

Flatgryfjur

Hönnun og verklag

apríl 2021

Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins

Verkefni styrkt af Þróunarfé nautgriparæktarinnar

Flatgryfjur – Hönnun og verklag

Skýrsla þessi er unnin með styrk frá Þróunarfé nautgriparæktarinnar.

Óheimilt er að afrita skýrsluna á nokkurn hátt nema með leyfi réttihafa.

© Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins, Reykjavík, Ísland, 2021

Starfshópur:

Ditte Clausen, verkefnisstjóri

Eiríkur Loftsson

Hjalti Sigurðsson

Linda Margrét Gunnarsdóttir

Sigurður Guðmundsson

Sigurður Kristjánsson

Sigtryggur Veigar Herbertsson

EFNISYFIRLIT

Töfluskra	iii
Myndaskra	iii
1 Inngangur	5
1.1 Verkunarferli og heygæði	5
1.2 Heyskapur	8
1.2.1 Sláttur og hirðing	8
1.2.2 Íblöndunarefni	10
1.2.3 Þjöppun	12
1.2.4 Frágangur	13
1.2.5 Gjafir	15
1.3 Hönnun flatgryfja	16
2 Aðferðir	22
3 Niðurstöður	22
3.1 Efnagreiningar	22
3.2 Heyskapur	23
3.2.1 Undirbúningur	23
3.2.2 Sláttur og hirðing	24
3.2.3 Íblöndunarefni	25
3.2.4 Þjöppun	27
3.2.5 Frágangur	27
3.2.6 Gjafir	28
3.3 Hönnun flatgryfja	29
3.4 Kostnaðargreining	30
4 Umræður	33
4.1 Þurrefnisinnihald og gerjunarafurðir	33
4.2 Íblöndunarefni	34

4.3	Vinnubrögð við heyverkun.....	35
4.4	Hönnun flatgryfja	36
5	Lokaorð	38
	Heimildaskrá	39

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1. Viðmið fyrir innihald NH ₃ -N í g/kg N og áhrif þess á heygæði (DLG, 2016).....	7
Tafla 2. Niðurstöður úr reiknilíkani Holmes (2015a og 2015b) miðað við íslenskar forsendur um þurrefni og gjafahraða. Miðað er annars vegar við 65 kýr og uppeldi og hins vegar við 500 vetrarfóðraðar kindur (v.f.k.).....	20
Tafla 3. Helstu kostir og gallar við inni- og útigryfjur.....	21
Tafla 4. Meðaltöl þurrefnis, gerjunarafurða og sýrustigs í heysýnum með mismunandi íblöndunarefni. Þurrefni hefur mikil áhrif á gerjunarafurðir, því verður að fara varlega í að álykta um áhrif íblöndunarefna á gerjunarafurðir og sýrustig. Einnig er gangnasafnið mjög lítið eins og fram kemur í töflunni. Viðmið byggir á nokkrum heimildum úr inngangskaflanum. Einingar eru gefnar upp sem g/kg þurrefni.....	26
Tafla 5. Forsendur fyrir 65 kúa bú.....	31
Tafla 6. Kostnaðaráætlun 65 kúa bú.....	31
Tafla 7. Forsendur fyrir 500 kinda fjárbú.....	32
Tafla 8. Kostnaðaráætlun 500 kinda sauðfjárbú.....	32

