



Tækifæri í orkutengdri matvælaframleiðslu



Júní 2021

Sveinn Aðalsteinsson

Helga Gunnlaugsdóttir

Efnisyfirlit

Formáli	3
1. Samantekt og tillögur	4
2. Áskoranir matvælaframleiðslu á heimsvísu	6
2.1 Auðlindanotkun.....	6
2.2 Umhverfisvitund neytenda	7
2.3 Matarsóun.....	7
2.4 Breytt mataræði.....	8
3. Tækifæri Íslands	9
3.1 Auðlindir.....	9
3.1.1 Endurnýjanleg orka	9
3.1.2 Vatn	9
3.1.3 Landrými	9
3.2 Tækninýjungar í orkufrekri matvælavinnslu	10
3.2.1 Vaxtarlýsing.....	10
3.2.2 Stýrður landbúnaður – endurnýting	11
3.2.3 Rafvæðing í landbúnaði	12
3.2.4 Vélmenni	12
3.2.5 Stafræn tækni og gagnavinnsla.....	13
3.2.6 Frumuræktun	13
3.3. Vannýttir hráefnisstraumar.....	14
4. Sértæk tækifæri Íslands	16
4.1 Aðgengi að orku og orkuverð	16
4.2 Ylrækt	16
4.3 Nýir próteingjafar	19
4.4 Fullvinnsla í korni	20
4.5 Eldi sjávar- og vatnadýra	21
4.6 Matvælavinnsla sem bætir útflutningsmöguleika	22
4.7 Tækifæri og störf.....	23
5. Stjórnvaldsaðgerðir	24
5.1. Orkustefna	24
5.2. Grænir iðngarðar.....	25
5.3 Klasastefna	26
5.4 Matvælastefna og Ræktum Ísland	27
Heimildir.....	28

Formáli

Orkídea samstarfsverkefni var komið á fót síðla árs 2020. Verkefnið er í eigu Landvirkjunar (LV), Samtaka sunnlenskra sveitarfélaga (SASS) og Landbúnaðarháskóla Íslands (LbhÍ). Auk þess styrkti sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneytið stofnun verkefnisins með framlagi árið 2020.

Markmið Orkídeu er að stuðla að aukinni nýsköpun á sviði orkukræfrar matvælaframleiðslu á Suðurlandi, greiða leið frumkvöðla í nýsköpun, tengja saman frumkvöðla, fyrirtæki og hagsmunaaðila, greina hindranir fyrir nýsköpun og lausnir á þeim og safna upplýsingum um innviði og annað sem frumkvöðlum og fyrirtækjum kemur að gagni í nýsköpun. Verkefninu hefur verið vel tekið af hálfu frumkvöðla og sveitarfélaga og starfsmenn Orkídeu finna að Sunnlendingar hafa miklar væntingar til verkefnisins. Starf Orkídeu er stutt af öflugri verkefnastjórn sem í eiga sæti Dagný Jónsdóttir og Sigurður H. Markússon frá LV; Þórður Freyr Sigurðsson og Eva Björk Harðardóttir frá SASS og Áshildur Bragadóttir og Daði Már Kristófersson frá LbhÍ. Í stjórn Orkídeu sitja Bjarni Guðmundsson, formaður (SASS), Ríkarður Ríkarðsson (LV) og Ragnheiður I. Þórarinsdóttir (LbhÍ). Starfsmenn Orkídeu eru Sveinn Aðalsteinsson framkvæmdastjóri og Helga Gunnlaugsdóttir rannsókn- og þróunarstjóri, sem tóku til starfa í janúar 2021.

Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðherra fór fram á við verkefnið að það skilaði áfangaskýrslu um mitt ár 2021 um tækifæri Íslands á sviði orkutengdrar matvælaframleiðslu. Sú skýrsla fer hér á eftir. Rétt er að undirstrika að skýrslan er áfangaskýrsla og má frekar líta á hana sem kynningu en úttekt á þeim möguleikum sem starfsmenn Orkídeu hafa kynnt sér í heimildum og aflað með samtölum við frumkvöðla, sveitarfélög og aðra hagsmunaaðila á Suðurlandi á fyrstu fimm mánuðum sínum í starfi. Til að afmarka umfang skýrslunnar var ákveðið að fjalla aðeins um ný eða ónýtt tækifæri í matvælaframleiðslu en ekki gefið heildstætt yfirlit yfir alla matvælaframleiðslu t.d. í landbúnaði eða sjávarútvegi. Við gerð skýrslunnar hafa undirritaðir höfundar notið stuðnings og ábendinga frá verkefnisstjórn og stjórn. Höfundar bera þó einir ábyrgð á þeim texta sem hér er settur fram. Sigríður Lind Þorbjörnsdóttir, starfsmaður SASS, aðstoðaði við gerð skýrslunnar og eru henni færðar bestu þakkir fyrir.

Það er óhjákvæmilegt að umfjöllun skýrslunnar taki mið af aðstæðum á Suðurlandi þar sem skýrsluhöfundar þekkja best til. Það er þó von höfunda að skýrslan nýtist sem víðast því mörg af þeim tækifærum, sem og hindrunum sem hér er bent á, eiga sér hliðstæðu víða um land. Hver kafli er í raun tilefni til sjálfstæðrar skýrslu og er það von höfunda að framhald verði á þeirri vinnu í framtíðinni, hjá Orkídeu eða öðrum aðilum.

Selfossi, á sumarsólstöðum 2021

Sveinn Aðalsteinsson
sveinn@orkidea.is

Helga Gunnlaugsdóttir
helga@orkidea.is

Samstarfsaðilar Orkídeu:



Stjórnarráð Íslands
Atvinnuvega- og
nýsköpunarráðuneytið

1. Samantekt og tillögur

Lykilauðlindir fyrir matvælaframleiðslu og sjálfbæra þróun eru orka, vatn og landrými. Vatn og landauðlindir takmarka getu margra landa til fæðuframléiðslu. Ísland er í þeirri stöðu að geta framleitt fæðu langt fram yfir það sem þarf til að hafa fullt fæðusjálftæði. Á Íslandi er sömuleiðis gott aðgengi að endurnýjanlegum orkugjöfum. Þetta gefur Íslandi samkeppnisforskot á sviði sjálfbærrar nýtingu auðlinda til orkufrekrar matvælaframleiðslu. Við getum því framleitt matvæli bæði fyrir innlendan markað og til útflutnings.

Í dag er mikil áhersla er á sjálfbæra matvælaframleiðslu í nýsköpun og fjárfestingum erlendis. Þetta á einkum við um líftækni og aðra hátækni. Með aukinni fjárfestingu á þessu sviði má búa til nýjan þekkingariðnað en ekki einungis störf í frumframleiðslu.

Til að tryggja sjálfbærni plánetunnar og þar með Íslands er nauðsynlegt að minnka kjötneyslu með því að auka neyslu á grænmeti, korni, fiski og nýjum próteingjöfum. Fyrir Ísland felast umtalsverð tækfæri í þessum breytingum í mataræði á heimsvísu t.d. aukin grænmetisræktun með ylrækt (sjá kafla 4.2), nýir próteingjafar (kafla 4.3), kornrækt og fullvinnsla (kafla 4.4) og eldi sjávardýra (kafla 4.5). Öll þessi tækifæri í matvælaframleiðslu eru hins vegar orkufrek og því eingöngu mögulegt að nýta þau ef orkuframboð Íslands er nægilegt og orkuverð samkeppnishæft. Enn fremur er það krafa samtímans og stefna stjórnvalda að orkuframleiðsla sé af endurnýjanlegum uppruna og að orkan sé nýtt með sjálfbærum hætti.

Orkutengd matvælaframleiðsla er háð aðgengi og hagstæðu verði á einkum raforku. Stór hluti rafmagnsverðs í dreifbýli er vegna flutnings og dreifingar. Til að ná niður þessum kostnaði er lagt til að stjórnvöld fari í ítarlega kortlagningu og ákvörðun á bestu staðsetningu tengipunkta háspenntar raforku í dreifbýli og yti þannig undir stofnun grænna iðngarða eða klasa sem nýta orku á hagkvæman hátt og aðra auðlindastrauma á milli fyrirtækja. Víða eru þessir tengipunktar til og þá ber hugsanlega að styrkja með betri innviðum. Annars staðar eru aðrar kjöraðstæður t.d. ódýrt land, heitt og kalt vatn og aðgengi að útflutningsgáttum en tengipunkta vantar t.d. á Suðurlandi. Að mati skýrsluhöfunda er þetta mikilvægasta verkefni stjórnvalda núna og forsenda þeirra tækifæra sem hér eru talin upp.

Að teknu tilliti til ofangreindra atriða höfum við greint eftirfarandi möguleika.

- **Ylrækt.** Ódýr raforka er frumskilyrði ylræktar til útflutnings en sömuleiðis styður jarðhiti við hagkvæmni ylræktar hérlendis. Útflutningur á hágæðamatvælum sem ætlaðar eru vel borgandi sessmörkuðum (e. niche markets) er fýsilegur kostur. Breytingar sem fela í sér styttingu á flutningstíma gefa aukna möguleika á útflutningi matvæla. Ylræktarfyrirtæki geta nýtt sér auðlindastrauma grænna iðngarða.
- **Nýir próteingjafar.** Ætla má að markaður fyrir fóðurprótein framleitt á sjálfbæran hátt t.d. vegna fiskeldis, aukist mikið á næstu árum, bæði hérlendis og erlendis. Sömuleiðis mun slík próteinfaramleiðsla, t.d. smápörungar og skordýr, verða nýtt til mannelis í auknum mæli. Þessi fóður- og matvælaframleiðsla hentar vel undir hatti grænna iðngarða.
- **Aukin kornrækt til fóðurs og mannelis.** Kornrækt til mannelis er mjög takmörkuð hérlendis en tækifærin eru augljóslega til staðar. Íslensk kornrækt notar nánast engin varnarefni sem gefur aukna möguleika á útflutningi á sessmarkaði. Ræktun erfðabreyttra korntegunda til að framleiða sérhæfð prótein t.d. fyrir lyfjageirann, matvælaframleiðslu (t.d. frumvakar) og fæðubótarefni felur í sér mikla möguleika fyrir íslenska kornrækt. Skortur á miðlægri kornvinnslu (t.d. þurrkun og mölun) háir þróun í greininni. Framboð á hagstæðum lánum og aukin fyrirgreiðsla opinberra aðila myndi auðvelda innviðaupbyggingu á sviðinu.
- **Frumuræktun.** Ef vel tekst til með hagstæða framleiðslu á frumvökum er líklegt að tækifæri opnast á framleiðslu matvæla með frumuræktun vegna þess hve orkukræf hún er.

- **Eldi sjávar- og vatnadýra.** Enn eru miklir möguleikar í sjókvíaeldi en auk sjókvíaeldis er mikill áhugi á að auka landeldi meðal fiskeldisfyrirtækja. Landeldi býður upp á stýrðar aðstæður, stöðuga framleiðslu, minni sjúkdómahættu og minni umhverfisáhrif. Landeldi er hins vegar orkukræft og krefst aðgengi að raforku á hagstæðu verði. Landeldi nýtur góðs af fjölbreyttum auðlindastraumum grænna iðngarða.
- **Matvælavinnsla sem bætir útflutningsmöguleika.** Ein af hindrunum fyrir útflutningi á matvælum frá Íslandi er að flutningstími ferskvöru á erlenda markaði takmarkast af geymsluþoli. Matvælavinnsla sem eykur geymsluþol og dregur úr þyngd býður upp á aukna útflutningsmöguleika auk þess sem flutningur verður ódýrari. Til dæmis má með frostþurrkun varðveita bragðgæði og næringargildi matvæla. Frostþurrkun, sem er orkufrek vinnsluaðferð, gæti verið miðlæg í tilteknum landshlutum og þá nálægt tengipunktum raforku og/eða jarðgufu og útflutningsgáttum.



