðin til að greina óhvorfuð fitusýruglýseríð frá fitusýrumetýlester. Ókosturinn er hins vegar hærri fjárfestingar- og rekstrarkostnaður.

4.2 Samþætt estrun og umestrun

Hvötun hvarfskrefa er einsleit eða misleit (sbr. kafla 4.1) og er val efnahvata og útfærsla hvarfskrefa, m.t.t. gerðar hvarfrýmis ásamt hvarfhitastigi og -tíma, háð hlutfalli frírra fitusýra í fitu- og olíuríka úrganginum. Könnuð var virkni nokkurra einsleitra og misleitra efnahvata við hvarfhitastig undir suðumarki metanóls við andrúmsloftsþrýsting (65°C) ásamt hentugri útfærslu hvarfskrefa m.t.t. hlutfalls frírra fitusýra í fitu- og olíuríka úrganginum. Gerð er grein fyrir niðurstöðunum í töflu 3 og í

¹⁸ e. flash distillation.

¹⁹ e. coalescing.

²⁰ e. polishing.

köflum 4.2.1, 4.2.2 og 4.2.3. Af viðskiptaástæðum eru hvorki efna- og vöruheiti sýruvirku fjölliðunnar og kyrrsettra²¹ lípasa birt né nákvæm útfærsla hvarfskrefanna.

Tafla 3: Efnahvatar til estrunar og umestrunar sem kannaðir voru við <65°C og 1 bar_a. Notkunarsvið þeirra er flokkað eftir hlutfalli frírra fitusýra í fitu- og olíuríka úrganginum og er vísað til skýringarmynda af uppbyggingu hvarfskrefa (í köflum 4.2.1, 4.2.2 og 4.2.3). Í öllum tilfellum voru heimtur og hlutfall fitusýrumetýlesters í lokaafurðinni ásættanlegar.

Hlutfall FFS ^{*)}	Efnahvatar í hvarfskrefum			Mynd	
	Estrun		Umestrun		
≤1-2%	Óþarfur		Einsleitir	Kalíummetýlat Natríummetýlat	9
2-8%	Einsleitir	H ₂ SO ₄ MSA ^{**)}	Einsleitir	Kalíummetýlat Natríummetýlat	10a
	Misleitir	Sýruvirk fjölliða	Einsleitir	Kalíummetýlat Natríummetýlat	10b
>8%	Misleitir	Sýruvirk fjölliða	Einsleitir	Kalíummetýlat Natríummetýlat	11a
	Misleitir	Kyrrsettur lípasi ^{***)}	Misleitir	Kyrrsettur lípasi ^{***)}	11b

^{*)} Fríar fitusýrur.

^{**)} Metansúlfónsýra.

^{***)} Röð hvarfskrefa víxlað, sbr. mynd 11.

Nauðsynlegt er að fitu- og olíuríki úrgangurinn sé forunninn þ.a. hann sé að mestu án fosfólípíða, prótína og katjónískra efnasambanda auk þess, þegar hiti hans er ofan bræðslumarks, að vera laus við agnir yfir 5-10 µm að þvermáli. Í öllum útfærslum hvarfskrefa, nema þegar kyrrsettir lípasar eru notaðir sem efnahvatar, má hvarfblandan einungis innihalda snefil af vatni. Þó styrkur vatns í hvarfblöndunni sé aðeins nokkur þúsund milljónustu hlutar (þ.e. yfir 0,1%) getur það valdið því að hluti frírra fitusýra hvarfist ekki í estrunarskrefi. Auk þess hvata basískir einsleitir efnahvatar, eins og kalíum- og natríummetýlat, vatnsrof glýseríða í glýseról og fríar fitusýrur (sk. sápun) sem dregur úr árangri umestrunarskrefisins.