MYNDASKRÁ

Mynd 1. Samband þurrefnis og sýrustigs. Ef sýrustig er hærra en lesið gildi við ákveðið þurrefnisstig er líklegt að gróffóðrið sé ekki nógu stöðugt þegar verið er að opna. Ef sýrustigið er undir línunni teljast heygæðin góð (DLG, 2016).....	7
Mynd 2. Æskilegt mjólkursýruinnihald miðað við þurrefnisinnihald (DLG, 2016).....	8
Mynd 3. Samband þurrefnis (%) við fóðurtap (%) og át kúa (fóðureiningar). Æskilegast er að þurrefnisinnihald heysins sem á að verka í flatgryfju sé á bilinu 32-37% með tilliti til fóðurtaps og áts (DLG, 2020 skv. Mikkelsen, 2017).....	9
Mynd 4. Stæðuvalti sem auðveldar þjöppun á heyi í flatgryfjum.....	13
Mynd 5. Fjölnotadúk komið yfir 1. slátt áður en fyllt er á hann með vatni. Sláin fyrir ofan tengist við dúkinn til að rúlla honum af eftir þörfum við opnun.....	15
Mynd 6. Samband hitastigs og æskilegs gjafahraða. Því heitara sem er í veðri því meira þarf að taka af flatgryfjum daglega til að hindra skemmdir vegna öndunar (Borreani og Tabacco, 2012).....	16
Mynd 7. Hollensk fyrirmynd með bil milli veggja. Oft er bilið fyllt með jarðvegi, sem dregur verulega úr fallhættu og gefur stuðning á veggjum.....	18
Mynd 8. Stífing milli veggja með stálstoðum að hollenskri fyrirmynd (Nielsen, 2009).....	18
Mynd 9. Dæmigerð íslensk flatgryfja byggð á níunda áratugnum.....	20

Mynd 10. Samband þurrefnisinnihalds og sýrustigs í heysýnum úr flatgryfjum 2020.....	23
Mynd 11. Áætlaður tími frá slætti til hirðingar. Stundum líður lengri tími vegna óhagstæðra veðurskilyrða.....	24
Mynd 12. Flokkun vélbúnaðar sem bændurnir nota við hirðingu á heyinu.....	25
Mynd 13. Áhrif tækjabúnaðar á sýrustig. Sýrustig gróffóðurs virðist vera stöðugra í kringum 3,7-4,2 ef hirt með múgsaxara en ef notaður er heyhleðsluvagn.....	25
Mynd 14. Íblöndunarefni sem bændurnir notuðu sumarið 2020.....	26
Mynd 15. Tími frá því að fyrsta vagni er keyrt í flatgryfjuna þangað til henni er lokað.....	27
Mynd 16. Plast notað við lokun á flatgryfjum og fjöldi bændur sem nota sandpokar og farg til að hindra aðgengi súrefnis.....	28
Mynd 17. Fjöldi flatgryfja á búum sem tóku þátt í verkefninu.....	30
Mynd 18. Létt yfirbygging með PVC-dúk.....	37

1 Inngangur

Flatgryfjur eru vinsæl leið til að geyma gróffóður, meðal annars í V-Evrópu og Bandaríkjunum. Erfitt getur reynst að nota erlendar flatgryfjur sem fyrirmynd þar sem fóðurþörfin á búum hérlandis er minni en víða erlendis. Því var lagt af stað með verkefni um flatgryfjur, hönnun þeirra og verklagið í kringum þær í mars 2020. Lögð var áhersla á að kanna reynslu íslenskra bænda af heyverkun í flatgryfjum. Haft var samband við bændur víðs vegar um landið sem verka hey í flatgryfjum og óskað eftir þátttöku þeirra í verkefninu. Þátttökubúin urðu 17 talsins og er þeim bændum sérstaklega þakkað fyrir samstarfið og að veita aðgang að sínum búum. Verkefnið er styrkt af þróunarfé nautgriparættarinnar.

Einn mikilvægur kostur við að verka hey í flatgryfjum er að hægt er að búa til mjög einsleitt fóður. Hey af mismunandi túnnum er þjappað í lögum og þegar tekið er úr flatgryfjunum er tekið þversnið heys af öllum túnunum. Áhugi fyrir heyverkun í flatgryfjum er vaxandi á Íslandi og getur það verið vegna stækkandi búa og meiri tæknivæðingar við fóðrun, en umhverfisvitund hefur eflaust líka eitthvað að segja. Í nýútkominni skýrslu frá Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins um plastnotkun í landbúnaði var áætlað með hjálp reiknilíkans að spara megi allt að 90% plasts með því að heyja í flatgryfjur miðað við hefðbundnar rúllur (Berglind Ósk Alfreðsdóttir o.fl., 2020).