Ætihvönn, Ölfusá við Selfoss. Mynd: Páll Jökull Pétursson.

2. Áskoranir matvælaframleiðslu á heimsvísu

Áskoranir matvælaframleiðslu framtíðarinnar tengjast skorti á auðlindum til að brauðfæða íbúa jarðarinnar. Þær helstu eru:^{1,2}

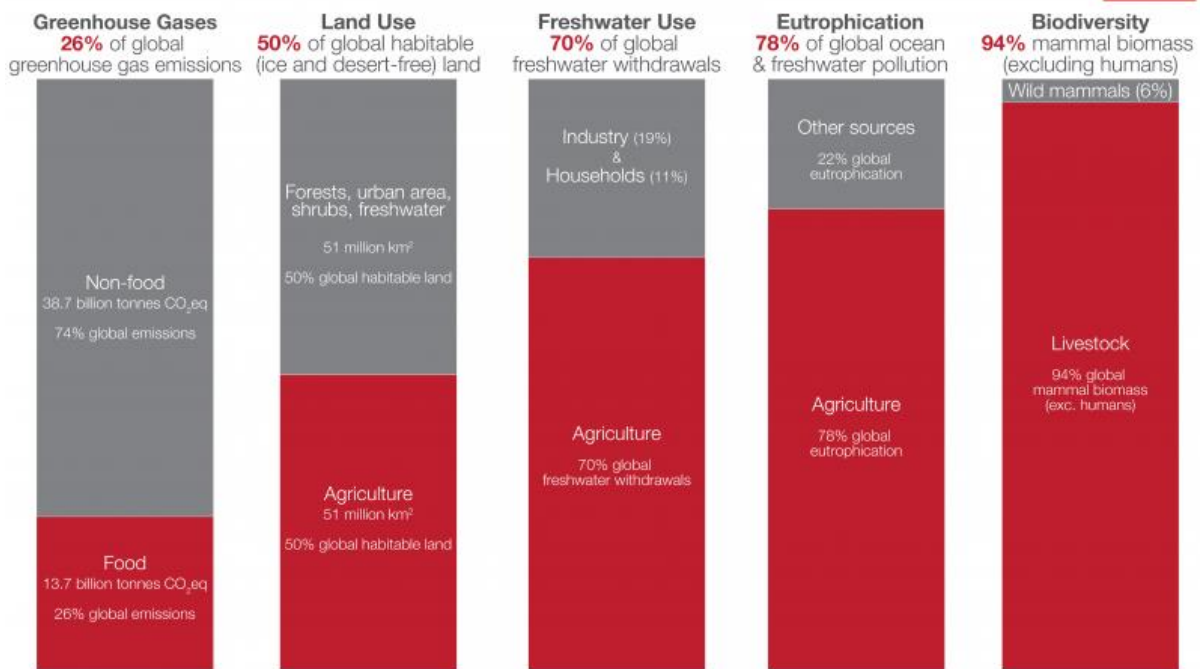
- Mannfólkinu fjölgar og talið að íbúafjöldi jarðar verði á bilinu 9-10 milljarðar árið 2050. Þessi fjölgun krefst þess að auka þarf fæðuframleiðslu um 60%.
- 70% af fersku vatni í heiminum og 30% af orkuframleiðslunni er nú þegar notuð til fæðuframleiðslu.
- Skortur er á landrými til að auka fæðuframleiðsluna. Metið er að skorturinn á ræktanlegu landi aukist um 593 milljón hektara frá árinu 2010 til 2050.
- Aukin eftirspurn eftir ósjálfbærum kjöt- og dýraafurðum vegna þess að fleiri íbúar jarðarinnar tilheyra millistétt t.d. er reiknað með að eftirspurn eftir kjöti af jórturdýrum eigi eftir að aukast um 88% á tímabilinu 2010-2050.
- Orkuskipti í landbúnaði eru mikilvæg til að draga úr umhverfisáhrifum fæðuframleiðslu. Þau geta verið flókin og erfið með núverandi framleiðsluháttum.
- Talið er að um 20% af matvælaframleiðslunni í Evrópusambandríkjunum sé sóað.⁷

2.1 Auðlindanotkun

Fæða, orka og vatn eru lykilstoðir fyrir sjálfbæra þróun og þessar stoðir eru háðar hvor annarri þ.e. það þarf vatn og orku til að framleiða matvæli. Þetta kallast á ensku Food-Energy-Water nexus. Lykilauðlindir fyrir matvælaframleiðslu eru þess vegna orka, vatn og landrými. Nú þegar eru 30% af orkuframleiðslu heimsins notuð til orkuframleiðslu.¹ Jafnframt er talið að 70% af fersku vatni í heiminum og 50% af nýtanlegu gróðurlendi heimsins sé notað í landbúnaðarframleiðslu (Mynd 1). Sömuleiðis hefur fæðuframleiðsla umtalsverð áhrif á umhverfið til dæmis eru um 26% af útblæstri gróðurhúsalofttegunda til komin vegna fæðuframleiðslu og 78% af fersku vatni og sjó inniheldur ofgnótt næringarefna vegna landbúnaðarframleiðslu sem m.a. getur leitt til offjölgunar þörunga (Mynd 1).³

What are the environmental impacts of food and agriculture?

Our World
in Data



Data sources: Poore & Nemecek (2018); UN FAO; UN AQUASTAT; Bar-On et al. (2018).
OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Mynd 1. Umhverfisáhrif fæðu og landbúnaðarframleiðslu í heiminum.³

2.2 Umhverfisvitund neytenda

Almennt er talið að vitund almennings á umhverfsvandamálum heimsins sé að aukast og neytendur um allan heim séu meðvitaðri um samspilið á milli neyslu og áhrifa hennar á umhverfið. Þessi aukna umhverfisvitund hefur leitt til breytinga á neysluvenjum og neytendur vilja að fyrirtæki innleiði áætlanir sem miða að því að bæta umhverfið.⁴

Rannsóknir á viðhorfi íslenskra neytenda til umhverfsvænna vara sýna að þeir eru tilbúnir til að greiða hærra verð fyrir umhverfsvænar vörur, en þeir eru hins vegar tortryggir í garð umhverfisstarfsemi íslenskra fyrirtækja.⁵ Rannsóknir sýna enn fremur að íslenskir neytendur eru líklegri að kaupa matvörur sem pakkaðar eru í umhverfsvænar umbúðir og að meirihluti úrtaks var reiðubúinn að borga meira fyrir vöru í slíkum umbúðum.⁶

2.3 Matarsóun

Talið er að matarsóun í ríkjum Evrópusambandsins (ESB) sé u.þ.b. 88 milljón tonn á ári, en það jafngildir að hver Evrópubúi henti að meðaltali 173 kg af mat/mann. Heildar matvælaframleiðslan í ESB var á sama tíma um 865 kg/mann sem þýðir að um 20% af þeim mat sem framleiddur er í ESB ríkjunum sé hent.⁷ Niðurstöður rannsóknar Umhverfistofnunar á umfangi matarsóunar á Íslandi árið 2016 sýna að hver íbúi henti að meðaltali um 23 kg af nýtanlegum mat á ári, 39 kg af ónýtanlegum mat og 199 kg af drykkjum auk 22 kg af olíu.⁸

Matarsóun á sér stað í allri virðisdeðju matvæla, allt frá framleiðslu til neyslu. Mikilvægt er að hafa í huga að ekki er aðeins um sóun á matvælum að ræða heldur sóun í öllu framleiðsluferlinu, á starfskröftum, orku, vatni, landsvæði og öðru sem þarf til matvælaframleiðslunnar. Einnig hefur

matvælaframleiðsla umtalsverð umhverfisáhrif (Mynd 1) sem þjónar þá engum tilgangi ef matvælin eru ekki nýtt.

2.4 Breytt mataræði

Til að tryggja sjálfbærni plánetunnar er nauðsynlegt að minnka kjötneyslu með því að auka neyslu á korni, grænmeti, fiski og nýjum próteingjöfum. Slíkar breytingar í mataræði geta einnig haft jákvæð áhrif á lýðheilsu og verndað neytendur gegn langvinnum sjúkdómum og snemmbærum dauða.⁹

Fyrir Ísland felast mikil tækifæri í þessum breytingum í mataræði á heimsvísu t.d. í grænmetisræktun með ylraekt (sjá kafla 4.2), nýjum próteingjöfum (kafla 4.3), kornrækt og fullvinnslu (kafla 4.4) og eldi sjávardýra (kafla 4.5).



Fullvinnsla grænmetis gefur marga möguleika í breyttu mataræði. Mynd: Sveinn Aðalsteinsson

3. Tækifæri Íslands

3.1 Auðlindir

Lykilauðlindir fyrir matvælaframleiðslu og sjálfbæra þróun eru orka, vatn og landrými. Vatn og landauðlindir takmarka getu margra landa til fæðuframleiðslu. Ísland er í þeirri stöðu að geta framleitt fæðu langt umfram það sem þarf til að hafa fullt fæðusjálftæði.^{10,11} Á Íslandi er sömuleiðis gott aðgengi að endurnýjanlegum orkugjöfum. Þetta gefur Íslandi samkeppnisforskot á sviði sjálfbærrar nýtingar auðlinda til orkufrekrar matvælaframleiðslu. Við getum því framleitt matvæli bæði fyrir innlandan markað og til útflutnings.

3.1.1 Endurnýjanleg orka

Ísland er í fararbroddi í notkun endurnýjanlegrar orku en yfir 97% af allri orkunotkun hérlendis vegna rafmagns og hitunar kemur frá endurnýjanlegum orkugjöfum ýmist frá vatnsorku eða jarðhita.¹²

Um 1547 MW af raforku eru uppsett í virkjunum á Suðurlandi sem er um 53% af allri endurnýjanlegri orku í landinu. Mest af þessari orku er framleitt með vatnsaflsvirkjunum, 1124 MW, í jaðri hálandisins á Suðurlandi. Stór hluti raforku (423 MW) frá jarðhitavirkjunum er framleiddur á háhitasvæðinu í kringum Hengilinn eða um 56% af allri raforku framleiddri með jarðhita. Miklir möguleikar eru á frekari orkuvinnslu á þessu svæði ekki síst ef skoðaðir eru möguleikar á djúpbörun í háhitasvæði. Heitt vatn til húshitunar kemur nær eingöngu frá jarðhita en jarðhiti finnst víða um land. Til dæmis er mikið til af lághitavatni sem hentar til að hita og stjórna loftslagi í gróðurhúsum.

Raforkuöryggi er nauðsynlegt fyrir atvinnuvegi nútímans. Mikilvægt er að jafna aðgengi að háspenntri raforku eins og kostur er til að skapa tækifæri til atvinnuuppbyggingar um land allt.

