

## Lífmassi sem hráefni til iðnaðar og orkugjafi

Hólmgæir Björnsson  
Landbúnaðarháskóla Íslands, Keldnaholti

### Yfirlit

Lífmassi er meðal þeirra orkugjafa sem munu koma í stað jarðefnaeldsneytis til að draga úr aukningu gróðurhúsaáhrifa. Með því að vinna gas úr sorpi og búfjáraburði er einnig dregið úr losun metans, sem er mjög virk gróðurhúsalofttegund, og afgangar úr grisjun skóga og timburvinnslu eru mikilvægt hráefni. Úrgangur, sem til fellur, dugir þó skammt. Hér á landi kemur til greina að hirða lífmassa af tünnum eða rækta tún sérstaklega með tegundum eins og strandreyr, og bygg og alaskalúpína koma til greina. Víði ætti að mega rækta með góðum árangri. Minni líkur eru á að rækta megi oliujurtir til að fá díseldsneyti. Úr trérisríkum lífmassa eins og grasi eða víði má vinna annað hvort etanol í stað bensíns eða díseldsneyti. Úr prótíni má vinna fôður og úr ligníni eldsneyti eða gerviefni. Af 40-50.000 ha túni eða akri ætti að mega vinna etanol í stað helmings þess bensíns sem nú er notað hér á landi. Til þess þarf stuðning. Hvort af því verður getur farið eftir því hvort menn treysta því að vetnisvæðingin sé skammt undan eða að hennar geti þurft að biða.

### Inngangur

Það er kunnara en frá þurfi að segja að orkunotkun jarðarbúa hefur aukist gífurlega undanfarna áratugi og naumast nokkurt lát er á þeirri aukningu þrátt fyrir alþjóðlegar samþykktir og bókanir. Í besta falli hefur hröðunin minnkað. Afleiðingarnar eru annars vegar þær að ört gengur á verðmætustu orkulindir jarðar og er búist við að framboð á olíu muni ná hámarki innan 5 ára, og hins vegar hefur óhófleg brennsla jarðefnaeldsneytis veruleg og varanleg áhrif á andrúmsloftið. Gróðurhúsaáhrif fara vaxandi svo að loftslag á jörðinni hlýnar og erfitt er að segja fyrir um afleiðingarnar. Menn hafa fyrir löngu gert sér grein fyrir nauðsyn þess að bregðast við. Unnið er að þróun fjölmargra orkugjafa sem geti komið í stað oliunnar og jafnframt dregið úr losun gróðurhúsalofttegunda. Helstu leiðirnar eru ræktun lífmassa í stórum stíl og notkun kjarnorku. Aðrir orkugjafar skipta einnig verulegu máli eins og vinnsla orku úr lífrænum úrgangi, vatns- og vindorka, jarðvarmi og sjávarfallastraumar. Með nýrri tækni eru líkur á að mikilvægi jarðvarma aukist og að sólarorkuver komi til sögunnar.

1. tafla. Notkun frumorku í heiminum árið 1998<sup>1</sup>.

Orkulindir	Frumorka <sup>2</sup>	%
Jarðefnaeldsneyti	320	79,6
Olía	142	35,3
Jarðgas	85	21,1
Kol	93	23,1
Endurnýjanlegar	56	13,9
Stór vatnsorkuver	9	2,2
Hefðbundinn lífmassi	38	9,5
Nýjar endurnýtanlegar	9	2,2
Kjarnorka	26	6,5
Alls	402	100

2. tafla. Árlegt magn endurnýjanlegra orkulinda<sup>1,2</sup>.

Tegund orku	Fræðilegt magn	Vinnanleg orka
Sólgeislun	791370	586
Vindorka	8793	94
Lífmassi	2931	191
Vatnsafl	158	70
Jarðhiti	1114	64
Sjávarfalla- og ölduorka, sólarvarmi úr hafi	733	32
Alls		1037

<sup>1</sup>Heimild: Bragi Árnason og Þorsteinn I. Sigfússon (2004).

<sup>2</sup>Orkueiningin er Exajoules

Í 1. töflu er sýnd frumorkunotkun heimsins. Miðað við ríflegt mat á orkulindum gæti jarðefnaeldsneyti og úran enst í um 360 ár að óbreyttri notkun. Í 2. töflu er mat á endurnýjanlegum orkulindum og að hve miklu leyti þær eru nýtanlegar. Samkvæmt þessu mati gætu þær komið í stað jarðefnaeldsneytis og kjarnorku þótt sólarorkuver komi ekki til sögunnar, en þá er eftir að gera ráð fyrir þeirri aukningu á orkunotkun sem líklegt er að verði enn. Enn fremur má reikna með að margvísleg andstaða verði gegn því að fullnýta þessa möguleika. Á móti kemur betri nýting orkunnar með tækniframförum, og með breyttu skipulagi og hugarfari má spara mikla orku.

Ísland hefur töluverða sérstöðu vegna þess hve hér er enn mikið óbeislað af vatnsorku og jarðvarma. Framlag Íslendinga til þróunar orkumála í heiminum er hugmyndin um vetnisvæðingu og þátttaka í alþjóðlegum verkefnum á því sviði. Orkuna á að vinna úr endurnýjanlegum orkulindum og binda í vetni sem ber orkuna og verður notað til að knýja samgöngutækin. Þetta framlag okkar byggist ekki síst á starfi og þekkingu Braga Árnasonar sem var prófessor við Háskóla Íslands og er meðal helstu sérfræðinga á þessu sviði. Þorsteinn I. Sigfússon prófessor hefur tekið upp merki hans og stendur fyrir verkefninu. Meðal þess, sem skiptir máli, er að auðveldara er að koma upp nýju dreifikerfi fyrir orku á eyju, þar sem það er afmarkað, en á stórum meginlöndum. Meðal kosta vetnis er hve orkan nýtist vel þegar það er notað til að knýja bílvélar (Bragi Árnason og Þorsteinn I. Sigfússon, 2004). Nokkur bið mun þó verða á að vetni leysi olíu og bensín af hólmi. Þangað til að því kemur munu ýmsir aðrir orkuberar koma við sögu.