Verkunin var fín í öllum flatgryfjunum sem skoðaðar voru, að undanskilinni einni flatgryfju en þær skemmdir má rekja til skemmda á yfirbreiðslu. Þurrkstig heysins reyndist mun meira en mælt er með erlendis, sem þýðir minni verkun þess, sem leiðir til aukinnar hættu á hitaskemmdum. Notkun íblöndunarefna var almenn og er mikilvægt að velja rétt íblöndunarefni miðað við þurrkstig. Erfitt er að álykta mikið út frá niðurstöðum en þó virtist tækjabúnaður hafa áhrif á verkun og gæði.

1.1 Verkunarferli og heygæði

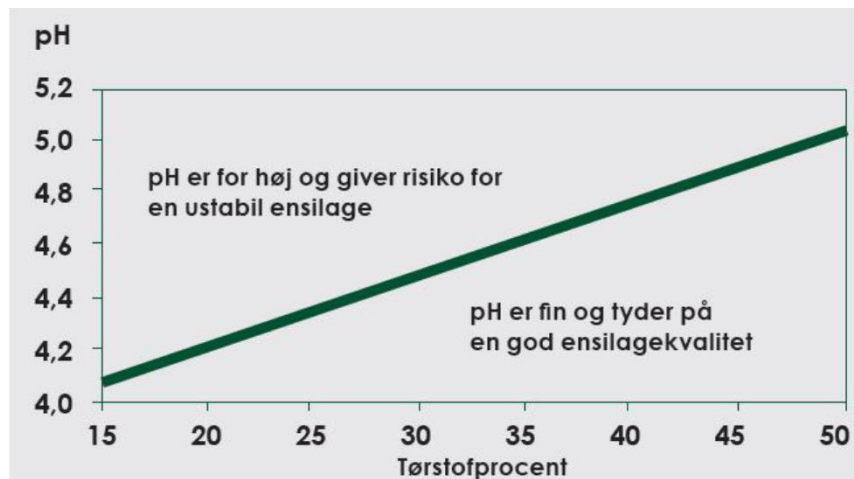
Markmiðið með heyverkun í flatgryfjum er að tryggja algjörlega súrefnissnauða gerjun og jöfn heygæði. Kolvetnin brotna niður og gefa margar lokaafurðir, sem viðhalda næringarefnum sem mest. Mælingar á sýrustigi og mælingar á magni síra og alkóhóli eru þær mælingar sem gefa til kynna hvers konar gerjun á sér stað í heyinu. Efnagreiningar segja til um næringargildi og hvaða næringarefni hafi haldist út gerjunarferlið. Til að fá nákvæma mynd af því hvaða næringarefni tapast þyrfti að taka hirðingarsýni til samanburðar (Kung o.fl., 2018).

Þrátt fyrir að efnaferlar séu fljótir að jafnast út í flatgryfju nokkrum vikum eftir að henni hefur verið lokað, er einhver hluti stæðunnar sem heldur áfram að verkast í nokkra mánuði.

Þetta er lítill hluti en þó mikilvægur og getur haft áhrif á gæði gróffóðursins. Niðurstöður á efnagreiningum og mælingar á sýrum geta sagt okkur til um hvort gæðin séu mikil, í meðallagi eða lítil og útskýrt þætti sem eru mismunandi eftir því hver gæðin eru. Til dæmis getur gerjunin stjórnast af mismunandi áhrifaþáttum eins og þurrefnisprósentu, hvötum í flatgryfjunni, kolvetna/sykrumagni og tegund ríkjandi örvera í ferlinu. Verkferlar eins og hversu hratt er sett í stæðuna, þjöppun, íblöndunarefni, söxun (stubblengd), gerð og verkferill við lokun á stæðunni og verkferlar við gjafir úr stæðunni geta haft áhrif á gerjunina og gæði fóðursins (Kung o.fl., 2018).