3.1.2 Vatn

Landbúnaður nýtir nú 70% af fersku vatni í heiminum og er aðalorsök afrennslis næringarefna frá ræktarlandi.² Skortur er á vatni til landbúnaðarframleiðslu, ekki síst í fjölmönnum og þéttbyggðum löndum eins og Kína og Indlandi. Talið er að alls 54% af ferskvatnsframboði heimsins sé nú hagnýtt og að árið 2025 geti það hlutfall hafa risið í um 90%.¹³

Á Íslandi er til nægilegt hreint vatn til neyslu og framleiðslu matvæla. Þorri landsmanna hefur greiðan aðgang að fersku vatni og ýmsa möguleika á nýtingu þess. Mestallt vatn sem fer til neyslu, eða rúmlega 95%, er ómeðhöndlað grunnvatn. Það fæst úr lindum, borholum og brunnum. Gæði þessa neysluvatns er almennt góð og reglulega er fylgst með örveruástandi þess.¹⁴

3.1.3 Landrými

Landrými og framboð á ræktunarlandi skiptir sköpum fyrir fæðuöryggi í heiminum. Landbúnaður nýtir nú 40-50% af gróðurlendi heimsins til fæðuframleiðslu.¹⁸ Aðgengi að nýju landi til ræktunar er víða takmarkað og talið er að skorturinn á ræktanlegu landi hafi aukist um 593 milljón hektara frá árinu 2010 til 2050.² Hin öra fólksfjölgun í heiminum þýðir að sífellt fleiri eru um hvern hektara ræktaðs lands. Árið 1960 voru um 1,45 ha af ræktuðu landi á hvern jarðarbúa. Árið 2003 voru áætlaðir einungis 0,78 ha á hvern og einn.¹³

Áætlað hefur verið að gott ræktunarland á Íslandi sé um 600 þúsund hektarar þ.e. land sem getur nýst fyrir tún, græn fóður og kornrækt. Talið er að árið 2010 hafi um 120-128 þúsund hektarar verið í

ræktun, einkum í túnrækt.¹³ Á Íslandi er ræktanlegt land því umtalsvert meira en það sem nú er í ræktun og nýtingu. Miklir möguleikar felast því í aukinni jarðrækt hér á landi. Nauðsynlegt að beita skipulagi við nýtingu á ræktanlegu landi og nýlega hafa verið gefnar út leiðbeiningar um flokkun á íslensku landbúnaðarlandi þar sem lögð er áhersla á að flokka land sem nýtist til ræktunar á matvællum og fódri. Þessar leiðbeiningar geta nýst sveitarfélögum sem forsendur við skipulagsákvæðanir um landnotkun við gerð aðalskipulags.¹⁵



Vegna skorts á landrými er náttúrulegt gróðurlendi víða á undanhaldi fyrir ræktun. Mynd: Worldatlas.com

3.2 Tækninýjungar í orkufrekri matvælavinnslu

Tækniumbylting hefur átt sér stað á öllum stigum í virðiskeðju matvæla, þ.e. í frumframleiðslu hráefna, fullvinnslu, verslun, dreifingu og neyslu. Öruggt orkuframboð og traustir innviðir er skilyrði fyrir því að þessar tækninýjungar nýtist í matvælaframleiðslunni.

Í dag er mikil áhersla á sjálfbæra matvælaframleiðslu í nýsköpun og fjárfestingum erlendis. Þetta á einkum við um líftækni og aðra hátækni. Með aukinni fjárfestingu á þessu sviði má búa til nýjan þekkingariðnað en ekki einungis störf í frumframleiðslu.

3.2.1 Vaxtarlýsing

Lýsing með sérstökum gróðurlömpum hefur gjörbreytt framleiðslu í íslenskri ylærkt allt frá því að fyrstu tilraunirnar voru gerðar hérlendis á síðari hluta síðustu aldar. Það var þó ekki fyrr en um miðbik 10. áratugarins síðasta að lamparnir voru orðnir það góðir að verulegur árangur náðist í ræktun að vetrarlagi. Síðan hefur mikið vatn runnið til sjávar og vetrarlýsing í ylærkt hefur breytt atvinnugreininni í heilsársgrein sem lagt hefur grunn að heilsársstörfum og þar með meiri fagmennsku í greininni.

Enn í dag er að mestu notast við natríum (Na) lampa sem gefa frá sér einkennandi gula birtu. Afköstin hafa aukist en tæknin er í grunninn sú sama og á 10. áratugnum. Með tilkomu LED gróðurlampa (díóðulampa) var vonast til að raforkukostnaður myndi lækka mikið hjá garðyrkjubændum en LED

lampar eru miklum mun skilvirkari í orkunotkun en Na-lampar. Reynslan hefur sýnt að LED getur hentað vel í stuttri ræktun blaðgrænmetis (salattegundir) en henta síður sem eini ljósgjafinn í ræktun papriku, gúrkna og tómata. LED lampar hafa verið notaðir með góðum árangri sem viðbótarlýsing (millilýsing) í ræktun síðastnefndu tegundanna en garðyrkjubændur bíða enn eftir LED lömpum sem geta að fullu leyst Na-lampa af hólmi í allri ræktun. Sá tími mun þó sennilega koma fljótlega. Það mun hafa víðtæk áhrif á afkomu íslenskrar ylræktar þar sem raforkukostnaður við notkun LED lampa er aðeins 50-75% af kostnaði við Na-lampa. Þar að auki endast LED lampar mun betur en stofnkostnaður er mun meiri í dag.



Tilraunir með LED-lýsingu sem millilýsingu ásamt Na-lömpum á Reykjum í Ölfusi. Mynd: Sveinn Aðalsteinsson.

3.2.2 Stýrður landbúnaður – endurnýting

Þörf er á síukinni tæknivæðingu og sjálfvirkni í landbúnaði til að auka framleiðni,² skilvirkni og sjálfbærni. Þetta hefur verið kallað stýrður landbúnaður eða „precision agriculture“, en stýring á aðstæðum tryggir að framleiðni er jöfn allt árið, óháð árstíma. Þessar nýju tæknilausnir geta einnig varðveitt náttúruauðlindir og vistkerfi og stuðlað að mótvægi við loftslagsbreytingar. Dæmi um stýrðan landbúnað eru tæknilausnir sem notaðar eru við ræktun nytjaplantna í gróðurhúsum. Þar eru hátæknilausnir sem byggjast á flóknum algrímum (e. algorithms) eða jafnvel gervigreind nýttar til að stýra áburðargjöf, hita, raka, kolsýrugjöf og lýsingu. Þetta eykur framleiðni og verðmætasköpun umtalsvert og opnar á tækifæri fyrir bestaða (e. optimised) ræktun ýmissa nytjaplantna s.s. tómata, gúrku, papriku, jarðarberja og hamprækt.¹⁶

Innan fiskeldis og ylræktar hefur orðið mikil þróun í þá veru að endurnýta næringu og vatn. Endurnýting næringar er lykilatriði til að spara vatn og næringu auk jákvæðra umhverfisáhrifa þar sem endurnýtingin dregur m.a. úr ofgnótt næringarefna í vatni frá landbúnaðarframleiðslu.

Nánast öll hefðbundin ylrækt byggir á vatnsræktun (e. hydroponics) í einhverri mynd. Þá er ræktað í óvirkum ræktunarefnum (t.d. steinull, vikri eða mó mold) og næringu í vatni (áburði) dælt til plantnanna. Þegar áburður og vatn er endurnýttur er næringarlausninni safnað saman í tanka, hún endurbætt með næringu og hreinsuð og dælt aftur út til plantnanna. Helsta hættan við endurnýtingu næringarlausna í gróðurhúsum eru auknar líkur á sjúkdómum og því skiptir miklu máli að hreinsa skaðvalda úr lausninni. Miklar framfarir hafa orðið á sviðinu á síðustu árum.

Fiskeldið er komið skemur á veg í endurnýtingu enda umhverfi þeirra flóknara í stýringu. Munar þar mest um ýmsar lofttegundir sem þurfa vera uppleystar í vatninu í réttu magni t.d. CO₂ og súrefni.

Lóðrétt ræktun (e. vertical farming) er einnig dæmi um stýrðan landbúnað, sjá umfjöllun í kafla 4.2 Ylrækt.

3.2.3 Rafvæðing í landbúnaði

Matvælaframleiðsla er háð ýmis konar vélum og tækjum sem mörg eru drifin af jarðefnaeldsneyti. Til að auka framleiðslu á „grænum“ matvælum þarf að hvetja til notkunar innlendra orkugjafa t.d. rafmagns, vetnis og metans í framleiðslunni. Mikið þróunarstarf er í gangi við rafvæðingu vinnuvéla og dráttarvéla. Framleiðendur segja að stærsta vandamálið við rafvæðingu þessara véla sé að þær vanti orkuþéttleika dísilvéla sem þarf til að vinna tímafrek og erfið landbúnaðarstörf.¹⁷ Mikil tækifæri felast þó í notkun vetnis, framleiddu með rafgreiningu, í íslenskum landbúnaði þar sem núverandi rafhlöðutækni hentar ekki t.d. við rekstur stórvirkra landbúnaðartækja.

Raf- eða rafeldsneytisdrifnar landbúnaðarvélar myndu auka fæðuöryggi á Íslandi og jafnframt minnka losun gróðurhúsalofttegunda. Slíkt átak á Íslandi myndi án efa vekja athygli og áhuga smásöluaðila og neytenda sem vilja lágmarka kolefnisspor matvælna sem þeir kaupa.



Með orkuskiptum í landbúnaði má minnka sótspor greinarinnar umtalsvert. Mynd: Páll Jökull Pétursson.

3.2.4 Vélmeni

Hátæknilausnir eru líka að ryðja sér til rúms í dýraeldi, kjöt- og mjólkurframleiðslu. Notkun sjálfvirka mjaltapjóna í svokölluðum „róbótafjósum“ hefur t.d. aukist bæði héraðs og erlendis á undanförunum

áratugum. Enn fremur er verið að innleiða tölvutækni til að fylgjast með fóðrun, vaxtarhraða og líðan nautgripa í fjósum. Vaxandi áhersla er líka lögð á innleiðingu á tækni til að auka dýraheilbrigði.¹⁶

Sjálfvirkni er einnig að aukast í fiskeldi sem og í garðyrkju, einkum í fljótsprottnum tegundum eins og salati.

3.2.5 Stafræn tækni og gagnavinnsla

Framfarir í gagnavinnslu og greiningu, notkun gervigreindar, sýndarveruleika, viðbótarveruleika (e. augmented reality) og hlutanetið (e. Internet of Things, IoT) skapa fjölda tækifæra til þess að bæta framleiðsluferli. Með stórauðni gagnaflæði skapast ótal möguleikar á að breyta gögnum í verðmætar upplýsingar. Virðiskeðja matvæla er þar ekki undanskilin heldur einmitt vettvangur þar sem tæknin getur hjálpað greininni að blómstra. Til dæmis gerir stafræn tækni framleiðendum kleift að safna gögnum um hvernig matvæli eru framleidd, unnin, flutt og geymd; að greina gögn fyrir forspár og gagnastýrða ákvarðanatöku og deila gögnum á öruggan máta fyrir flóknar virðiskeðjur matvæla.¹⁸

Framleiðendur standa frammi fyrir vaxandi eftirspurn og auknum kröfum neytenda um gæði og hagstætt verð. Með betri innsýn í framleiðslu vilja framleiðendur tryggja rekjanleika og hagkvæmni í rekstri, draga úr hvers kyns sóun og ná fram betri nýtingu verðmætra hráefna. Þetta er sérstaklega mikilvægt í matvælaíðnaði þar sem ýmsar auðlindir eru takmarkaðar. Krafa um að nýta þær sem best og minnka sóun hefur sjaldan eða aldrei verið meiri.¹⁹

Þar að auki hafa verið þróuð ýmis smáforrit sem framleiðendur geta nýtt sér sem geta einfaldað skráningu gagna t.d. í útihúsum (s.s. fjós, fjárhús), sparað vinnu og gefið yfirsýn til að geta bætt framleiðsluna.