Í október s.l. sótti ég 14. Evrópuráðstefnuna um lífmassa í París. Nýjustu heimildir og hugmyndir eru sóttar þangað og í erindi sem Þorsteinn I. Sigfússon flutti á Keldnaholti 12. desember 2005. Orkustofnun hefur gefið út rit sem gefur ágætt yfirlit yfir stöðuna, orkusparnað og aðrar leiðir til að draga úr mengun (Ágúst Valfells, 2005). Ráðstefnuritið frá París hefur ekki birst enn þegar þetta er ritað, en nokkur erindi hef ég handbær og borist hefur fréttabréf frá sérstökum degi iðnaðarins (EUBIA newsletter November 2005).

Í Evrópubandalaginu koma um 6% orkunnar úr endurnýjanlegum orkugjöfum, að meirihluta úr lífmassa. Árið 2010 eiga það að verða 10–12% og 20% 2020, og ekki verður þar látið staðar numið. Þetta eru stórkostlegar áætlanir og mikla tækniþróun þarf til að það geti orðið. Jafnframt getur svo mikil ræktun reynt töluvert á umhverfið, en aðrar aðferðir til að vinna gegn óæskilegum áhrifum hinnar miklu orkuneyslu eru ófullnægjandi einar sér. Auk þess má benda á að skógar fara vaxandi í Evrópu og þá má því nýta betur.

### **Orkan kemur frá sólinni**

Geislun sólar er sú orkulind sem nánast allt líf og starfsemi á jörðinni nærast á. Vatnsorkan og vindorkan er þaðan komin. Í olíu og kolum hefur varðveist orka sólgeislunar sem féll á jörðina fyrir hundruðum milljóna ára. Það er helst kjarnorkan, jarðvarminn og orka sjávarfallanna sem ekki koma til jarðar sem geislaorka. Segja má að beislun sólarorku í grænum gróðri sé mesta orkuver jarðarinnar. Þó nýtast aðeins um 1–2% geislaorkunnar til tillífunar og í kvikfjárrækt skila sér aðeins um 5% af fódurorkunni í afurðunum (Hólmgæir Björnsson, 1987).

Með vetnisvæðingu má segja að horfið sé aftur til upphafsins. Þegar grænuhornin binda sólarorkuna gerist það einmitt þannig að þau kljúfa vatn í vetni og súrefni. Súrefnið fer út í andrúmsloftið en vetnið varðveitir sólarorkuna. Það bindur koltvíldi úr andrúmsloftinu og afoxar það og lífræn sambönd myndast. Þrúgusykur eða glúkósi er orkuberinn sem ber orkuna úr grænuhornunum í aðra plöntuhluta og önnur lífræn efni eru unnin úr.

Við bruna eldsneytis gengur það í samband við súrefni, það oxast, og til verður koltvíldi (kolsýringur við ófullkominn bruna) og vatn. Í koltvíldi ( $\text{CO}_2$ ) er oxunarstigið +4, í óbundnu kolefni (grafít, demantur) núll og -4 í metani ( $\text{CH}_4$ , hauggas, mýrarloft, jarðgas). Orkan, sem efnið gefur frá sér við bruna, er stigvaxandi með lækkandi oxunarstigi kolefnis. Í sykrum (t.d. hexóсар (( $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5$ )<sub>x</sub>), sykur, sterkja, sellulósi) er oxunarstigið núll, en kolefni er aðeins um 45% og brunagildið því of lágt á þungaeyningu til þess að þær séu hagkvæmt eldsneyti. Brennslugildið vex þegar gróður tréna. Í viði er C um 50% af lífrænu efni. Þegar gróðurleifar safnast fyrir í jarðlögum umbreytast þær. Við háan hita og þrýsting gengur súrefni úr sambandi við kolefni og tekur með sér vetni og e.t.v. nitur. Til verður mór (55–60% C), brúnkol (60–70% C), steinkol (75–90% C) eða gljákol (90–95% C) og brunagildið er því meira sem kolefnið nálgast það að vera hreint (Óskar B. Bjarnason, 1966). Mest er þó brunagildi metans (jarðgass) með oxunarstig -4 og næst kemur jarðolía sem er úr kolvatnsefniskeðjum (t.d. alkön,  $(\text{CH}_3)_2(\text{CH}_2)_x$ ). Fitusýrur eru kolvatnsefniskeðjur með karboxýlhóp á endanum og því einnig orkuríkar, en jarðolía mun einmitt mynduð úr seti þar sem fituríkt svif hefur fallið til botns.

Til þess að lífmassi geti komið í stað jarðefnaeldsneytis þarf að vinna úr honum eldsneyti sem má blanda í bensín eða olíu eða nota eitt sér. Í 3. töflu er yfirlit yfir nokkrar helstu leiðir sem geta komið við sögu og fjallað er um hér á eftir.