Aðgengilegur sykur og niðurbrotshraði hans er lykilatriði við votheysverkun. Mjólkursýrubakteríur þurfa sykur til að framleiða mjólkursýru og ediksýru, meginsýrurnar sem tryggja geymsluþol heysins. Talið er að ef sykurinnihald fullverkaðs votheys sé meira en 2% þá hafi verið nóg af aðgengilegum sykri. Því þurrefnisríkara hey sem fer í flatgryfjuna, því minna er af aðgengilegum sykri. Hátt sykurinnihald í lokaafurðinni getur valdið skaða. Aðgengilegur sykur og aðgangur að súrefni eru lykilþættir fyrir vöxt gersveppa. Þegar vöxtur gersveppa fer af stað verða til koltvísýringur (koldíoxíð), vatn og hiti. Gersveppir framleiða ekki eitur en hitamyndun eykur líkur á vexti myglu sem getur framleitt eitur. Bæði gersveppir og myglusveppir þurfa súrefni til vaxtar. Því þarf fyrst og fremst að tryggja að aðgengi súrefnis haldist í lágmarki á hverjum tíma (Thøgersen, 2008).

Sýrustig heys í flatgryfjum hefur verið notað til þess að meta verkun þess. Sýrustig eða hlutföll sýra getur sagt mikið til um hvaða gerjun átti sér stað og hvort um hafi verið að ræða rétta verkun. Sýrustig, ásamt öðrum þáttum, er mælikvarði á heygæði þar sem þurrefnisprósenta er <35%. Á mynd 1 má sjá samband þurrefnis og sýrustigs. Við hærra þurrefnisinnihald er ekki marktækt að nota sýrustig sem gæðaviðmið en þá er notað $\text{NH}_3\text{N}\%$ í þurrefni (Kung o.fl., 2018). Í töflu 1 má sjá samband heygæða og innihalds $\text{NH}_3\text{-N}$ (g/kg N).



Mynd 1. Samband þurrefnis og sýrustigs. Ef sýrustig er hærra en lesið gildi við ákveðið þurrefnisstig er líklegt að gróffóðrið sé ekki nógu stöðugt þegar verið er að opna. Ef sýrustigið er undir línunni teljast heygæðin góð (DLG, 2016).

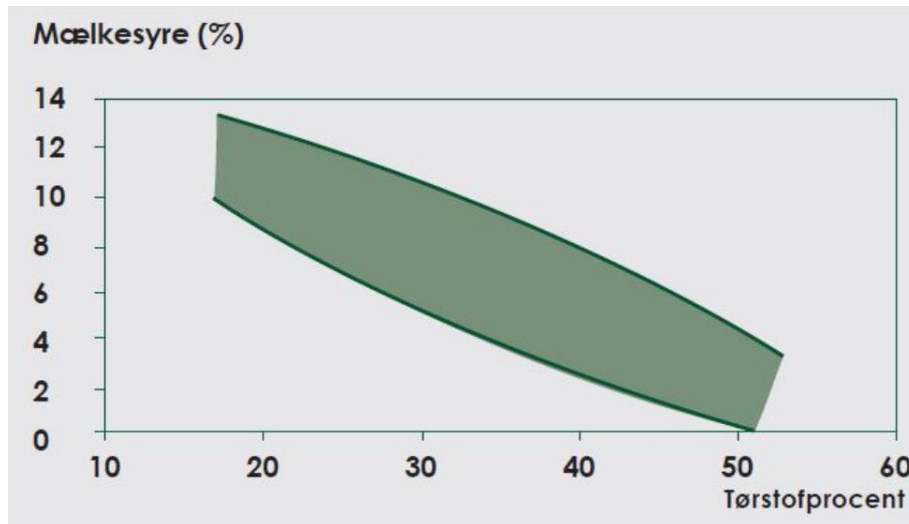
Tafla 1. Viðmið fyrir innihald $\text{NH}_3\text{-N}$ í g/kg N og áhrif þess á heygæði (DLG, 2016).