Rekstrarhagkvæmni ólíkra hvatakerfa ræðst einkum af samspili eftirfarandi þátta:

- Verð efnahvata
- Skömmunarhlutfall efnahvata og endingartíma misleitra efnahvata
- Kostnaður við öflun (þ.m.t. hugsanleg kaup) og forvinnslu fitu- og olíuríka úrgangsins
- Orku- og kæliþörf
- Byggingarefniskröfur og viðhaldspörf (tæring og slit)
- Afkastageta verksmiðjunnar

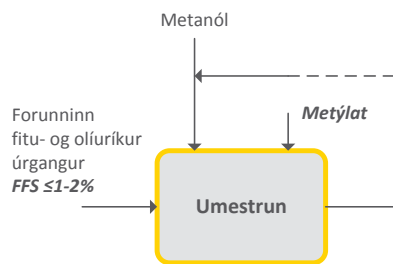
²¹ e. immobilised.

Kostnaður vegna efnahvata, sem fram koma í töflu 3 að framan, er meiri þegar notaðir eru misleitir efnahvatar en einsleitir. Aftur á móti bjóða misleitu efnahvatarnir upp á nýtingu verðminni fitu- og olíuríks úrgangs. Sem dæmi má nefna að dýrasti efnahvatinn, kyrrsettur lípasi, gerir notkun úrgangs sem inniheldur hátt hlutfall frírra fitusýra (>50%) mögulega án þess að þörf sé á fjarlægingu vatns við forvinnslu²² og milli hvarfskrefa eða framkvæma þurfi efnahvörfin með miklu yfirmagni metanóls. Slíkt endurspeglast í lægri fjárfestingarkostnað tækjabúnaðar, minni orku- og kælipörf við metanólendurvinnslu og almennt minni viðhaldspörf sökum mildari hvarfaðstæðna.

Almennt má segja að heildarframleiðslukostnaður sé lægri í hvatakerfi sem byggir á einsleitri hvötu þegar magn frírra fitusýra í fitu- og olíuríka úrganginum er undir 8% og afkastageta framleiðsluferlisins undir 500 tonnum á ári.

4.2.1 Hlutfall frírra fitusýra í fitu- og olíuríkum úrgangi ≤1-2%

Þegar hlutfall frírra fitusýra í fitu- og olíuríka úrganginum er undir 2% nægir yfirleitt eitt hvarfskref, þ.e. umestrun fitusýruglýseríða. Þetta á einkum við um nýtingu tiltölulega fersks mörs og dýrafituafskurðar auk lítið notaðrar steikingarolíu og -feiti. Fríar fitusýrur eru þá fjarlægðar úr afurðinni í þvotta- og einangrunarskrefum. Efnahvarfið er hvatað með kalíum- eða natríummetýlati. Uppbygging hvarfskrefsins er sýnd á mynd 9.



Mynd 9: Uppbygging hvarfskrefs þegar nýttur er fitu- og olíuríkur úrgangur sem inniheldur minna en 1-2% af fríum fitusýrum. Einkum er um að ræða nýtingu tiltölulega fersks mörs og dýrafituafskurðar auk lítið notaðrar steikingarolíu og -feiti og er yfirleitt ekki þörf fyrir estrun.

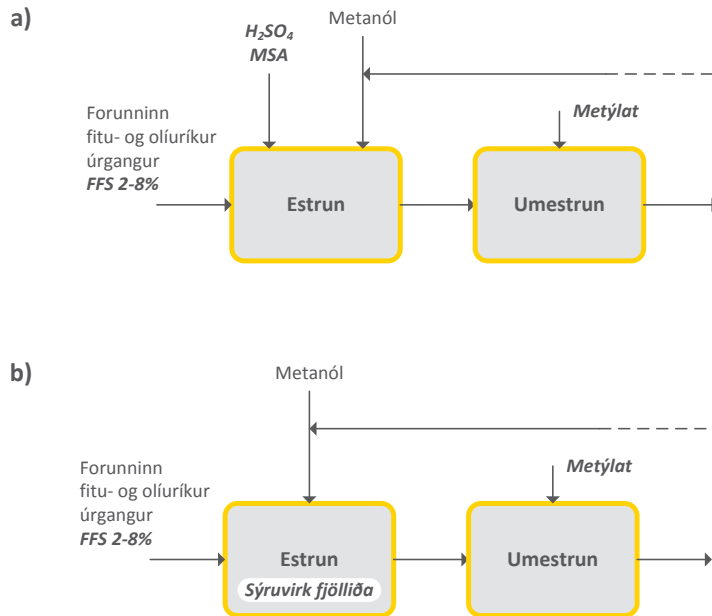
Móhlutfall metanóls og fitu-/olíufasa er 6-8:1 og skömmtunarhlutfall kalíum- eða natríummetýlats 0,9-1,2% af þyngd fitu-/olíufasa. Hvarfhitinn er 58-63°C og hvarftíminn um fjórar klst.