**3. tafla.** Orka úr endurnýjanlegum orkulindum í stað jarðefnaeldsneytis.

Orkugjafi	Orkuvinnsla	Orkuberi	Orkunotkun
Fallvötn, jarðhiti o.fl.	Raforka	Vetni	Efnarafalar, samgöngur
--- „ ---	Vetni + C-gjafi	Dísilín	Samgöngur, fiskifloti
Úrgangur; viður, sorp	Gerjun	Hauggas, $\text{CH}_4$	Eldun, vélar, smánotendur
Úrgangur	Hitun >700°C	Syngas	--- „ ---
Lífmassi, t.d. viður	Hitun >1200°C	Syngas	Orkuver
Lífmassi + raforka	Syngas + vetni	Dísilín	Samgöngur
Viður, köggl. hálmur	Bruni	Vatn, rafmagn	Hitaveitur, blönduð orkuver
Sykrur	Gerjun	Etanól	Í stað bensíns
Olíujurtir, kjötúrg.	Hreinsun	Lífdísill	Dísileldsneyti
Frumuveggjarmassi	Sundrun+gerjun	Etanól	Bensínvélar + verðmæt efni
--- „ ---	Hiti og þrýstingur	Dísilín	Jarðolía + verðmæt efni

### Eldsneyti og gas

Frá fornu fari hefur eldsneyti einkum verið viður eða á annan hátt komið úr jarðargróða. Einnig hefur hauggas verið nýtt um langa hríð, m.a. til að knýja bíla og vinnuvélar. Fyrsta stigið í að auka notkun lífmassa sem orkugjafa er að nýta þann úrgang, sem til fellur, ýmist sem eldsneyti eða til að framleiða gas. Hvort tveggja hentar vel í smáum stíl, t.d. í dreifðum byggðum.

Sú nýting lífmassa í stærri stíl, sem mest kveður að í Evrópu enn sem komið er, er í fjarvarma-veitum þar sem jafnframt er framleitt nokkurt rafmagn. Þar eru Norðurlöndin, Svíþjóð og Finnland, í forustu. Eldsneytið er einkum verðlítill úrgangur, sem fellur til við vinnslu viðar og grisjun skóga, og köggláður hálmur. Ræktun gróðurs sem orkugjafa er þó hafin. Mestur árangur hefur náðst með viði og strandreyr á norðlægum slóðum.

Gas úr úrgangi er annars vegar hauggas (50–70% metan), sem verður til í sorphaugum og áburðargeymslum, og hins vegar s.k. *syngas* sem fæst við það að hita lífrænan úrgang. Á sorphaugum höfuðborgarinnar eru nú þegar virkjuð 70–80% þess úrgangs sem var urðaður 1991–

2002. Það er notað til að knýja nokkra tugi bíla, en meginhlutanum er brennt til að framleiða rafmagn og afköstin eru 0,85 MW. Allt gasið, sem til fellur á sorphaugunum, myndi nægja til að knýja 5000 bíla. Áætlað hefur verið að með því að fullvirka búfjáraburð, lífrænan úrgang, skolp o.fl. geti það svarað til 23 MW virkjunar (Björn H. Halldórsson, 2004). Ávinningurinn af því að virkja metan í stað þess að hleypa því út í andrúmsloftið er þó margfalt það sem nemur orkugildinu því að metan er mjög virk gróðurhúsalofttegund, 21 sinni virkari en koltvíldi.

Syngas fæst við hitun á lífrænu efni í  $>700^{\circ}\text{C}$ . Það er m.a. framleitt til heimilisnota og notkun þess breiðist töluvert út. Í Kína fá 11 milljónir heimila orku, aðra en rafmagn, með eigin framleiðslu á gasi. Betri nýtni fæst við  $>1200^{\circ}\text{C}$ . Með því að umbreyta lífmassa í gas í stað þess að brenna honum nýtist orkan betur og mengun verður minni. Þessi aðferð er nú þegar notuð í einhverjum mæli á Norðurlöndum og verður kynnt ásamt öðru á sýningu og ráðstefnu í Jönköping í Svíþjóð 30. maí – 1. júní n.k ([www.worldbioengy.se](http://www.worldbioengy.se)). Í kynningu segir að í Svíþjóð komi fjórðungur allrar orku úr lífmassa.

### Fljótandi eldsneyti

Fljótandi eldsneyti úr lífmassa fellur í tvo flokka eftir því hvort það er notað á bensín- eða dísilvélar eða afbrigði af þeim. Til blöndunar í bensín er framleitt etanól (vínandi). Íblöndun sem nemur 5–10% hækkar oktantölu og kemur í stað eitraðs efnis sem líklegt er að verði bannað innan tíðar. Etanól má því vera nokkru dýrara en bensín án þess að slík íblöndun verði óhagkvæm. Brasilíumenn hófu að blanda etanóli í bensín um 1965. Með endurbótum á bílvélum má auka hlut etanóls eða nota það eitt sér. Orkan nýtist betur en úr bensíni og útblásturinn verður hreinni, en þó er við ný mengandi efni (aldehýð) að fást. Brasilíumenn vinna etanól úr sykurreyr. Framleiðslan fer vaxandi og nemur nú 40% af þörfinni. Það er orðið ódýrara en bensín. Ekki verður víða hægt að framleiða eldsneytið eins ódýrt og í Brasilíu. Bandaríkjamenn framleiða einnig verulegt magn af etanóli. Í Evrópu er einnig víða farið að nota etanól og telja Spánverjar sig vera komna lengst.