Heygæði	$\text{NH}_3\text{-N}$ g/kg N
Úrvals	< 60
Góð	60-80
Sæmileg	80-100
Léleg	100-120
Mjög léleg	> 120

Margir þættir geta haft áhrif á sýrustigið. Lágur umhverfishiti getur hægt á gerjun heysins í flatgryfjunni og hækkað sýrustigið. Loftháðar skemmdir af völdum sveppa, geta einnig hækkað sýrustig í flatgryfjum, og skemmdir verða meiri eftir því sem hitastig umhverfisins er hærra. Í flatgryfjum þar sem þurrefni er undir 30% geta clostridium bakteríur umbreytt mjólkursýru í smjörσύru sem veldur hærra sýrustigi. Það getur gert fóðrið ólystugt fyrir gripina eða jafnvel skemmt fóðrið. Sérstaklega þarf að hafa varann á vegna gæða heysins ef þurrefnisinnihaldið er lægra en 30%, til að forðast grómyndun (Kung o.fl., 2018).

Innihald af mjólkursýru á að skoða samhliða þurrefnisstigi fódursins. Á mynd 2 má sjá að í blautara fóðri er þörf fyrir hærra innihald mjólkursýru til að tryggja fódurgæðin (DLG, 2016). Hins vegar getur meira en 8% mjólkursýra í þurrefni haft áhrif á át gripa. Mikil ediksýra hefur einnig áhrif á át gripa og er mælt með að hún sé um 1-3% af þurrefni. Ediksýra er þó mikilvæg fyrir geymsluþol eftir opnun þar sem hún hægir á hitamyndun og þar af leiðandi skemmdum. Smjörσύra ætti ekki að finnast í vel gerjuðu og vel verkuðu gróffóðri, en hún gefur til kynna að óæskilegar bakteríur séu að hreiðra um sig í flatgryfjunni. Sumar þessara baktería gerja sykurlausu til að búa til smjörσύru en einhverjar gera það á kostnað mjólkursýrunnar. Fyrir utan

Það geta þessar bakteríur hækkað sýrustig, $\text{NH}_3\text{-N}$ og leysanleika próteina. Líkurnar á skemmdum af völdum þessara baktería minnka töluvert þegar þurrefnið er yfir 30-35% og mjólkursýrugerjunin gerist hratt og örugglega. Ennfremur veldur framleiðsla smjör- og ediksýru auknu þurrefnistapi og lækkun á orku. Tíminn sem það tekur að fylla flatgryfjuna eða hirða heyið getur haft áhrif á gerjunina og þ.a.l. bakteríugerjun. Jarðvegs- og búfjáraburðarmengun eru einnig ástæða þess að clostridium bakteríur komast á skrið í flatgryfjunni (Kung o.fl., 2018).



Mynd 2. Æskilegt mjólkursýruinnihald miðað við þurrefnisinnihald (DLG, 2016).

Hlutfall mjólkursýru og ediksýru hefur verið notað til að meta heygæði í flatgryfjum. Hlutfallið þarf að vera 2,5:1 til að heyið teljist gott (Kung o.fl., 2018) og hey með hlutfallið 5:1 telst úrvalshey (DLG, 2016). Íblöndunarefni sem örva eingöngu framleiðslu mjólkursýru gera það á kostnað ediksýru og getur hlutfallið því hækkað örlítið við notkun slíkra efna. Hækkunin er það lítil að hún á ekki að koma niður á gæðum gróffóðursins. Gróffóður með mjög hátt mjólkursýru:ediksýru-hlutfall kann að vera óstöðugra við opnun flatgryfju (Kung o.fl., 2018).

Ítarlegra efni um heyverkun má nálgast í skýrslu Þórodds Sveinssonar o.fl. (2002).