3.2.6 Frumuræktun

Matvæli sem búin eru til með frumuræktun er einnig dæmi um orkufreka hátækni-matvælaframleiðslu. Stofnfrumuræktun á kjöti er t.d. talin geta dregið umtalsvert úr losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði. Við framleiðsluna eru stofnfrumur úr lifandi dýri eða skrokkum einangraðar úr vefjasýni. Stofnfrumunum er síðan fjölgað í ræktunartönkum með aðstoð frumuvaka og frumunæringar (vítamínur, söltum, glúkósa o.fl.) sem hvatar frumurnar til að vaxa og deila sér á sama hátt og þær myndu gera í náttúrunni.²⁰ Þegar stofnfrumurnar hafa náð ákveðnum fjölda eru þær látnar sérhæfast í mismunandi vefjagerðir sem mynda kjötið (Mynd 2). Það sem hefur reynst hvað erfiðast í ferlinu er að fá frumurnar til að mynda þrívíðan strúktúr líkt og vöðva í dýri. Vöðvar dýra hafa ákveðna samsetningu fitu, vöðva og sína sem ekki hefur verið hægt að endurskapa með góðu móti á tilraunastofu. Fyrirtæki í þessum geira vinna hörðum höndum að því að finna lausnir á þeim vanda svo lokaafurðin sé sem líkust því sem fólk á að venjast.



Mynd 2. Ræktun kjöts úr stofnfrumum. Mynd: ORF Líftækni – Björn Lárus Örvar.

Þessi tækni er enn á þróunarstigi og markaðsleyfi er háð samþykki matvælaeftirlitsstofnana, en núverandi matvælaeignir ná ekki yfir vörur sem þessar. Til að gera breytingar á matvælaeignir þurfa framleiðendur fyrst að sýna fram á öryggi frumuræktaðra matvæla. Sala á stofnfrumuræktaðu kjöti hefur hingað til eingöngu verið samþykkt af matvælaeftirlitsstofnun Singapore fyrir „kjúklingabita“ frá bandaríska fyrirtækinu Eat Just.²¹

Ljóst er að nýjar og skilvirkari aðferðir við að rækta upp stofnfrumur og leiðir sem stuðla að sérhæfingu þeirra í mismunandi kjötvefjagerðir geta falið í sér mikil verðmæti og að markaðurinn fyrir frumuræktað kjöt muni vaxa hratt. Ef þróunin gengur vel og framleiðslukostnaðurinn lækkar er talið að kringum 2040 geti hlutdeild frumuræktað kjöts verið um 35% af kjötneyslu mannkynsins.²²

3.3. Vannýttir hráefnisstraumar

Mikill árangur hefur náðst á undanförunum áratugum í átt að betri nýtingu hráefna í bolfiskvinnslu. Engu að síður eru enn tækifæri til að bæta nýtingu og auka verðmætasköpun úr hliðarhráefnum bolfiskvinnslu t.d. með aukinni nýtingu próteina sem hægt er að vinna úr vatni sem notað er við fiskvinnslu.²³

Sömu leiðis eru umtalsverð tækifæri til að bæta nýtingu og auka verðmætasköpun úr hliðarafurðum í íslenskri kjötvinnslu. Innmatur úr sauðfé hefur verið nýttur í nokkrar aldir í matargerð t.d. blóð, nýru, lifur, mör og vambir til að búa til slátur. Möguleikar á frekari nýtingu hliðarafurða sauðfjárslátrunar hafa verið skoðaðir og niðurstöðurnar benda til þess að möguleiki sé á að vinna afurðir með eftirsóknarverða lífvirkni úr vannýttum hliðarafurðum kjötvinnslu sauðfjár.²⁴



Sauðfjarræktin býður upp á möguleika í nýsköpun í vinnslu hliðarafurða. Mynd: Ívar Sæland.

Eftir því sem innlend grænmetisframleiðsla vex verður enn mikilvægara að tryggja gott geymsluþol þannig að gæðin haldist sem lengst. Með því móti er unnt að draga úr sóun t.d. vegna rýrnunar og skemmda. Nýjar og bættar framleiðsluaðferðir s.s. frostþurrkun sem lengja geymsluþol grænmetis og ávaxta án þess að rýra gæði geta bæði leitt til verðmætasköpunar og gefið færi á útflutning á þessum afurðum á erlenda markaði. Sömuleiðis felast möguleikar í því að þróa vörur úr hráefni sem ekki er nýtt í dag t.d. úr afskurði, blöðum og stönglum sem myndast við grænmetisframleiðsluna. Mikilvægt er að auka rannsóknir og þróun á mögulegri nýtingu þessara hliðarafurða garðyrkju t.d. til framleiðslu fæðubótarefna, umbúða og áburðar. Í dag eru sprotafyrirtæki að vinna að lausnum á þessu sviði t.d. með því að búa til plast úr plöntuafurðum sem er endurnýtanlegt og með tilraunir með notkun ánamaðka til að framleiða hágæðaábúð sem nýta má við lífræna ræktun matjurta.



Basilika hefur verið notuð í ýmsar matvörur t.d. kryddsmjör og pestó. Mynd: Sveinn Aðalsteinsson

4. Sértæk tækifæri Íslands

4.1 Aðgengi að orku og orkuverð

Það er kunnara en frá þurfi að segja að sértæk tækifæri Íslands eru nátengd endurnýjanlegri raf- og hitaorku á samkeppnishæfu verði, sem og tryggju aðgengi að slíkri orku. Framleiðslukostnaður hérlandis á endurnýjanlegri raforku er lágur í samanburði við aðra endurnýjanlega orku erlendis auk þess sem hún er aðgengileg (í mismiklu magni þó) um nánast allt land, a.m.k. raforka. Ísland er hins vegar fámennt og dreifbýlt land og flutnings- og dreifikostnaður er því óhjákvæmilega hár. Fjárfesting og rekstur flutnings- og dreifiinnviða er því forgangsmál sbr. nýja orkustefnu (kafli 5.1). Ef Ísland á að vera samkeppnisfært m.a. í útflutningi í þeim framleiðslutækifærum sem tilgreind eru í neðangreindum undirköflum, þá verður að finna leiðir til að draga úr flutnings- og dreifikostnaði raforku. Staðsetning stórra framleiðslueininga á matvælum er því ekki möguleg hvar sem er á landinu heldur nálægt framleiðslustöðum eða tengipunktum háspenntar raforku þar sem flutningskostnaði er haldið í lágmarki. Kortlagning og ákvörðun á heppilegum stöðum fyrir tengipunkta háspenntar raforku er því nauðsynleg og ljóst að ekki verður hægt að gera öllum til hæfis í byggingu slíkra punkta. Þar verða að koma til ýmsar aðrar kjöraðstæður t.d. aðgangur að ódýru landi, hitaorku, flutningsinnviðir (t.d. nálægð við hafnir) og fleira í þeim dúr.

4.2 Ylrækt

Markaðshlutdeild íslensks grænmetis er talin vera um 43% á íslenskum markaði¹¹. Markaðshlutdeild einstakra tegunda er þó mjög mismunandi. Ný gögn vantar sem geta sýnt fram á breytingar á markaðshlutdeild tegunda vegna nýlegrar aukningar í framleiðslugetu á t.d. tómötum og salati. Af sömu ástæðum er erfitt að áætla hvar rými er fyrir aukna ylræktun á markaði.



Ræktun tómata á Friðheimum í Biskupstungum. Mynd: Sveinn Aðalsteinsson.

Eðli málsins samkvæmt er hægt að rækta allar nytjaplöntur í gróðurhúsum. Það eru hins vegar bara tiltölulega fáar tegundir sem hægt er að rækta við íslenskar aðstæður sem geta annað hvort keppt við

innflutning eða verið ábatasamt að flytja út á erlenda markaði. Tækifæri Íslands liggja í að finna réttu tegundirnar þar sem eftirspurn eftir gæðavöru er til staðar og hagstætt verð á rafmagni til framleiðslunnar. Notkun endurnýjanlegrar orku vegur sífellt sterkar meðal neytenda og það hefur að sjálfsögðu jákvæð áhrif á íslenska ylrækt. Þar að auki eru aðstæður hérlendis þannig að notkun plöntuvarnarefna er í lágmarki eða engin og það hefur einnig áhrif á val neytenda. Geymsluþol, flutningskostnaður og -tími skipta líka mjög miklu máli í útflutningi grænmetis.

Væntanlega er enn rými á markaði fyrir aukna ylræktun á salatstegundum en þar hafa framleiðendur náð góðum tókum á framleiðslunni og nýtt aukna sjálfvirkni til að halda launakostnaði niðri. Ylræktuð paprika hefur haft lága hlutdeild en þar kemur inn hár framleiðslukostnaður samanborett við erlenda ræktun í stórum skala. Því er óvíst hvort aukin ræktun myndi skila sér í aukinni sölu með núverandi rekstrarkostnaði. Paprika þolir flutning og geymslu betur en margar aðrar tegundir t.d. tómatar og gúrkur og því erfiðara fyrir innlenda framleiðslu að keppa við innflutning. Aukin útiræktun grænmetis á þó mikið inni á markaði.

Það er algengur misskilningur að heitt vatn sé forsenda stórefldrar ylræktar. Vissulega er jafn og góður hiti nauðsynlegur en meginforsendan er lágt verð á rafmagni, hóflegur launakostnaður og góð ræktunarþekking. Einnig skiptir miklu máli að völ sé á hreinum koltvísýringi á hagstæðu verði og í nægu magni. Undantekning frá þessu er svepparæktun sem þarf lítið rafmagn en töluverðan hita. Þar eru einhverjir möguleikar á að auka framleiðslu og markaðshlutdeild hérlendis og fjölgja tegundum.



Flúðasveppir er eina svepparæktunarstöðin hérlendis. Mynd: Sveinn Aðalsteinnsson.

Staðsetning ylræktarvera við virkjanir er að mörgu leyti ákjósanleg þ.e. ef ræktandinn getur notið staðsetningarinnar með niðurfellingu eða afslætti af dreifi- og flutningskostnaði í raforkuverðinu. Dreifi- og flutningskostnaður getur verið umtalsverður hluti í verði hverjar kílowattstundar. Ef virkjunin er jarðhitavirkjun þá getur ræktandinn væntanlega einnig fengið heitt og kalt vatn á hagstæðu verði og hugsanlega einnig aðgang að koltvísýringi ef virkjunin getur boðið hreinan koltvísýring. Dæmi um

slíka ylrækt má sjá við Hellsheiðarvirkjun og nágrenni Svartsengis þar sem smábörungar eru ræktaðir með nýtingu margra auðlindastrauma frá virkjununum. Hér eru mikil tækifæri í framtíðinni.