Fljótandi dísileldsneyti er unnið úr lífmassa með ýmsum hætti og hefur verið nefnt lífdísill. Hér á landi var eldsneyti á bíla unnið í kjötmjölsverksmiðjunni á Suðurlandi og reyndist ágætlega. Það eru fitusýrurnar sem eru notaðar í þetta eldsneyti og með lítilli íblöndun (5%) dregur mikið úr þeirri mengun af föstum ögnum sem gerir dísilbíla svo hvítleiða (Halla Jónsdóttir, 2004). Síldar- eða loðnulýsi hefur einnig verið brennt í stað olíu. Í Evrópu er lífdísill unninn úr repjuolíu og í 7. tbl. Freys 2005 er viðtal við bónda í Bandaríkjunum sem hefur snúið sér að framleiðslu eldsneytis úr sojaolíu. Þegar fitu er breytt í eldsneyti eru fitusýrurnar leystar úr sambandi við glýseról og esterar búnir til.

Dísileldsneyti, sem líkist jarðolíu, má vinna úr hvaða kolefnissambandi sem er og til þess eru ýmsar aðferðir, en jafnan er um að ræða háan hita og mikinn þrýsting. Oftast er það unnið úr lífrænum efnum. Þetta eldsneyti getur hentað misjafnlega, t.d. við kulda, en einnig getur orðið til rokkgjarnt efni sem má nota á flugvélar. Vetni er ekki talið hentugt á fiskiflotann. Þess í stað hafa þróast hugmyndir um að nota hér aðferð sem var fundin upp 1923 og er kennd við Fischer-Tropsch (FT). Þá yrði vetni, sem fæst við rafgreiningu, látið hvarfast við útblástur úr stóriðjuveri, t.d. járnblendiverksmiðjunni á Grundartanga, og gæti framleiðslan þar fullnægt þörfum alls flotans. Hefur afurðin verið nefnd díselín (Þorsteinn I. Sigfússon í erindi í LbhÍ á Keldnaholti 12.12.2005).

## Lífmassaver (*Biorefineries*)

Eldsneyti úr lífmassa er framleitt í því sem mætti kalla lífmassaver (biorefinery, sbr. orkuver, oil refinery=olíuhreinsistöð). Þau eru mjög fjölbreytt því að hráefnið er margvíslegt og aðferðir við framleiðsluna mismunandi (Kamm og Kamm, 2004a,b). Vegna kostnaðar við ræktun og hirðingu lífmassa getur skipt sköpum að einnig fáið önnur verðmæti (Askew, 2005). Í ýmsum áætlunum er gert ráð fyrir stórrekstri til að framleiðslan verði hagkvæm. Lífmassanum er þá safnað saman af minni svæðum og forunninn áður en hann er fluttur langar leiðir.

Lífmassaver má flokka eftir hráefni í þrjá flokka, heilsáðver, þ.e. korn og hálmur, grænmassaver, t.d. gras og belgjurtir, og lignosellulósaver þar sem frumuveggir eru meginhluti efnisins, t.d. sína og hálmur, viður og runnar (Kamm og Kamm, 2004b).

Þegar etanól er unnið úr lífmassa er sterkja og sellulósi látinn brotna niður í glúkósa sem gerjast í etanól. Einnig má nýta aðra hexósa og jafnvel pentósa sem fást úr hemisellulósa. Úr xylósa er unnið furfural sem er verðmætt hráefni, t.d. í nælon (Kamm og Kamm, 2004a). Ensím eru notuð til að sundurliða fjölsykrungana, en einnig má nota sýrur. Verð á ensímum fer lækkandi og með annarri tækniþróun fer kostnaður einnig lækkandi.

Til þess að búa til eldsneyti á dísilvélar úr öðru en jurtaolíu má fara a.m.k. tvær leiðir sem vert er að nefna. Báðar byggjast á því að hita efnið við háan þrýsting til að leysa súrefni úr sambandi við kolefni líkt og gerst hefur þegar jarðefnaeldsneyti varð til á milljónum ára. Önnur aðferðin er að búa til syngas við háan hita. Það er svo notað sem orkuríkur kolefnisgjafi til að framleiða díselín með FT-aðferðinni sem fyrr var nefnd. Olíufélög hafa þegar reist slík ver eða þau eru í byggingu. Í Malasíu eru afköstin 1.700 MW af orku í lífmassa sem verða að 1.400 MW í syngasi. Í Qatar á að vinna úr 10 GW af lífmassa í (Boerrigter & van der Drift, 2005). Hugmyndir eru um stórrekstur í Þýskalandi.

Hin aðferðin til að framleiða dísileldsneyti, sem hér skal getið, er nefnd HTU<sup>®</sup> (hydrothermal upgrading). Lífmassinn er hitaður í 300–350°C við 100–180 loftþyngdir í 5–20 mínútur (Goudrian, Naber & Zeevalink, 2005). Unnið er að því að koma upp tilraunaverksmiðju í Hollandi þar sem hráefnið verður grænn gróður, gras og belgjurtir. Fyrst er prótínið leyst úr hráefninu. Með endurbættri og verndaðri aðferð verður til verðmætt svínafóður. Eftir hitameðferðina verður til afgangsefni sem er fyrst og fremst lignín, sem má nota sem eldsneyti, en er einnig hráefni til iðnaðar (fjöllíður, polymer). Verksmiðjan á að verða tilbúin 2009 og verður áhugavert að fylgjast með árangri hennar því að hráefnið er líkt því sem fæst á Íslandi.

Hér hefur verið gert ráð fyrir því að fljótandi eldsneyti verði fyrst og fremst framleitt í stórum stíl. Aðrar þróunarlínur eru þó til þar sem gert er ráð fyrir að orkan verði beisluð í smáum stíl nálægt þeim stað sem hráefnið verður til. Það gæti átt vel við í dreifbýlu landi eins og á Íslandi (sjá Ragnhildur Sigurðardóttir o.fl., 2004).