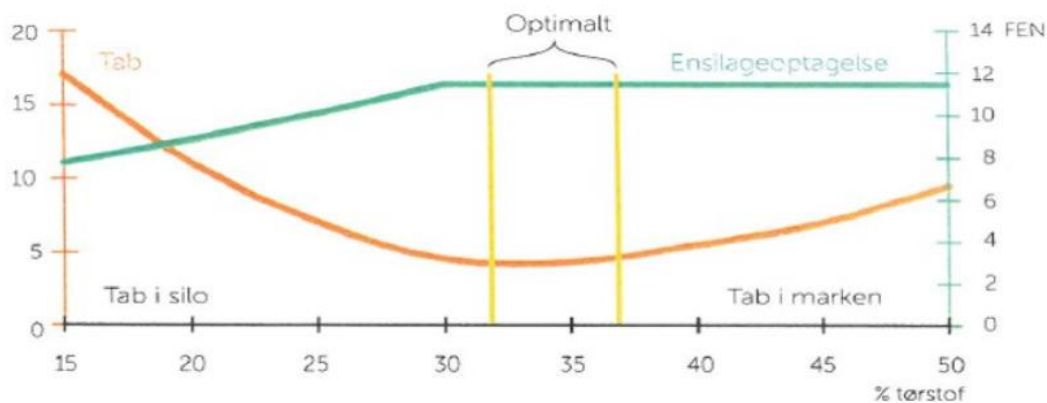
1.2 Heyskapur

1.2.1 Sláttur og hirðing

Sláttur og hirðing er mikilvægur þáttur, ásamt mörgum öðrum, þegar kemur að verkun fóðurs. Með auknum þroska plantna og auknu tréni minnkar næringargildið og próteinið minnkar. Meltanleikinn lækkar og þar með orkugildi fóðursins. Aðeins er misjafnt milli grastegunda hversu hratt þessar breytingarnar verða eftir skrið. Með hækkandi trénisinnihaldi verður fóðrið grófara og stönglarnir harðna. Þetta gerir það að verkum að erfðara er að þjappa heyinu í

flatgryfjurnar. Meira súrefni festist í flatgryfjunni og veldur því að röng gerjun á sér stað (Kung o.fl., 218). Enn fremur minnkar sykurinn í grasinu með auknu þroskastigi plöntunnar, en sykur er aðalorkugjafi bakteríanna við gerjunina. Því er sláttutími mikilvægur þáttur við heyverkun í flatgryfjum. Með tilliti til verkunarhæfni og næringarefna er heppilegast að slá grasið rétt fyrir skrið (Svensk mjólk, 2003).

Þegar heyjað er í flatgryfju þarf að gæta þess að þurrka heyið ekki of mikið, en verkunarferlinu lýkur fyrir í þurru heyi. Það hefur neikvæð áhrif á myndum gerjunarafurða sem getur dregið úr geymsluþoli við opnun flatgryfja (Kristensen og Thøgersen, 2015; Thøgersen, 2008). Því ber að gæta þess að forþurrka grasið ekki meira en í 30-40% þurrefni (Bolton og Holmes, 2004; Hegsett, 2013; DLG, 2020). Kjörþurrefnisinnihald fyrir mjólkursýrubakteríur er um 35% og þá er einnig minnsta fódurtapið. Mynd 3 byggir á fjölda rannsókna og sýnir hún áhrif þurrefnisinnihalds á fódurtap og fódurát gripa. Minnsta fódurtapið er við um 32-37% þurrefni og einnig má sjá að átið í fódureiningum (FEN) hættir að aukast þegar þurrefni fódursins fer yfir 30% (DLG, 2020 skv. Mikkelsen 2017). Samkvæmt Martin Mikkelsen (munnleg heimild, 2021) verður verkun heys í flatgryfjum best við 30-37% þurrefni og betra er að binda þurrara hey í bagga og pakka.



Mynd 3. Samband þurrefnis (%) við fódurtap (%) og át kúa (fódureiningar). Æskilegast er að þurrefnisinnihald heysins sem á að verka í flatgryfju sé á bilinu 32-37% með tilliti til fódurtaps og áts (DLG, 2020 skv. Mikkelsen, 2017).