4.2.2 Hlutfall frírra fitusýra í fitu- og olíuríkum úrgangi 2-8%

Nýting fitu- og olíuríks úrgangs sem inniheldur 2-8% af fríum fitusýrum krefst bæði estrunar frírra fitusýra og umestrunar fitusýruglýseríða. Úrgangurinn sem um ræðir er aðallega notuð steikingarolía og -feiti ásamt fitu sem unnin er úr slátur- og kjötúrgangi. Estrunin er annað hvort hvötuð með brennisteinssýru eða metansúlfónsýru (einsleitir hvatar) eða sýruvirkri fjölliðu (misleitur hvati). Umestrunin er hvötuð með kalíum- eða natríummetýlati.

Uppbygging hvarfskrefanna er sýnd á myndum 10a (estrun með brennisteinssýru eða metansúlfónsýru) og 10b (estrun með sýruvirkri fjölliðu).

²² Sé hlutfall vatns undir 5%.



Mynd 10: Uppbygging hvarfskrefa þegar magn frírra fitusýra er 2-8% í fitu- og olíuríkum úrgangi. Einkum er um að ræða nýtingu steikingarolíu og -feiti ásamt fitu unninni úr slátur- og kjötúrgangi.

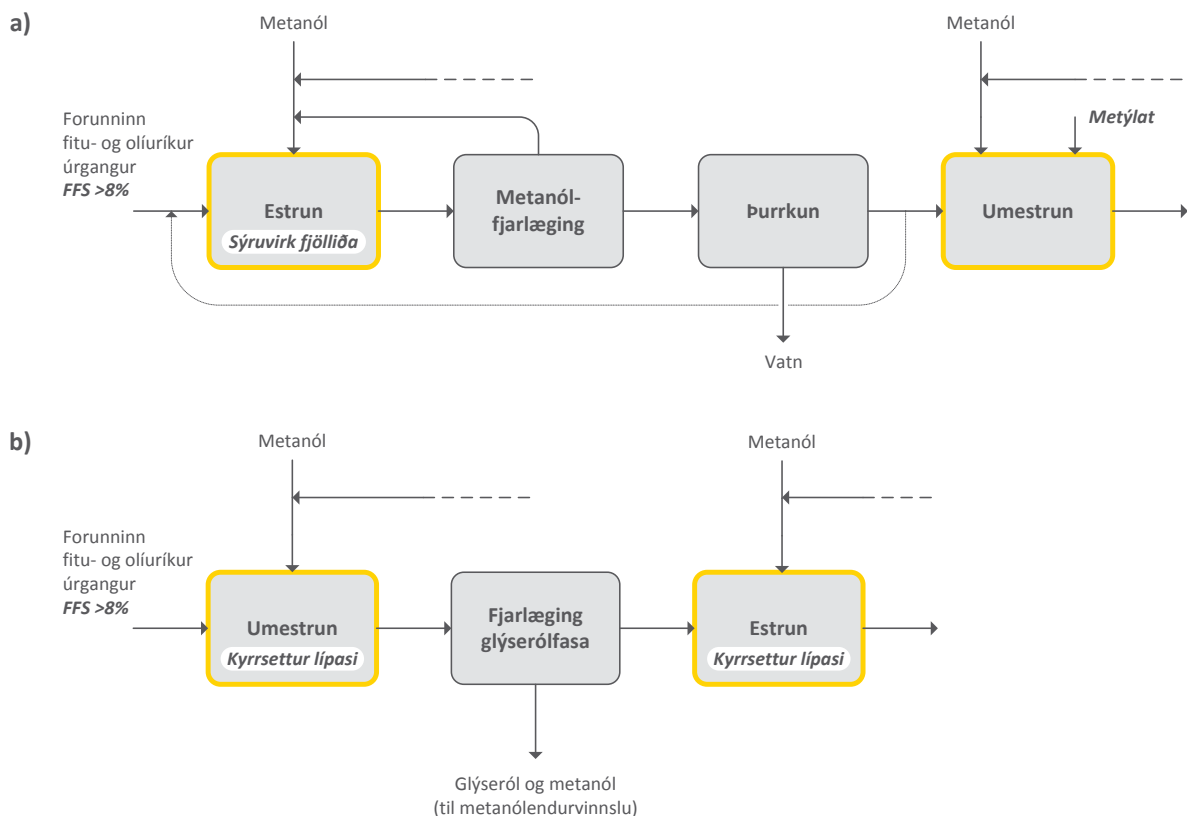
Mólhlutfall metanóls og fitu-/olíufasa er um 13:1. Skömmtunarhlutfall brennisteinssýru og metansúlfónsýru er að lágmarki 0,1 g/g fríar fitusýrur. Sé estrunin hvötuð með sýruvirkri fjölliðu er hvatamagnið í hvarfrýminu 0,2-0,4 g/g fríar fitusýrur. Hvarfhitastigið við estrun er 58-63°C og hvarftíminn a.m.k. átta klst. í tilfelli einsleitrar hvötunar, en a.m.k. fjórar klst. í tilfelli misleitrar hvötunar. Skömmtunarhlutfall kalíum- eða natríummetýlats er 0,9-1,2% af þyngd fitu-/olíufasa. Hvarfhitinn við umestrun er 58-63°C og hvarftíminn um fjórar klst.