## Ræktun lífmassa

Nærri 40 ár eru frá því rannsóknir hófust í Svíþjóð á því hvernig ræktaður gróður geti komið í stað jarðefnaeldsneytis. Það var í rauninni jafnljóst þá og nú hvert stefndi með nýtingu orkulinda og hvaða áhrif vaxandi losun gróðurhúsalofttegunda myndi hafa, þótt nú megi segja fyrir um það með meiri nákvæmni, og áhrifanna er farið að gæta svo að varla verður dregið í efa. Önnur lönd fylgdu á eftir, einkum eftir Súezdeiluna 1974. Árið 1980 var fyrsta Evrópuráðstefnan um lífmassa

haldin. Hvítamanni hennar, Wolfgang Palz, var veitt viðurkenning, kennd er við Joannes Linneborn, á ráðstefnunni í París 2005.

Val á víðitegundum hófst 1967 í Landbúnaðarháskólanum á Ultuna í Svíþjóð og nokkru seinna hófust kynbætur sem hafa skilað 50% uppskeruauka. Víðir er nú ræktaður á um 15.000 ha í Svíþjóð. Vöxturinn er lítill árið sem gróðursett er. Eftir það er hann sleginn á þriggja ára fresti og kurlaður til eldsneytis í orkuverum. Uppskeran er um 9 t þe./ha á ári og akurinn endist í a.m.k. 20 ár (Stig Larsson, Agrobränsle, munnleg heimild).

Strandreyr (*Phalaris arundinacea*) á að koma í staðinn fyrir mó í Finnlandi. Hann vex bæði villtur og í túnnum í Finnlandi. Ræktun til eldsneytis jókst úr 500 ha 2001 í 10.500 ha 2005. Strandreyr er seinn til og er sleginn fyrst á 3. ári. Áburður er 60–90 kg N/ha á ári. Hann er látinn bíða á rót fram undir vor og er þá sleginn því sem næst þurr. Uppskeran er 7–10 t þe./ha þótt svo seint sé slegið og dæmi er um blett sem hefur þegar skilað uppskeru í 15 ár (Pahkala o.fl., 2005). Það sem vinnst við það að draga slátt er, auk þess að fá uppskeruna þurra, að mikill hluti næringarefnanna skilar sér í ræturnar. Við það sparast áburður og minni aska verður eftir við bruna (Landström & Wik, 1997). Eigi að vinna fljótandi eldsneyti úr lífmassanum skiptir minna máli að fá hann þurran. Af öðrum grastegundum eru m.a. nefndar vallarfoxgras, háliðagras og fódurfax, og samræktun með belgjurtum kemur til greina (Tuveson, 1997). Askew (2005) nefnir fleiri tegundir en strandreyr sem eru kenndar við sef eða flæður. C4-plöntur eru þó taldar heppilegri til framleiðslu eldsneytis en C3-plöntur. Meðal annars taka þær upp minna af steinefnum svo að askan verður minni. Mesta athygli vekur gras frá Kína sem ber latneska heitið *Miscanthus sinensis* og hefur verið prófað allt norður í Danmörk. Meðal tegunda, sem oft eru nefndar, er *Panicum virgatum* (switch grass).

Lífmassi hentar misjafnlega eftir því hver afurðin á að vera. Fram kom að orkan væri ódýrust ef notaðar væru olíujurtir eða sterkja, en frumuveggjarplöntur væru hagkvæmari ef minnkandi gróðurhúsaáhrif væru tekin með í reikninginn (E. van der Heuvel, *Senternovem*, óbirt erindi á lífmassaráðstefnu í París 2005). Í frumuveggjum mynda sellulósi, hemisellulósi og lignín fastofinn vef, lignosellulósa, sem þarf að brjóta upp með sýrum eða gufusprengingu (Sassner o.fl., 2005).

**4. tafla.** Frumuveggjarefni og aska í lífmassa, % af þurrefni.

	Sellulósi	Hemisellulósi %	rikjandi	Lignín	Aska	Heimild, sjá einnig texta
Hveitihálmur	34	28		18	1,3	ENEAA
Ösp (poplar)	49	17		18	1,2	ENEAA
Mischantus	45	30		21	2,7	ENEAA
Fura og greni	43–45	20–23	mannan	28		Galbe & Zacchi
Víðir	42	22	xylan	25		Per Sassner
Hálmur	37	31	xylan	23		Per Sassner
Vallarf. í okt.	35	30		5	6	Tryggvi Eiríksson

Í 4. töflu eru dæmi um samsetningu lífmassa af þessu tagi. Tölurnar eru sóttar í kynningarbás ENEA (Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment) og til Háskólans í Lundi í Svíþjóð (Galbe & Zacchi, 2002, tölvupóstur frá Per Sassner), auk mælingar á frumuveggjarefnum (NDF, ADF, lignín, en pektín er ekki með) í vallarfoxgrasi á Keldnaholti (Hólmgeir Björnsson o.fl., 2004). Venjulega er einhver ein gerð fjölsykrunga ríkjandi í hemisellulósa, oft um þrjú fjórðu, og í heimildum frá Lundi kemur fram hver er ríkjandi. Mannan

brotnar niður í mannósa sem er hexósi og gerjast í etanól með sömu gersveppum og glúkósi. Með hemisellulósa er þó fyrst og fremst átt við pentósana.

Sumt af þeirri notkun lífmassa, sem þegar á sér stað erlendis, er samkeppnishæft nú þegar, en annað þarf á stuðningi að halda, t.d. þóknun fyrir að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda.