Lóðrétt ræktun (e. vertical farming) er ný tegund hátækniræktunar innanhúss. Plönturnar eru ræktaðar á nokkrum hæðum og ræktuninni er stýrt þannig að skapaðar eru kjöraðstæður fyrir plönturnar allan ársins hring. Nýting á rými við lóðrétt ræktun er mjög góð og sparar því pláss. Þess vegna hefur lóðrétt ræktun einkum verið að ryðja sér til rúms í þéttbýli þar sem lóðaverð er dýrt. Kostnaðarsamt er að koma upp svona innanhúss hátæknigróðurhúsi. Hins vegar næst hagvæmni fram með betri nýtingu á landi, á húsum (fermetranýting), orkusparneytinni lýsingu og fullkominni stýringu á umhverfi m.a. með ræktun í óvirkum ræktunarefnum t.d. vikri.²⁵ Tvö síðasttöldu atriðin eru þó sameiginleg annarri hátækniylræktun, ekki bara fyrir þá lóðréttu. Í nýjustu gróðrarstöðvunum fyrir lóðrétt ræktun sjá plönturnar aldrei dagsljós eða mold en þess í stað er ljósi af ákveðnum bylgjulengdum beint að þeim allan sólarhringinn frá LED-gróðurlömpum. Slík ræktun hefur mætt efasemdum frá mörgum sem stunda hefðbundna ylræktun í gróðurhúsum þar sem vangaveltur hafa sprottið upp um framleiðslugetu, aukna hættu á plöntusjúkdómum, erfiðleikum í stýringu á rakastigi og rafmagnsnotkun. Auk þess hentar lóðrétt ræktun einungis sumum tegundum fljótsprottinna matjurtu a.m.k. í dag. Forsvarsmenn þessarar ræktunar benda á að slíkar gróðrarstöðvar hafi ákveðið loftslagsforskot þar sem hægt er að afhenda vörur til neytandans nálægt framleiðslustað.²⁶



Lóðrétt ræktun nýtir rýmið til fullnustu. Mynd: Enza Zaden (enzazaden.com/uk)

Hingað til hefur lóðrétt ræktun einkum verið nýtt til að framleiða fljótsprottnar matjurtir eins og salat, kryddjurtir og vissar káltegundir en slíkar tegundir henta vel í því oft takmarkaða rými sem plöntur hafa til vaxtar. Þróunin heldur áfram af fullum krafti. Mikilvægt er hins vegar að huga vel að því hvort kostir lóðréttar ræktunar nýtist til samkeppnisforskots til að vega upp hærra stofn- og breytilegan kostnað og áhættu við ræktunina.

Útflutningur með gámum sjóleiðis er raunhæfur valkostur í ylræktarframleiðslu. Ný útflutningshöfn á Suðurlandi í Þorlákshöfn felur ekki einungis í sér tækifæri fyrir sunnlenska framleiðendur heldur allt Suðvesturland vegna styttri siglingatíma til Evrópu miðað við Faxaflóahafnir. Ávinningur sunnlenskra bænda er enn meiri eftir því sem nálægð framleiðslu þeirra við Þorlákshöfn er meiri vegna styttri flutningstíma frá framleiðslustað að útflutningshöfn. Arðbær útflutningur á hágæðamatvælum sem

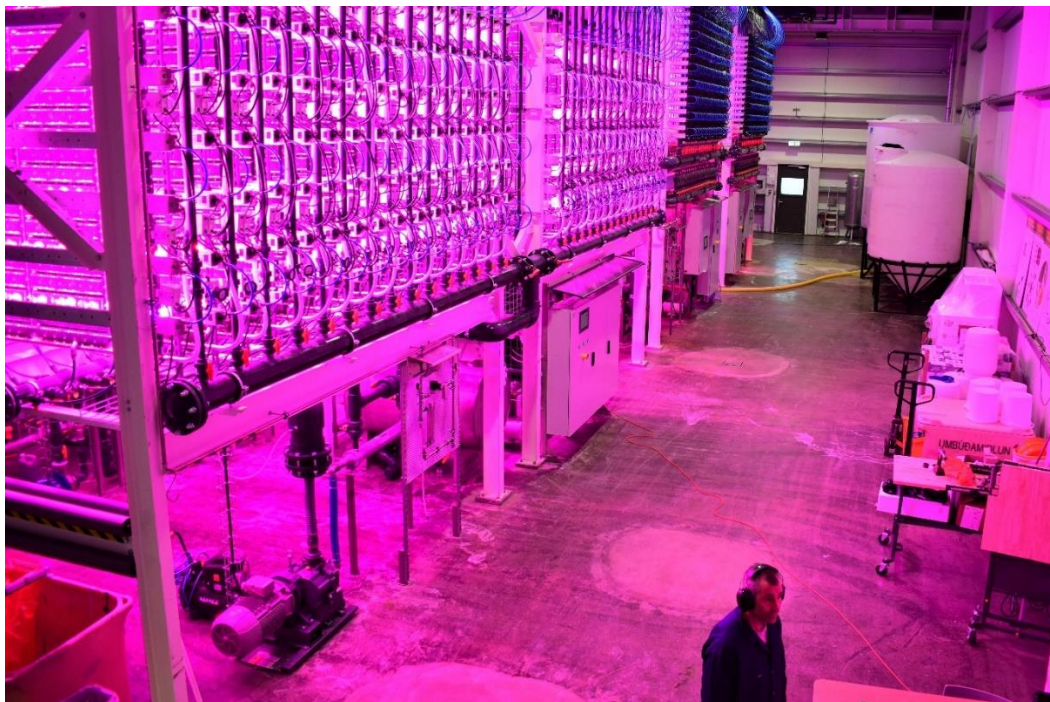
ætlaðar eru vel borgandi sessmörkuðum (e. niche markets) er vel mögulegur en til þess þarf ódýrt rafmagn til framleiðslunnar.

4.3 Nýir próteingjafar

Til að tryggja sjálfbærni plánetunnar er nauðsynlegt að minnka kjötneyslu með því að auka neyslu korns, grænmetis, fisks og nýrra próteingjafa. Neysla matvæla sem byggjast á plöntupróteini hefur verið að aukast, en soja hefur verið notað sem próteingjafi í nokkra áratugi, einkum í Asíu. Umtalsverð eftirspurn er eftir matvælum sem byggjast á plöntupróteini á halal og kosher markaði og undanfarið hefur veganmarkaðurinn aukið þessa eftirspurn enn frekar.²⁷

Mjög margar afurðir sem líkjast kjöti eru gerðar úr plöntum svo sem belgjurtum, olíufræum, korni og sveppum. Framleiðsla sveppapróteina (e. mycoprotein) byggist á gerjun á sykrum með *Fusarium venenatum*. Sveppapróteinið er af háum gæðum og inniheldur allar lífsnauðsynlegar aminosýrur auk trefja og hefur einnig æskilega fitusýrusamsetningu.²⁷

Framleiðsla og vinnsla hráefna úr smápörungum er líklega ein sjálfbærasta framleiðsla nýrra próteingjafa sem völ er á á Íslandi. Ræktun smápörunga er frumframleiðsla þar sem þessir þörungar eru afar öflugt lífsform sem breytir koltvísýringi með ljóstillífun í olíu og nýtanlegt próteinhraefni í fóður dýra og fæðu manna. Smápörungar vaxa tíu sinnum hraðar en landplöntur og það þarf minna en tíunda hluta þess lands sem nauðsynlegt er til að framleiða jafngildi þörunga í lífmassa. Þörungar þarfnast ekki ferskvatns og þá er hægt að frjóvga á skilvirkari hátt en ræktun plantna á landi. Það er því hægt að komast hjá mikilli vatnsnotkun sem annars er nauðsynleg við ræktun. Það kemur í veg fyrir sóun á áburðargjöf og ofauðgun grunnvatns, áa og vatna á næringarefnum sem hefur verið fylgifiskur nútíma landbúnaðar. Þá þarf ekki að beita eiturefnum við slíka ræktun.²⁸ Hátæknilausnir eru nýttar til að stýra og besta framleiðsluáðstæðurnar. Framleiðslan fer fram í rörum eða lokuðum tönkum sem gefur góða stýringarmöguleika við framleiðsluna sem getur orðið mjög skilvirk og gefið mjög mikla uppskeru á flatarmálseiningu/rúmmálseiningu.



Lóðrétt ræktun smápörunga hjá VAXA Impact nutrition við Helliðsvirkjun. Mynd: Sveinn Aðalsteinsson.

Enn fremur fellast tækifæri í auknum nytjum á brún-, rauð- og grænþörungum sem vaxa í fjörum og á grunnsævi. Þörungaverksmiðjan á Reykhólum nýtir t.d. þörungagróður á grunnsævi Breiðafjarðar og jarðhitann til að þurrka þang- og þaramjöl sem er notað bæði í fóður og matvælaframleiðslu.

Einnig er verið að rannsaka aðrar orkufrekar framleiðsluaðferðir fyrir nýja próteingjafa t.d. með notkun líftækni, t.d. hefur fyrirtækið Deep Branch þróað aðferð sem nýtir koltvísýring og vetni (H₂) til að búa til prótein úr einfrumungum.²⁹

Víða um heim er einnig horft til notkunar á skordýrum til að framleiða hráefni í dýrafóður og til beinnar matvælaframleiðslu. Skordýrin geta nýtt margvísleg lífræn úrgangsefni til vaxtar og komið þeim aftur inn í fæðukeðjuna með beinum og býsna skilvirkum hætti. Því er skordýraframleiðslan ummyndun á lífrænu efni af litlum gæðum yfir í gæðaprótein og jafnframt jákvæð frá umhverfislegu sjónarmiði. Þessi prótein geta vel hentað sem próteingjafi í fóður fyrir fiska og önnur einmaga dýr. Skordýrin eru alla jafna próteinrík og með heppilega amínósýrusamsetningu samanborið við ýmis plöntupróteinhráefni sem nú eru notuð í fiskafóður.¹¹ Sú tegund sem hvað mest hefur verið rannsökuð á undanförunum árum í Evrópu og Norður-Ameríku til ræktunar í fóður og matvæli er hin svokallaða svarta hermannafluga (*Hermetia illucens*). Þessi fluga, eða öllu heldur lirfa flugunnar, hefur gríðarlegan vaxtarhraða, getur nýtt margvíslegt hráefni til vaxtar og hefur heppilegt næringarinnihald. Flugan sjálf neytir ekki matar og er hún því ekki smitberi, sem er stór kostur. Þessi tegund þrífst eingöngu við hátt hita- og rakastig og mundi því ekki þrífast í íslenskri náttúru, en gæti verið heppileg til ræktunar innanhúss.³⁰

Mikilvægi skordýra til matvælaframleiðslu til að auka fæðuöryggi í heiminum hafa verið metnir og greindir og hvatt til aukinnar notkunar og framleiðslu sem byggist á þessum próteingjafa.¹⁸

4.4 Fullvinnsla í korni

Kornræktun til manneldis er aðeins lítill hluti af heildarkornræktun landsmanna eða um 215 ha af um 5.000 ha¹¹ sem notaðir eru í kornræktun hérlendis. Framleiðsla á korni til manneldis er því aðeins innan við 1% af heildarneyslu. Um er að ræða afar lítið hlutfall sem gæti verið hærra þar sem skilyrði til kornframleiðslu hér á landi eru til staðar og framleiðslan nýtir varnarefni í mun minna mæli en sambærileg ræktun víða erlendis.