4.2.3 Hlutfall frírra fitusýra í fitu- og olíuríkum úrgangi >8%

Innihaldi fitu- og olíuríkur úrgangur umtalsvert magn frírra fitusýra, þ.e. yfir 8%, er útfærsla hvarfskrefa nokkuð frábrugðin þeim gerð hefur verið grein fyrir að framan. Til að nýta þ.h. úrgang, þ.e. fitu úr fitugildrum matvælavinnsla og frá skólphreinsun ásamt súrlýsi, var könnuð estrun með sýruvirkri fjölliðu og síðan umestrun með kalíum- eða natríummetýlati annars vegar (mynd 11a) og hins vegar umestrun og síðan estrun með kyrrsettum lípösnum (mynd 11b).

Þar sem 50-60 g af vatni myndast fyrir hvert 1 kg af fríum fitusýrum sem estraðar eru, er nauðsynlegt er að þurrka fitu-/olíufasann fyrir umestrun með kalíum- eða natríummetýlati. Innihaldi hráefnið mjög mikið af fríum fitusýrum, eins og t.d. súrlýsi gerir, er jafnvel nauðsynlegt að endurtaka estrunina að lokinni þurrkun, þar sem allar fríar fitusýrur hafa ekki hvarfast, með því að blanda þurra fitu-/olíufasanum í hráefnisstrauminn sem fer til estrunar.

Vatnsmyndun er hins vegar ekki „vandamál“ þegar notaðir eru kyrrsettir lípasar sem hvatar. Þá er umestrun framkvæmd á undan estrun. Ekki er um sama lípasa að ræða í báðum hvarfskrefum.



Mynd 11: Uppbygging hvarfskrefa þegar magn frírra fitusýra er yfir 8% í fitu- og olíuríkum úrgangi. Einkum er um að ræða nýtingu fitu úr fitugildrum matvælavinnsla og frá skólphreinsun ásamt súrlýsi.