Þegar lífmassi kemur í stað annars eldsneytis eða hráefnis verða til ný umhverfisvandamál. Breytt landnotkun er hvarvetna til þess fallin að valda deilum. Einnig verða til úrgangsefni sem þarf að nýta eða farga. Í nóvember s.l. var haldin sérstök ráðstefna í Prag um nýtingu ösku (RecAsh).

## Lífmassi á Íslandi

Árið 1994 hófu verkfræðingarnir Baldur Líndal og Ásgeir Leifsson undirbúning að stofnun verksmiðju til framleiðslu á etanóli til íblöndunar í bensín. Þeir fengu fljótt augastað á alaskalúpínunni. Hana mætti rækta í stórum stíl á söndunum sunnanlands. Íslenska lífmassafélagið var stofnað árið 2001 og fékk það í samvinnu við aðila í Þýskalandi og á Írlandi styrk frá Evrópusambandinu 2002–2004 til að vinna að ýmsum athugunum til undirbúnings þess að stofna verksmiðju. Rannsóknastofnun landbúnaðarins kom að þessu verki með því að leggja fram þá þekkingu, sem til er, og afla nýrrar. Lífmassafélagið er nú að vinna að hagkvæmnisathugun á því að reisa lífmassaverksmiðju á Flúðum. Miðað er við að hún noti sem svarar um 20.000 tonnum af þurrum lífmassa á ári. Etanólframleiðslan gæti dugað til að bæta 10% í þriðjung þess bensíns sem selt er hér. Fleiri aðilar hafa tekið framleiðslu orku úr lífmassa hér á landi til athugunar (TB, 2005). Menn hafa m.a. spurt hvort ekki megi rækta olíujurtir, repju eða nepju, og nota olíuna á dísilvélar. Vornepja er næst því að ná þroska, en uppskeran var lítil í tilraun sem var gerð 2002 (Hólmgeir Björnsson og Þórdís A. Kristjánsdóttir, 2003, bls. 39). Hugsanlegt er að með markvissum kynbótum í 10–20 ár gæti fengist viðunandi árangur.

Rannsóknastofnun landbúnaðarins skilaði skýrslu um ræktun og framboð á lífmassa þar sem einnig var gerð tilraun til að meta kostnað (Hólmgeir Björnsson o. fl., 2004). Vegna hugmynda um nýtingu alaskalúpínu höfðu verið gerðar rannsóknir á ræktun hennar (Hólmgeir Björnsson & Sigríður Dalmannsdóttir, 2003), en einnig var bent á að nota megi aðrar tegundir sem meiri reynsla er af, bæði túngróður og bygg. Lúpínan þolir illa slátt á vaxtartímanum og stenst ekki til lengdar samkeppni við annan gróður á frjósömu landi. Áburðarþörf hefur verið prófuð í tilraun á blásnu landi á Geitasandi og mun henni ljúka sumarið 2006. Í þessari tilraun, þar sem ekki er mikil samkeppni við annan gróður, hefur lúpínan þolað slátt í byrjun september í tvö ár ef hún fær brennisteinsáburð og uppskeran var um 3 t þe./ha. Brennisteinsskortur á sandjörð er vel þekktur og N/S hlutfallið þarf að vera undir 20–22 til að prótínmyndun sé eðlileg (Áslaug Helgadóttir o.fl., 1977). Einnig svaraði lúpínan P-áburði og K-áburður er nauðsynlegur ef uppskera er tekin í mörg ár. Ekki voru gerðar athuganir á hirðingu og geymslu lúpínu. Hún virðist rotna nokkuð fljótt eftir að hún visnar á haustin ef veður er hlýtt og rakt. Því er áhætta að bíða fram eftir hausti til að hún verði þurrari og léttari í meðförum. Ekki er reynsla af að taka hana græna síðla sumars og bagga, e.t.v. eftir forþurrkun á velli. Áætlað hefur verið að sandar á Suðurlandi, sem gætu hentað vel til ræktunar á lúpínu, séu um 100.000 ha. Óvíst er þó hve mikinn hluta þess lands verði unnt að nytja í þessu skyni. Gagnagrunn Nyttjalandis má nota til að meta ræktunarsvæði.

Af öðrum nytjagróðri liggur beinast við að nýta heyrúllur, sem fyrnast, og nytja tún á eyðijörðum ef þau liggja vel við flutningum. Grisjun skóga og úrgangur úr timburvinnslu eru einnig augljós kostur. Það eru einkum fjölærar tegundir sem koma til greina ef rækta á lífmassa. T.d. ætti að

geta náðst góður árangur með víði líkt og í Svíþjóð, en rétt er að minna á að sú þróun hefur tekið á fjórða áratug. Ýmsar heimildir benda til að gras sé vænlegt til framleiðslu lífmassa. Strandreyr gaf 10,8 t þe./ha í tvö ár á Korpu. Hann er nú ræktaður á um 150 ha sem næring handa sveppum á Flúðum. Aðrar tegundir eins og vallarfoxgras geta e.t.v. reynst eins vel. Í tilraun var það látið bíða sláttar frá 20. ágúst 2003 fram í mars 2004 og hafði það þá lagst. Massinn minnkaði úr 7,3 í 4,2 t þe./ha og hlutfall þurrefnis jókst úr 25 í 84%. Sellulósi fór úr 29 í 38%, hemisellulósi úr 27 í 33% og lignín úr 3,5 í 5,5%, en öskuinnihaldið breyttist óverulega, úr 6,9 í 6,1%, sjá einnig 4. töflu. Loks kemur til álita að rækta bygg í þessu skyni og er þá hálmurinn einnig notaður.