Hafrar eru sú korntegund sem hefur gengið hvað best að rækta við íslenskar aðstæður. Einstaka framleiðendur hérlendis hafa náð verulegum árangri í að framleiða og markaðssetja hafra til manneldis. Enn fremur eru ýmis nýsköpunarverkefni í gangi sem felast í þróun á matvörum úr höfrum t.d. haframjól og sömuleiðis nýtingu haframjólkur til framleiðslu jurtaosta. Ræktun ákveðinna olíujurta hefur einnig gengið nokkuð vel við íslenskar aðstæður, t.d. ræktun repju.¹¹ Hér vantar þó hagkvæmni stærðarinnar til að ná verulegri markaðshlutdeild á innanlandsmarkaði.

Sem fyrr segir notar íslensk kornrækt nánast engin varnarefni, ólíkt víða erlendis í kornrækt, sem gefur aukna möguleika á útflutningi á sessmarkaði (e. niche market). Ræktun erfðabreyttra korntegunda til að framleiða sérhæfð prótein t.d. fyrir lyfjageirann, matvælaframleiðslu og fæðubótarefni felur í sér mikla möguleika fyrir íslenska kornrækt.

Skortur á innviðum í fullvinnslu og úrvinnslu korns háir þó kornbændum. Þurrkun korns er orkufrek og krefst innviða í lagningu raforku á vissum stöðum. En fleira þarf til en þurrkun til að fullvinnsla geti átt sér stað hérlendis. Á Íslandi er engin kornmylla sem ræður við vinnslu korns til manneldis og bændur neyðast til að flytja kornið út til mölunar og heim aftur með tilheyrandi flutningskostnaði og

kolefnisspori. Bygging miðlægrar myllu til mölunar á korni væri mikið framfaraspor fyrir kornbændur og neytendur hérlendis. Slík bygging gæti verið vísir að grænum iðngarði (kafli 5.2).

Einnig má nefna að ef tilraunir með frumuvaka, sérhæfð prótein til kjötræktunar, ganga vel má nota erfðabreytt korn til að fá fram prótein í frumuvakann. Einhver hluti, stór eða lítill, ræktunar þessa korns getur farið fram á Íslandi þar sem íslenska líftæknifyrirtækið ORF líftækni nýtir sína tækni við framleiðslu þessara próteina í tilraunum núna. Hér er gríðarlegt tækifæri fyrir íslenska kornbændur ef vel tekst til.



Á Þorvaldseyri undir Eyjafjöllum hefur repja verið ræktuð til framleiðslu jurtaolíu. Mynd: Páll Jökull Pétursson.

4.5 Eldi sjávar- og vatnadýra

Gert er ráð fyrir að fiskneysla í heiminum aukist um 58% frá 2010-2050.² Heimsaflinn hefur verið nokkuð stöðugur um langt árabíl en hlutur fiskeldis eykst jafnt og þétt. Ljóst er að aukinni eftirspurn eftir fiski verður einungis annað/svarað með því að efla fiskeldi bæði í sjó og á landi.^{2, 31}

Landeldi skapar mikil tækifæri fyrir orkutengda matvælaframleiðslu. Kostir landeldis felast í betri stýringu umhverfispáttá, stöðugu umhverfi, stöðugri framleiðslu, minni sjúkdómahættu og engin hættu er á slyasleppingum. Landeldi er hins vegar kostnaðarsamt, en helstu kostnaðarliðir eru landrými, rafmagn, súrefni, fleira starfsfólk á hvert framleitt tonn og því hærri launakostnaður.^{31, 32}



Eldi sæeyra hjá Sæbýli á Eyrarbakka er dæmi um nýsköpun í landeldi. Mynd: Sveinn Aðalsteinsson.

Landnotkun fyrir 10.000 tonn framleiðslu/ár í RAS (Recirculation Aquaculture System) stöð er áætluð 9 hektarar, en gegnumstreymisstöð þyrfti um 6,4 hektara lands. Þörfin fyrir raforku er 6 KWh fyrir hvert kíló af framleiddum laxi. Heildarraforkuþörf fyrir allt eldi á landi í Noregi er áætluð 7800 GWh og þörfin talin tiltölulega jöfn hvort sem er fyrir RAS eldisstöð eða gegnumstreymisstöð. Til samanburðar er raforkunotkun á stór Reykjavíkur svæðinu um 4800 GWh. Vatnsnotkun er sömuleiðis umtalsverð og áætluð u.þ.b. 52 milljónir rúmmetra á ári í RAS kerfum og 33,7 milljarðar rúmmetra á ári í gegnumstreymisstöðvum.³³ Landeldi er því háð aðgengi að nægu vatni og rafmagni auk hagstæðs rafmagnsverðs, einkum þar sem RAS kerfi er notað í landeldi.

Nauðsynlegt er að leita nýrra og betri tæknilegra lausna til að auka hagkvæmni landeldis t.d. með því að minnka hlutfall fiskmjöls og lýsis í fiskafóðri,¹¹ nýjum próteingjöfum til fóðurgerðar,³¹ ljóslotustýringu, endurnýtingu á vatni með RAS kerfi og hagstæðu verði eða framleiðslu á þeim lofttegundum sem notaðar eru. Sömuleiðis er unnt að draga úr flutningskostnaði með því að staðsetja landeldi nálægt útflutningsgáttum.³¹ Í RAS eldiskerfum er eldisvatnið endurnýtt að mestu leyti eftir meðhöndlun í kerfi sem hreinsar- og endurheimtir gæði vatnsins, vegna þessara hringrásalausna hefur landeldi minni umhverfisáhrif en sjókvíaeldi. RAS eldiskerfi hefur þegar verið innleitt í a.m.k. einni fiskeldisstöð hérlandis.

4.6 Matvælavinnsla sem bætir útflutningsmöguleika

Ein af hindrunum fyrir útflutningi á matvælum frá Íslandi er að flutningstími ferskvöru á erlenda markaði takmarkast af geymsluþoli og flutningur matvæla með skipum er tímafrekur. Suða, gerjun, söltun, reyking og þurrkun eru vinnsluáðferðir sem hafa verið notaðar í þúsundir ára til að tryggja öryggi og lengja geymsluþol matvæla. Síðan hafa verið þróaðar ýmsar nýjar vinnsluáðferðir, sem

reyndar byggjast oft á gömlum hefðbundnum aðferðum t.d. niðursuða, gerilsneyðing, kæling, frýsting, frostþurrkun, geislun og margvísleg þökkunartækni s.s. lofttæmdar og loftskiptar umbúðir.

Þessar vinnsluaðferðir eru flestar orkufrekar, en þurrkun er oft ákjósanleg þar sem hún fjarlægir vatn sem bæði eykur geymsluþol og dregur úr þyngd matvæla sem lækkar flutningskostnað. Hefðbundin þurrkun matvæla fer oftast fram með loftþurrkun við mismunandi hitastig. Við frostþurrkun er vatn hins vegar fjarlægt úr frosnu hráefni með svokallaðri þurrugufun (e. sublimation). Þetta krefst lækkunar á þrýstingi og hitastigi þannig að fasaskiptin eiga sér stað með því að vatn umbreytist úr ís beint í gufu án þess að bráðnun eigi sér stað. Frostþurrkun er orkufrek og nokkuð dýr vinnsluaðferð og er því helst notuð til þess að þurrka matvæli sem eru viðkvæm gagnvart hita og/eða þar sem bragðgæði og næringargildi skipta miklu máli. Frostþurrkuð matvæli eru stöðug að gæðum, auðveldlega geymd (yfirleitt er ekki þörf á kælingu), geymsluþol er langt og kostnaður við útflutning er lægri, þar sem vatnið úr vörunni hefur verið fjarlægt.³⁴

4.7 Tækifæri og störf

Orkukræf matvælaframleiðsla er, enn sem komið er, mannaflsfrekari en önnur stóriðja sem hefur bæði kosti og galla. Tækifæri til sjálfvirknivæðingar eru tvímælaust til staðar og þar með minni mannaflapörf og minni launakostnaður. Hvað sem því líður þá skapar orkukræf matvælaframleiðsla að jafnaði fleiri störf en málmstóriðja í dag og þar með að jafnaði auknar tekjur fyrir sveitarfélög í formi útsvars ef stærðir í raforkunotkun eru skoðaðar. Hafa ber í huga að skali fyrirtækjanna er mjög mismunandi. Sjá töflu 1 hér að neðan.

Tafla 1. Dæmi um raforkuþörf matvælaframleiðslu og málmstóriðju

Iðnaður	Dæmigerð uppsett raforkuþörf	Dæmigerður fjöldi starfa*	Starfsmenn pr. MW
1 ha garðyrkjustöð með lýsingu	1,5 MW	30	20
Þörungaráæktun með lýsingu	5 MW	30	6
Álver	330 MW	400	1,2

*afleidd störf eru ekki inni í þessari tölu

Þó ekki sé um vísindalegan samanburð að ræða er ljóst að orkukræf matvælavinnsla getur skapað mikinn fjölda starfa sem er alltaf eftirsóknarvert, ekki síst í hinum dreifðu byggðum landsins þar sem atvinnutækifæri eru oft færri en í þéttbýli. Skilyrði er þó aðgengi að rafmagni á lágu verði.

5. Stjórnvaldsaðgerðir

5.1. Orkustefna

Fyrsta langtíma orkustefna fyrir Ísland var kynnt í október 2020. Stefnan er sett fram til ársins 2050 og felur í sér framtíðarsýn og tólf meginmarkmið Íslands í orkumálum. Framtíðarsýnin kveður m.a. á um að öll orkuframleiðsla sé af endurnýjanlegum uppruna. Orkan sé nýtt með sjálfbærum hætti þannig að hún uppfylli orkuþörf samtímans án þess að það komi niður á komandi kynslóðum. Meðal annarra markmiða orkustefnu eru að innviðir séu traustir, að orkukerfið verði fjölbreyttara, að Ísland nái kolefnishlutleysi og verði óháð jarðefnaeldsneyti, að orkunýtni verði bætt og sóun lágmarkuð, auðlindastraumar verði fjölnýttir, gætt verði að náttúruvernd og umhverfisáhrif lágmarkuð, að þjóðin njóti ávinnings af orkuauðlindum landsins, orkumarkaðurinn verði virkur og samkeppnishæfur, sem og skilvirkur og stöðugur og stuðli að verðmæta- og nýsköpun, og að jafnt aðgengi að orku verði um land allt. Leiðarljós orkustefnu eru fimm; orkuöryggi, orkuskipti, orkunýtni og sparnaður, samfélag/efnahagur og umhverfi.³⁵

Í orkustefnunni er m.a. sett fram sviðsmynd fyrir árið 2050 og lýst þeim framförum sem stefnt er á að ná á þrjátíu árum. “Árið 2050 hefur jarðefnaeldsneyti alfarið vikið fyrir endurnýjanlegum orkugjöfum. Landið hefur náð kolefnishlutleysi árið 2040 eins og stefnt var að. Orkuöryggi hefur verið tryggt með framboði margvíslegra endurnýjanlegra orkukosta og traustum innviðum. Almenn sátt ríkir um orkumál, nýtingu orkuauðlinda samhliða náttúruvernd og uppbyggingu orkuinnviða. Neytendur hafa jafnt og öruggt aðgengi að orku á samkeppnishæfu verði á virkum orkumarkaði. Orkukerfið er snjallt, sveigjanlegt og engu er sóað. Atvinnulíf nýtur góðs af verðmætasköpun, þekkingu og nýsköpun sem sprettur frá orkugeiranum.”³⁵

Til að þessi sviðsmynd gangi eftir þarf augljóslega margt að ganga upp, ekki síst varðandi innviðauppbyggingu á raforkuflutningi og -framleiðslu. Ef fjármagn væri ekki takmarkandi þá væri þjóðin með jafnt aðgengi, óháð staðsetningu, að háspennnum tengipunktum fyrir raforku. Það er óraunhæft. Í stað þess verður nú þegar að horfa til þess, einkum með tækifæri í matvælaframleiðslu í huga, að velja tengipunkta um landið sem eru vel staðsettir með tilliti til annarra auðlinda og/eða innviða eins og raforkuframleiðslu og útflutningsgátta. Sjá nánar í kafla 4.1.