Hvarfaðstæður eru eftirfarandi:

■ *Estrun með sýruvirkri fjölliðu og umestrun með metýlati*

- *Estrun*: Mólhlutfall metanóls og fitu-/olíufasa er um 13:1. Magn sýruvirkar fjölliðu í hvarfrýminu 0,2-0,4 g/g fríar fitusýrur. Hvarfhitinn er 58-63°C og hvarftíminn a.m.k. sex klst. og verður lengri eftir því sem hlutfall frírra fitusýra í hráefninu er hærra.
- *Umestrun*: Mólhlutfall metanóls og fitu-/olíufasa er 6-8:1 og skömmtunarhlutfall kalíum- eða natríummetýlats 0,9-1,2% af þyngd fitu-/olíufasa. Hvarfhitinn er 58-63°C og hvarftíminn um fjórar klst.

■ *Umestrun og estrun með kyrrsettum lípösum*

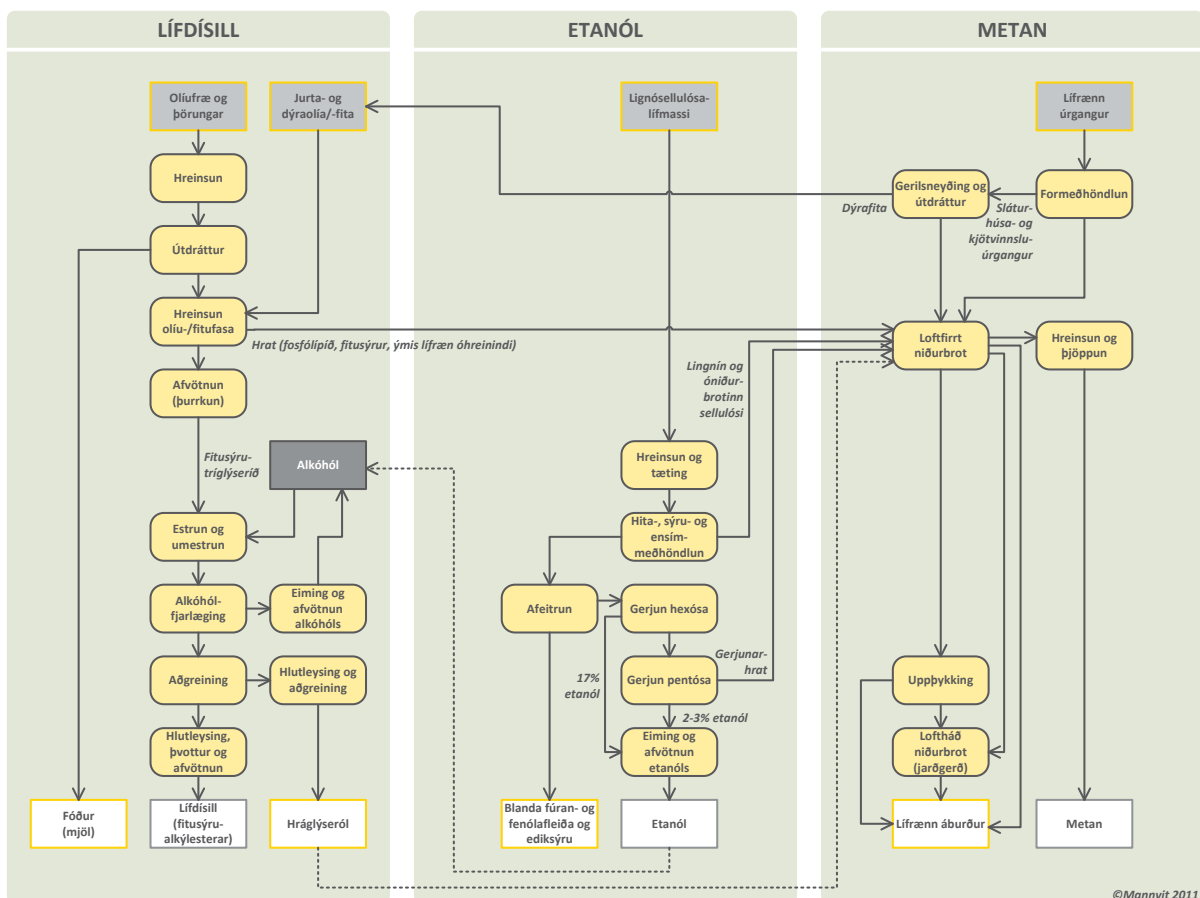
- *Umestrun*: Mólhlutfall metanóls og fitu-/olíufasa er um 4-5:1. Magn kyrrsetts lípasa er um 10% af þyngd fitu-/olíufasa. Hvarfhitinn er 30-35°C og hvarftíminn um fjórar klst.
- *Estrun*: Mólhlutfall metanóls og fitu-/olíufasa er um 1-2:1. Magn kyrrsetts lípasa er um 1 g/g fríar fitusýrur. Hvarfhitinn er 30-35°C og hvarftíminn a.m.k. sex klst. og verður lengri eftir því sem hlutfall frírra fitusýra í hráefninu er hærra.