Niðurstöður útreikninga á kostnaði voru mjög háðar því hvað gert var ráð fyrir mikilli uppskeru og hve lengi var gert ráð fyrir að ræktunin entist án þess að landið þyrfti að endurvinna. Í 5. töflu er kostnaður við framleiðslu lúpínu fram að böggun uppskerunnar. Af árlegum kostnaði var áburður 40%. Hér er gert ráð fyrir að lúpínan haldist í mesta lagi í 8 ár áður en leggja þurfi í nýjan kostnað við ræktunina, en reiknað er með minni uppskeru seinni hluta tímans. Á frjósömu landi er líklegt að annar gróður að taki við og gefi sambærilega uppskeru, en þá þarf meiri áburð. Ef meiri uppskera fæst en hér er gert ráð fyrir og kostnaður við ræktunina er lítill geta böggun og flutningur orðið helstu kostnaðarliðirnir.

**5. tafla.** Kostnaður við ræktun og slátt á lúpínu, kr./kg af þurrefni.

Uppskera, t/ha á ári		Ending ræktunar	
1.-4. ár	5.-8. ár	4 ár	8 ár
3	2,25	<b>4,25</b>	<b>3,71</b>
4	3	<b>3,19</b>	<b>2,78</b>

Reikna má með að bygg verði dýrara. Ef ræktun byggs til framleiðslu lífefna verður umtalsverð ætti þó massinn að geta fengist sem ódýr aukaafurð. Kostnaður við hey er mjög ólíkur eftir því hvort um er að ræða hey sem fellur til aukalega eða túnið er ræktað sérstaklega í þessu skyni. Hagkvæmni þess að vinna orku úr lífmassa getur oltið á því hvernig tekst að vinna önnur verðmæti úr honum, t.d. prótín. Úr alaskalúpínu var hugmyndin að vinna beiskjuefni (alkalóíða) og breyta þeim í verðmæta söluvöru. Einnig þurfa að fást greiðslur vegna umhverfisáhrifa til að etanol úr lífmassa geti orðið samkeppnishæft.

### Er lífmassi raunhæfur valkostur á Íslandi?

Við fyrstu sýn virðist svarið neikvætt. Hér á landi er nægilegt framboð af endurnýjanlegum orkulindum til þess að framleiða vetni og/eða fljótandi eldsneyti á samgöngutæki og skipaflota landsmanna. Efnarafalar, þar sem vetni er breytt í raforku, nýta orkuna mikið betur en bensín- og dísilvélar. Þeir geta þó komið í eðlilegu framhaldi af eldsneyti úr lífmassa því að vetnið má vinna úr lífrænum samböndum. Hvað sem þeim áætlunum líður og samhliða þeim er sjálfsagt að auka nýtingu á hauggasi og öðru sem til fellur, t.d. í skógrækt. Hafa þarf hugfast að koltvíldi veldur ekki nema um helmingi þeirra áhrifa sem eru af losun gróðurhúsalofttegunda og því þarf einnig að draga úr losun annarra lofttegunda.

Það er þó of snemmt að afskrifa lífmassann sem hráefni í eldsneyti á samgöngutæki hér á landi, fyrst og fremst vegna þess að vetnisvæðingin á enn langt í land með að verða að veruleika. Á meðan þess er beðið getur þróunin farið í ýmsar áttir og á ráðstefnunni í París voru skiptar skoðanir á því hvort vetni muni koma í stað díselíns. Næsta víst má telja að bensín verði innan tíðar blandað etanóli. Sumir telja e.t.v. að bensínvélin muni brátt hverfa úr sögunni, en aðrir telja að hún sé í breyttri mynd best til þess fallin að nýta eldsneyti úr lífmassa. Vegna þess hve þjóðin



er lítil er hugsanlegt að Íslendingar geti treyst á innflutning á etanóli. Almennt má þó reikna með að alþjóðleg verslun með orku fari minnkandi eftir því sem hlutur endurnýjanlegra orkugjafa fer vaxandi, nema sólarorkuver komi til sögunnar. Þjóðir munu tryggja sig áður en þær leyfa útflutning. Íslendingar verða því að fylgjast með þróuninni og vera viðbúinir því að framleiða eigið eldsneyti. Með því að eiga nokkurt frumkvæði má jafnvel vænta þess að til geti orðið hliðarafurðir sem renni nýjum stoðum undir atvinnulífið. Þótt gert sé ráð fyrir dísileldsneyti sem þætti í vetnisvæðingunni er hugsanlegt að lífmassi geti veitt því samkeppni. Lífmassi er fjölbreyttur og hann mun einnig koma í stað olíu sem hráefni í hvers konar gerviefni.

Töluvert land þarf undir lífmassa ef hann á að fullnægja miklum hluta af orkuþörf landsmanna. Samkvæmt áætlunum Íslenska lífmasssfélagsins þarf 20.000 tonn af þurrefni til að framleiða etanól sem komi í staðinn fyrir liðlega 3% af bensínnotkun Íslendinga. Þetta gæti verið bygg og hálmur eða hey af 2.500–3.000 ha eða lúpína af 5–7.500 ha. Ef etanóli verður blandað í bensínið til helminga sautjánfaldast landþörfin og verður um 40–50.000 ha af túni/akri eða lúpínu af 85–125.000 ha. Lúpína ein sér myndi vart duga í þessa framleiðslu nema hún gæfi af sér a.m.k. 4 t/ha. Að öðru leyti ætti að vera auðvelt að fullnægja þessari landþörf. Loks má benda á að töluvert kolefni getur safnast í jarðveg ef 50–100.000 ha bætast við ræktað og áborið land á Íslandi.