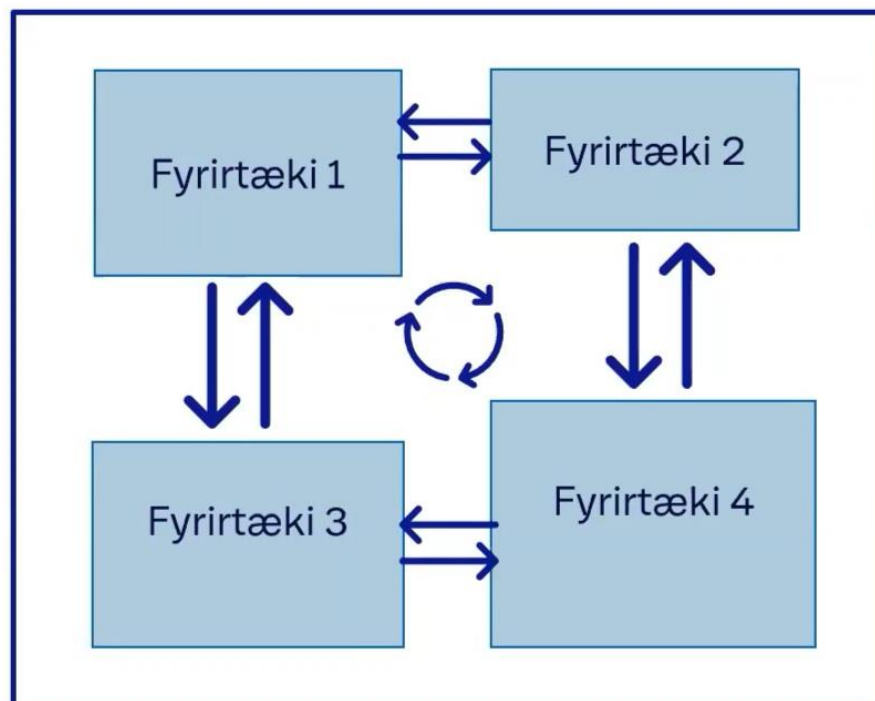
Orka frá jarðvarmavirkjunum býður upp marga auðlindastrauma. Mynd: Páll Jökull Pétursson.

5.2. Grænir iðngarðar

Skipuleg uppbygging iðngarða, svo sem við jarðvarmavirkjanir, er farsæl leið til að hámarka virði orkuvinnslu og fjölnýta auðlindastrauma. Slíkir iðngarðar hýsa þá klasa ólíkra iðn- og orkufyrirtækja sem geta nýtt framleiðslu og/eða affallsefni hvers annars, til dæmis í matvælaíðnaði.³⁵

Á málþingi Orkídeu og SASS³⁶ í maí 2021 var litið á hugmyndafræðina bak við græna iðngarða frá ýmsum sjónarhornum. Aukin krafa samfélaga um sjálfbærni kallar á samvinnu um nýtingu auðlinda þar sem úrgangur eins getur verið auðlind annars. Samvinna um aðföng t.d. orku getur verið mjög hagstæð ekki síst þar sem aðgengi að ódýrri raforku getur verið bundið við sérstaka tengipunkta raforku á landsbyggðinni.³⁶ Þessi samvinna getur verið í mismiklum mæli en drifkraftur hennar er eðlilega að allir fái einhvern hagnað af samvinnunni. Vísir að slíkum iðngörðum finnast í kringum jarðhitavirkjanir þar sem ýmsir orku- og efnasraumar frá virkjun nýtast sem auðlindir fyrir önnur fyrirtæki. Bláa lónið og Carbon Recycling International nýta t.d. ýmsa strauma frá jarðhitavirkjun HS Orku í Svartsengi og svipað er upp á teningnum við Hellisheiðarvirkjun.

Iðngarður



Myndræn framsetning af hugtakinu grænir iðngarðar. Mynd: Dagný Jónsdóttir.³⁶

Dæmi um framleiðslu sem á mikla samleið með orkuframleiðslu í jarðvarmavirkjunum er ræktun smápörunga sem nýtir rafmagn, koltvísýring, heitt og kalt vatn frá jarðvarmavirkjun. Ræktun smápörunga er frumframleiðsla þar sem þessir þörungar eru afar öflugt lífsform sem breytir koltvísýringi með ljóstillifun í olíu og nýtanlegt próteinhraefni í fóður dýra og fæðu manna. Sjá nánar í kafla 4.3 um nýja próteingjafa. Sem fyrr segir er uppskölun á framleiðslu og vinnslu hráefna með smápörungum er líklega ein sjálfbærasta framleiðsla próteina sem völ er á á Íslandi.²⁸

Slík smápörungaframleiðsla er þegar farin af stað við Hellisheiðarvirkjun (Vaxa/Impact Nutrition) og er markmið fyrirtækisins að framleiða prótein og ómega-3 fitusýrur úr smápörungum sem nýtast í

matvæli og fæðubótarefni. Auk þess framleiða fyrirtækin KeyNatura og Algalif andoxunarefnið Astaxanthin úr smápörungum, sem er bæði nýtt sem fæðubótarefni og í snyrtivörur. Forsenda fyrir slíkum iðnaði er hagstætt raforkuverð en ræktunin er mjög raforkufrek.

Annað dæmi um framleiðslu sem á samleið með orkuframleiðslu í jarðvarmavirkjunum er ræktun grænmetis í gróðurhúsum/ gróðrarstöðvum þar sem hönnun og hátæknilausnir eru nýttar til að tryggja framleiðni og skilvirkni (sjá kafla 4.2).

Eldi sjávardýra hentar líka vel með orkuframleiðslu í jarðvarmavirkjunum (sjá kafla 4.5).



Með landeldi má stýra umhverfisþáttum nákvæmlega og hámarka afköst. Mynd: AKVA Group ASA – Tom Haga

Enn fremur má nefna verkefnið Græni dregillinn³⁷ sem stjórnvöld kynntu nýlega en verkefnið er samvinnuverkefni atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytis og atvinnuþróunarfélaga landshlutasamtaka sem miðar að því að draga úr hindrunum við að koma grænum iðngörðum á fót.

Áherslur græna dregilsins liggja í ferilgreiningu fjárfestingaverkefna, aukinni skilvirkni, einfaldari verkferlum og fyrirsjáanleika, auknu samstarfi lykilstofnanna um þjónustu og ferla, og undirbúning atvinnusvæða svo auðlindastraumar verði fullnýttir og hringrásarhagkerfið styrkist.

Nú stendur yfir athugun, í samvinnu atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytis, Landsvirkjunar og landshlutasamtaka sveitarfélaga á Norðausturlandi, um þróunarmöguleika græns iðngarðs á Bakka við Húsavík. Athugunin sýnir ljóslega að stjórnvöld, fyrirtæki og sveitarfélög gera sér góða grein fyrir þýðingu samvinnu og samhæfingu allra hagsmunaaðila við að efla atvinnutækifæri einkum á landsbyggðinni og hvaða hindranir kunna að vera á þeirri vegferð. Von er á skýrslu um málið haustið 2021 sem mun varpa ljósi á möguleikana á þessu svæði.

5.3 Klasastefna

Klasastefna fyrir Ísland var kynnt í mars 2021 og lýtur hún að starfsemi klasa í víðum skilningi.³⁸ Klasi er samstarfsvettvangur ólíkra aðila sem hefur það markmið að ná skýrum og tilteknum árangri t.d. innan ákveðinnar atvinnugreinar eða í kringum sérstök málefni. Klasasamstarf er misjafnt eftir þörfum

aðila klasans. Samstarfið getur verið sveigjanlegt og auðvelt að aðlaga aðstæðum og áherslum þátttökuaðila.

Markmiðið með klasastefnunni er m.a. að bæta samkeppnishæfni og auka verðmætasköpun. Í viðtali við Ástu Kristínu Sigurjónsdóttur sem leiddi vinnuna við mótun klasastefnunnar segir hún m.a. “Með skýrri stefnu stjórnvalda um stuðning við klasasamstarf og aukna áherslu á að hraða breytingum og takast á við nýjar áskoranir hefur Ísland sett sér þá framtíðarsýn að vera meðal fremstu þjóða í öllum samanburði þegar kemur að því að mæla samkeppnishæfni þjóða. Stefnan er ákveðið leiðarljós að þessu marki, hún er hvorki aðgerðaráætlun né framkvæmdaplagg heldur rammi utan um þau verkfæri sem stjórnvöld geta nýtt til að stýra fjármunum til atvinnuþróunar og stuðnings til nýsköpunar í íslensku atvinnulífi, á forsendum aðilanna sjálfra. Hlutverk stjórnvalda er þannig að styðja við það klasastarf sem nú þegar er fyrir hendi með óbeinum hætti í gegnum sjóða- og styrkjakerfi ásamt því að brúa ákveðinn markaðsbrest í greinum eða inni á svæðum þar sem stuðningur er mikilvægur á fyrstu stigum. Samstarf á klasavettvangi er ein leið til að brjóta niður múra og hlaupa hraðar í átt að meiri árangri sem skilar samfélaginu öllu aukinni hagsæld og okkur íbúunum bættum lífskjörum til lengri tíma.”³⁹

Klasasamstarf getur því einnig verið mikilvægt tæki í byggðaðróun ekki síst ef hið opinbera veitir stuðning sem getur hjálpað fyrirtækjum að yfirstíga tímabundinn markaðsbrest og styrkt innviði nýsköpunar. Svæðisbundið klasasamstarf getur því verið fyrsta skref yfir í sterkara nýsköpunarumhverfi með aðgengi að þekkingu og reynslu á alþjóðlegu rannsókn- og nýsköpunarstarfi.