5 Lífmassaver

Hráefni til eldsneytisframleiðslu í lífmassaveri²³ væri, eðli málsins samkvæmt, ýmsar gerðir lífmassa, s.s. lífrænn úrgangur frá heimilum, matvælaíðnaði og landbúnaði ásamt ræktuðum plöntum og þörungum. Aukaafurðirnar, sem falla myndu til við framleiðsluna, væri hægt að vinna frekar og nýta í iðnaði og landbúnaði. Í lífmassaveri væri mögulegt að samþætta framleiðslu lífdísils framleiðslu annarra eldsneytistegunda með því að t.d.:

- Draga út olíu/fitu úr sláturhúsa- og kjötvinnsluúrgangi samhliða gerilsneyðingu fyrir metangerjun (bræðsla) og nýta til lífdísilframleiðslu
- Nýta hrat frá hreinsun olíu-/fitufasa og glýseról sem myndast við umestrun til metanframleiðslu
- Umestra olíu/fitu með etanóli
- Nýta óniðurbrotinn sellulósa og gerjunarhrat frá framleiðslu etanóls til metanframleiðslu

Gerð er grein fyrir meginþrepum ofangreindrar samþættingar lífdísils-, etanól- og metanframleiðslu á mynd 12.



Mynd 12: Samþætting framleiðslu lífdísils, etanóls og metans í lífmassaveri.

²³ e. biorefinery.

Sambætting framleiðsluferla myndi stuðla að betri nýtingu lífmassa og meiri eldsneytisframleiðslu en væru ferlin rekin sem aðskildar einingar og gæti þannig skipt töluverðu máli hvað hagkvæmni varðar. Þannig gæti metangerjun glýseróls aukið heildarorkuheimtur við framleiðslu lífdísils um 3-4%²⁴ og metangerjun óniðurbrotins sellulósa og hrats heildarorkuheimtur við framleiðslu etanóls um 2-5%²⁵. Jafnframt gæti útdráttur fitu úr sláturhúsa- og kjötvinnsluúrgangi aukið heildarorkuheimtur við eldsneytisframleiðslu, þ.e. væri fitan nýtt til lífdísilframleiðslu og „fitulausi“ úrgangurinn til metangasframleiðslu, um rúm 10%²⁶ miðað við að væri úrgangurinn annars allur nýttur til metangasframleiðslu.

Nýta mætti nýta spillivarma frá iðnaði eða jarðvarmavirkjunum til framleiðslunnar og jafnvel nýta spillivarma frá einu ferli í öðru. Hugsanlega má einnig sambætta ofangreind framleiðsluferli öðrum ferlum, s.s. gösun og hitasundrun lífmassa sem og framleiðslu metanóls og metans með hvarfi koldíoxíðs, sem myndast við gerjun, við vetni.

²⁴ Við framleiðslu 100 lítra af lífdísli myndast tæp 8,5 kg af glýseróli. Sé glýseról metangerjað með næringarríkum úrgangi myndast um 350-400 Nm³ metans úr hverju tonni glýseróls. Orkuinnihald í 1 Nm³ af hreinu metangasi er jafn mikið og í um 1,15 lítrum af lífdísli.