Hér hafa verið leidd að því nokkur rök að eðlilegt sé að Íslendingar taki þátt í þróun lífmassa sem hráefnis í iðnaði og orkugjafa og bíði ekki eftir vetnisvæðingunni. Það er nauðsynlegur þáttur í menningu og menntun að vera með þar sem ný þekking verður til. Ef vel á að takast þurfa rannsóknir á ræktun, hirðingu og geymslu lífmassa að vera nokkrum árum á undan framkvæmdum, og fyrirvarinn þarf að vera ennþá meiri ef rækta á nýjar tegundir þar sem kynbóta er þörf.

## Heimildir

Askew, M.F., 2005. The potential of grassland and associated forages to produce fibre, biomass, energy or other feedstocks for non-food and other sectors: new uses for a global resource. Í: D.A. Mc Gilloway (ritstj.), *Grassland: a global resource*. XX IGC 2005. Wageningen Academic Publishers, 179–189.

Ágúst Valfells, 2005. Vistvænt eldsneyti. Möguleikar Íslendinga til að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis. *Orkustofnun*, 38 bls.

Áslaug Helgadóttir, Friðrik Pálmason & Hólmgeir Björnsson, 1977. Áhrif brennisteinsáburðar á hefyng og brennistein í grasi. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir*, 9,2, 3–21.

Björn H. Halldórsson, 2004. Nýting metans frá lífrænum efnum. Reynsla og möguleikar. [http://www.os.is/page/vistvaent\\_eldsneyti](http://www.os.is/page/vistvaent_eldsneyti)

Boerrigter, H. & B. van der Drift, 2005. „Biosyngas“ key-intermediate in production of renewable transportation fuels, chemicals, and electricity: Optimum scale and economic prospects of Fisher-Tropsch plants. <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/rx05181.pdf>.

Bragi Árnason & Þorsteinn I. Sigfússon, 2004. Íslenskar orkulindir og vetnisvæðingin. *Tímarit um raunvísindi og stærðfræði*, 2. árg., 2. hefti, 9–16.

EUBIA newsletter November 2005. *European Biomass Industri Association, Brüssel*. Guiliano Grassi ritstj., 9 bls.

Galbe, M. & G. Zacchi, 2002. A review of the production of ethanol from softwood. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 59, 618–628.

Goudrian, F., J.E. Naber & J.A. Zeevalink, 2005. Conversion of biomass residues to transportation fuels with the HTU® process. Erindi á 14<sup>th</sup> *European Biomass Conference and Exhibition*, Paris, 14-21 October 2005. Birtist í ráðstefnuriti.

Hólmgeir Björnsson, 1987. Vinnsla sólarorku í landbúnaði og nýting hennar. *Náttúrufræðingurinn*, 57, 145–155.

- Hólmgeir Björnsson, Áslaug Helgadóttir, Jón Guðmundsson, Þóroddur Sveinsson & Jónatan Hermannsson, 2004. Feasibility study of green biomass procurement. Óbirt skýrsla. *RALA 029/JA-004*, 23 bls.
- Hólmgeir Björnsson & Sigríður Dalmannsdóttir, 2003. Áhrif sláttar á endingu og uppskeru alaskalúpinu. *Ráðunautafundur 2003*, 188–192.
- Hólmgeir Björnsson & Þórdís Kristjánsdóttir, 2002. Jarðræktarrannsóknir 2001. *Fjölrit RALA nr. 210*, 61 bls. (ritstjórar).
- Kamm, B. & M. Kamm, 2004a. Principles of biorefineries. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 64: 137–145.
- Kamm, B. & M. Kamm, 2004b. Biorefinery – Systems. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 18: 1–6.
- Halla Jónsdóttir, 2004. Lífdísill – framleiðsla lífdísils. [http://www.os.is/page/vistvaent\\_eldsneyti](http://www.os.is/page/vistvaent_eldsneyti)
- Landström, S. & M. Wik, 1997. Rörfen. Odling, skörd och hantering. *Fakta Mark/Växter* nr 1, SLU 1997, 4 bls.
- Óskar B. Bjarnason, 1966. Íslenzkur mór. *Atvinnudeild Háskólans, rit iðnaðardeildar*, 88 bls.
- Pahkala, K., M. Aalto, M. Isolahti & J. Poikola, 2005. Energy grass farming for power plants. A case study on novel areas in Finland. Erindi á 14<sup>th</sup> *European Biomass Conference and Exhibition*, Paris, 14–21 October 2005. Birtist í ráðstefnuriti.
- Ragnhildur Sigurðardóttir, K.A. Vogt, D.J. Vogt, T. Patel-Weynand, M. Andreu, R. Edmonds & K. Hodgson, 2004. Economic viability and environmental security for rural areas from increasing renewable energy-use based on biomass resources. *Fræðaðing landbúnaðarins 2004*, 122–129.
- Sassner, P., M. Galbe, G. Zacchi, 2005. Steam pretreatment of Salix with and without SO<sub>2</sub> impregnation for production of bioethanol. *Appl. Biochemistry and Biotechnology*, **121–124**, 1101–1117.
- TB [Tjörvi Bjarnason], 2005. Er framtíð í framleiðslu lífrænnar disilólíu eða etanóls á Íslandi? *Freyr* 101, 7. tbl., 11. bls.
- Tuveson, M., 1997. Vallväxter till fastbränsle och biogas. *Fakta Mark/Växter* nr 12, SLU 1997, 4 bls.