5.4 Matvælastefna og Ræktum Ísland

Fyrsta matvælastefna fyrir Ísland var kynnt í desember 2020. Hún hefur það að markmiði að tryggja fæðuöryggi, sjálfbærni og matvælaöryggi, og nær til ársins 2030. Matvælastefnan bendir einnig á hvar tækifærin liggja m.a. í tengslum við bættar framleiðsluaðferðir, vöru- og þjónustubrúun og nýsköpun. Litið er á Matvælastefnu Íslands sem lifandi stefnu sem mun taka mið af þróun og breytingum næstu ára og áratuga. Henni fylgir aðgerðaáætlun í rúmlega 30 liðum sem verður endurskoðuð að fimm árum liðnum.⁴⁰

Nýlega kom út á vegum sjávarútvegs- og landbúnaðarráðherra skjalið „Ræktum Ísland“ sem er umræðuskjal um landbúnað á 21. öldinni og þróun hans á komandi árum. Skjalið er mikilvæg varða í mótun landbúnaðarstefnu og næstu búvörusamninga. Þar er bent á atriði sem geta haft mikil áhrif á nýsköpun í matvælaframleiðslu og umgjörð landbúnaðarins til framtíðar.⁴¹

Heimildir

- ¹Directorate-General for Research and Innovation. (2020). *Food2030 Pathways to action: Research and innovation policy as a driver for sustainable, health, and inclusive food systems*. European Commission. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- ²Tim Scheringer. (2018). *World resources report: Creating a sustainable food future. A menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050*. World Resources Institute.
- ³Hannah Ritchie & Max Roser. (2021). "Environmental impacts of food production. *Our World Data*. Sótt af <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>
- ⁴Nielsen. (2018). "Global consumers seek companies that care about environmental issues. Sótt af <https://www.nielsen.com/us/en/insights/article/2018/global-consumers-look-for-companies-that-care-about-environmental-issues/>
- ⁵Berglind Dögg Helgadóttir & Sveinn Júlían Sveinsson. (2011). *Vilji íslenskra neytenda til kaupa á umhverfisvænum vörum og traust þeirra til umhverfisstarfsemi íslenskra fyrirtækja* (BSc-ritgerð). Háskólinn í Reykjavík, viðskiptafræðideild. Sótt af <http://hdl.handle.net/1946/9825>
- ⁶Albert Garðar Þráinsson. (2020). *Skiptir máli í huga neytenda hvort vörur eru í umhverfisvænum umbúðum* (BS-ritgerð). Háskóli Íslands, viðskiptafræðideild. Sótt af <http://hdl.handle.net/1946/35618>
- ⁷Åse Stenmarck, Carl Jensen, Tom Quested & Graham Moates. (2016). *Estimates of European food waste levels*. FUSIONS EU project. Sótt af <https://www.fusions.org/phocadownload/Publications/Estimates%20of%20European%20food%20waste%20levels.pdf>
- ⁸Umhverfisstofnun. (2016). *Food Waste in Iceland: Methodological report*. Sótt af <https://ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Graenn-lifstill/Food%20Waste%20in%20Iceland%20-%20Methodological%20report%20with%20Abstract%20in%20IS%2028%2011%202016.pdf>
- ⁹Francesco Branca, Anna Lartey, Stineke Oenema, Victor Aguayo, Gunhild A Stordalen, Ruth Richardson, Mario Arvelo, Ashkan Afshin. (2019). Transforming the food system to fight non-communicable diseases. *BMJ*. 2019, 28. júní. Doi: 10.1136/bmj.1296.
- ¹⁰Marianela Fader. (2013). *Spatial decoupling of agricultural production and consumption: quantifying dependences of countries on food imports due to domestic land and water constraints*. *Environ. Res. Lett.* 8 (2013) 014046.
- ¹¹Landbúnaðarháskóli Íslands. (2021). *Fæðuöryggi á Íslandi*. Rit LBH nr. 139.
- ¹²Orkustofnun (2020). OS-2020-T012-01: Uppsett rafafli og raforkuframléiðsla í virkjunum á Íslandi 2019.
- ¹³Arnór Snæbjörnsson, Drífa Hjartardóttir, Eiríkur Blöndal, Jón Geir Pétursson, Ólafur Eggertsson og Þóroldur Halldórsson. (2010). Skýrsla nefndar um landnotkun: Athugun á notkun og varðveislu ræktanlegs lands. Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneyti. Reykjavík 2010
- ¹⁴Gunnar Steinn Jónsson. „Hvernig er ástand neysluvatns á Íslandi?“ *Vísindavefurinn*, 26. maí 2003. Sótt af <http://visindavefur.is/svar.php?id=3449>.
- ¹⁵Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið. (2021). Leiðbeiningar um flokkun landbúnaðarlands með tilliti til hæfni til ræktunar. Reykjavík: ANR.
- ¹⁶Hörður Kristjánsson. (2020). "Ört vaxandi fjárfestingar í nýrri hátækni í landbúnaði þrátt fyrir COVID-19". *Bændablaðið*. Sótt af <https://www.bbl.is/frettir/frettaskyring/ort-vaxandi-fjarfestingar-i-nyrri-hataekni-i-landbunadi-thratt-fyrir-covid-19>
- ¹⁷Lindsay Campbell. (2020). "Going Green: Can Electric Tractors Overtake Diesel?" *Modern Farmer*. Sótt af <https://modernfarmer.com/2020/03/going-green-can-electric-tractors-override-diesel/>
- ¹⁸OECD/FAO. (2020). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029*, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome. Sótt af <https://doi.org/10.1787/1112c23b-en>
- ¹⁹Ský. (e.d.). "Snjallari matvælaframleiðsla með skýjalausnum og snjallara viðhald. Gagnabylling í matvælaíðnaði. Sótt af <https://www.sky.is/index.php/toelvumal/item/2283-snjallari-matvaelaframleidhsla-medh-skyjalausnum-og-snjallara-vidhhaldi-gagnabylling-i-matvaelaidhnadhi>
- ²⁰Amanda Blair. (2020). "Cell-Based Meat Products: Background and Current Status. *South Dakota State University Extension*. Sótt af <https://extension.sdstate.edu/cell-based-meat-products-background-and-current-status>

- ²¹The Guardian. (2020). "No-kill, lab-grown meat to go on sale for first time. *The Guardian*. Sótt af <https://www.theguardian.com/environment/2020/dec/02/no-kill-lab-grown-meat-to-go-on-sale-for-first-time>
- ²²Erindi Björn L. Örvar „ORF líftækni- kjötrækt“ á viðburði Orkídeu 1 júní 2021 í Nýsköpunarvikunni 26.5-2.6.2021. *Hátækni, matvælaframleiðsla og orka* [myndskleið]. Sótt af <https://orkidea.is/frettir/upptaka-af-vidburdi-orkideu-a-nyskopunarvikunni/>
- ²³Stefán Freyr Björnsson. (2021). *Bætt vatnsnotkun í fiskvinnslu*. Skýrsla Matís 39-12. Sótt af <https://matis.is/media/matis/utgafa/39-12-Baett-vatnsnotkun-i-fiskvinnslu.pdf>
- ²⁴Dana Rán Jónsdóttir. (2012-2013). *Nýsköpun með framleiðslu lífvirkra efna úr hliðarafurðu, kjötvinnslu* (BS-ritgerð). Háskólinn á Akureyri, viðskipta- og raunvísindadeild. Sótt af <http://hdl.handle.net/1946/15254>
- ²⁵Vilmundur Hansen. (2019). "Hátækni-ræktun innanhúss". *Bændablaðið*. Sótt af <https://www.bbl.is/frettir/hataekniraektun-innanhuss>
- ²⁶Ehg- Nationen. (2021). "Stærsta bú fyrir lóðrétta ræktun í Danmörku". *Bændablaðið*. Sótt af <https://www.bbl.is/frettir/staersta-bu-fyrir-lodretta-raektun-i-danmorku>
- ²⁷M.A. Asgar, A. Fazilah, Nurul Huda, Rajeev Bhat & A.A. Karim. (2010). *Nonmeat Protein Alternatives as Meat Extenders and Meat Analogs*. Institute of Food Technologists, vol 2, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00124.x>
- ²⁸Hörður Kristjánsson. (2019). "Úr þörungum má framleiða lífildsneyti og prótein sem dygði fyrir alla heimsbyggðina". *Bændablaðið*. Sótt af <https://www.bbl.is/frettir/frettaskyring/ur-thorungum-ma-framleida-lifildsneyti-og-protein-sem-dygdi-fyrir-alla-heimsbyggdina>
- ²⁹Erindi Peter Rowe frá Deep Branch á viðburði Orkídeu 1 júní 2021 í Nýsköpunarvikunni 26.5-2.6.2021. *Hátækni, matvælaframleiðsla og orka* [myndskleið]. Sótt af <https://orkidea.is/frettir/upptaka-af-vidburdi-orkideu-a-nyskopunarvikunni/>
- ³⁰Birgir Örn Smáráson. (2019). „Hvaða skordýr á Íslandi henta vel í matseld?“ *Vísindavefurinn*. Sótt af <http://visindavefur.is/svar.php?id=76203>.
- ³¹Oceans' future to 2050; Marine aquaculture Forecast. Sótt af https://www.dnv.com/focus-areas/offshore-aquaculture/marine-aquaculture-forecast/index.html?_ga=2.38852769.309510198.1623611728-725560229.1622279316
- ³²Arnar Freyr Jónsson. Erindi á Strandbúnaður 2018 <https://strandbunadur.is/wp-content/uploads/2018/03/Arnar-Freyr-Jonsson.pdf>
- ³³Guðbergur Rúnarsson. (2019). "Laxeldi í sjó eða á landi?". *Fiskeldisblaðið*. Sótt af <http://www.fiskeldisbladid.is/2019/01/02/laxeldi-i-sjo-eda-a-landi/>
- ³⁴Guðlaug Gylfadóttir. (2017). *Product development of new protein products: Freeze-drying of skyr* (MA-ritgerð). Háskóli Íslands, matvæla- og næringarfræðideild. Sótt af <http://hdl.handle.net/1946/27983>
- ³⁵Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið. (2020). Sjálfbær orkuframtíð: Orkustefna til ársins 2050. Sótt af <https://www.stjornarradid.is/library/01--Frettatengt---myndir-og-skrar/ANR/Orkustefna/200327%20Atvinnuvegaraduneytid%20Orkustefna%20A4%20V5.pdf>
- ³⁶Málþing Orkídeu og SASS. (2021, 21. maí). *Skipta grænir iðngarðar máli?* [myndskleið]. Sótt af <https://orkidea.is/frettir/vefupptaka-af-malthingi-orkideu-og-sass>
- ³⁷Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið. (2021). "Grænn dregill og iðngarðar efli græna nýfjarfestingu". *Stjornarráðið*. Sótt af <https://www.stjornarradid.is/efst-a-baugi/frettir/stok-frett/2021/03/04/Graenn-dregill-og-idngardar-efli-graena-nyfjarfestingu/>
- ³⁸Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið. (2021). *Klasastefna fyrir Ísland*. Sótt af https://www.stjornarradid.is/library/01--Frettatengt---myndir-og-skrar/ANR/Nyskopun/210222_ANR_Klasastefna_V5.pdf
- ³⁹SMH. (2021). „Í nýrri klasastefnu fyrir Ísland taka fyrirtækin og stjórnvöld saman höndum“. *Bændablaðið*. Sótt af <https://www.bbl.is/frettir/i-nyrri-klasastefnu-fyrir-island-taka-fyrirtaekin-og-stjornvold-saman-hondum>
- ⁴⁰Stjornarráð Íslands. (2020). *Matvælastefna Íslands*. Sótt af https://www.stjornarradid.is/library/01--Frettatengt---myndir-og-skrar/ANR/KThJ/Matvc3%a6lastefna_v17.pdf
- ⁴¹Björn Bjarnason og Hlédís H. Sveinsdóttir (2021). *RÆKTUM ÍSLAND! Landbúnaður á 21. öld. Umræðuskjal*. Sótt af https://www.stjornarradid.is/library/01--Frettatengt---myndir-og-skrar/ANR/Landbunadur/210414_ANR_%20RaektumIsland_V6.pdf