²⁵ Við framleiðslu 100 lítra af etanóli falla til, sem þurrvikt, um 125 kg af lífmassa sem samanstendur af ligníni, sellulósa, ensímum o.fl. auk ólífrænna salta. Gert er ráð fyrir að framleiða megi úr hverju þurrefnistonni af lífmassa 10-20 Nm³ metans. Orkuinnihald í 1 Nm³ af hreinu metangasi er jafn mikið og í 1,8 L af etanóli.

²⁶ Sé gert ráð fyrir að um 20% af þurrefni sláturhúsa- og kjötvinnsluúrgangs sé fita má úr hverju tonni af þurrefni framleiða rúma 200 lítra af lífdísli. Metangerjun samsvarandi magns af fitu gefur um 100 Nm³ af metangasi. Metangerjun ómeðhöndlaðs sláturhúsa- og kjötvinnsluúrgangs gefur um 665 Nm³ af metani á hvert tonn.

Heimildaskrá

- Biofuels Digest. (27. júlí 2011). *Biofuels Mandates Around the World*. Sótt 22. október 2012 frá Biofuels Digest: <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2011/07/21/biofuels-mandates-around-the-world/>
- Fernando, S., Hall, C., & Jha, S. (2006). NOx reduction from biodiesel fuels. *Energy Fuels*, 20, 376-382.
- Græna orkan, verkefnisstjórn um orkuskipti í samgöngum. (2011). *Orkuskipti í samgöngum - Stefnumótun, markmiðasetning og aðgerðaáætlun*. Reykjavík: Iðnaðarráðuneytið.
- International Energy Agency (IEA). (2006). *World Energy Outlook 2006*. Paris: OECD/IEA.
- International Energy Agency (IEA). (án dags.). *op. cit. note 26*.
- McCormick, R., Graboski, M., Alleman, T., Herring, A., & Tyson, K. (2001). Impact of biodiesel source material and chemical structure on emissions of criteria pollutants from heavy-duty engine. *Environ Sci Technol*, 35, 1742-1747.
- Orkuspánefnd. (2008). *Eldsneytisspá 2008-2050*. Reykjavík: Orkustofnun.
- Orkuspánefnd. (2012). *Eldsneytisspá 2012-2050 - Endurreikningur á spá frá 2008 út frá nýjum gögnum og breyttum forsendum*. Reykjavík: Orkustofnun.
- Refuel. (án dags.). *Bioethanol*. Sótt 25. mars 2012 frá Refuel: <http://www.refuel.eu/biofuels/bioethanol/>
- REN21. (2011). *Renewables 2011 - Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat.
- REN21. (2012). *Renewables 2012 - Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat.
- Reynisdóttir, D. B., & Ívarsson, Á. (2008). *Blöndun etanóls í bensín. Úttekt á notkunarmöguleikum og takmörkunum*. Akureyri: VGK-Hönnun.
- SEKAB. (án dags.). *E-techprocessen*. Sótt 25. mars 2012 frá SEKAB: <http://www.sekab.se/cellulosaetanol/e-techprocessen/>
- United States Environmental Protection Agency. (2002). *A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions - Draft Technical Report*. United States Environmental Protection Agency.
- Wikipedia. (25. mars 2012). *Biofuel*. Sótt 25. mars 2012 frá Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Biofuel&oldid=483015753>
- Wikipedia. (23. mars 2012). *Common ethanol fuel mixtures*. Sótt 26. mars 2012 frá Wikipedia: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Common_ethanol_fuel_mixtures&oldid=48357573
- 7

Wikipedia. (11. október 2012). *EN 590*. Sótt 22. október 2012 frá Wikipedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/EN_590

Wikipedia. (29. september 2012). *Energy density*. Sótt 22. október 2012 frá Wikipedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_density

Wikipedia. (23. mars 2012). *Ethanol fuel by country*. Sótt 26. mars 2012 frá Wikipedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol_fuel_by_country

Wiltsee, G. (1998). *Urban Waste Grease Resource Assessment*. Golden: National Renewable Energy Laboratory.