Tækjabúnaður og söxun geta haft mikil áhrif á hvernig tekst til við þjöppun. Í Svíþjóð er algengt að knosa grasið við slátt. Með knosun má stytta þurrktíma og næringarefni verða aðgengilegri fyrir mjólkursýrugerlana. Það getur aukið fódurtap á velli að snúa heyi sem er farið að þorna þannig að blöðin sem þorna hraðast fari að molna, Hættan á þessu er meiri þegar slegið er með knosara. Breiðir knosaðir sláttuskárar stytta þurrktímann og ef slegið er í þurrki er ekki

þörf að snúa því heyi. Stilla þarf breidd múgans þannig að ekki sé ekið í slægjunni. (Svensk mjölk, 2003).

Í Danmörku er algengast að nota múgsaxara við hirðingu. Samanburður á fimm tegundum heyhleðsluvagna og einum múgsaxara sýndi að gera má gæðagróffóður með báðum þessum hirðingaraðferðum (Høy o.fl., 2010). Ef viðhöfð eru góð vinnubrögð við að dreifa heyinu í flatgryfjuna, þjöppun og frágang. Hins vegar er hráefnið betra til verkunar ef notaður er múgsaxari. Þá lækkar sýrustigið hraðar og mjólkursýruinnihald er hærra þegar heyið er tekið af vellinum með múgsaxara en með heyhleðsluvögnum. Er það vegna betri söxunar á heyinu og þá verður sykurrinn aðgengilegri fyrir mjólkursýrugurlana. Hagkvæmi heyhleðsluvagna ræðst sérstaklega af vegalengd frá túni að flatgryfju. Ef langt er frá túni að flatgryfju þá er hagkvæmast að nota múgsaxara með frákeyrsluvögnum, annars fer of mikill tími í flutning og of lítil tími nýttist á túninu og þar með verða afköstin of lítil. Fasti kostnaðurinn lækkar töluvert eftir því sem fódureiningunum sem teknar eru upp, fjölgar (Høy o.fl., 2010). Það þýðir að kostur getur verið að vera fleiri um einn heyhleðsluvagn ef um smærri bú er að ræða, eða nota þjónustu verktaka.

Talið er að stubblengd geti haft áhrif á verkun heys í flatgryfjum. Hey þjappast betur eftir því sem það er saxað smærra (Kung o.fl., 2018). Þó tókst ekki að sýna fram á það í danskri rannsókn að rúmþyngd væri meiri í flatgryfjum eftir því sem söxunin væri meiri. Er það væntanlega vegna mjög góðrar þjöppunar í öllum flatgryfjunum sem rannsóknin náði til. Trénisinnihald og þurrefnisstig virðast hafa meiri áhrif á heyverkunina og rétt er að saxa heyið betur við herra þroskastig og þurrefnistig (Kristensen og Thøgersen, 2015). Stubblengd er mikilvægari fyrir kúna með tilliti til áts en ekki eru til eiginleg viðmið fyrir stubblengd. Viðmið fyrir alfalfa í Ameríku ef notaður er hristikassi (e. Penn State Particleseparator) er að 15-25% eigi að vera af lengdinni >19 mm, 30-40% 8-19 mm og 40-50% <8 mm. Í danskri rannsókn með smárablöndu var mun stærri hluti >19 mm (Høy o.fl., 2010). Á múgsöxurum og heyvögnum getur verið stillanlegt hnífaborð, þar er hægt að stilla stubblengdina með fjölda hnífa. Mælt er með því að hafa alla hnífa uppi og brýna hnífana fyrir heyskapartímann. Høy o.fl. (2010) sáu ekki mikinn mun á stubblengd milli fimm mismunanda heyhleðsluvagna með 43-54 hnífum. Hins vegar var hey tekið með múgsaxara mun meira saxað og stubblengd minni.

1.2.2 Íblöndunarefni

Nokkuð er umdeilt hvort þurfi að nota íblöndunarefni við votheysgerð og hvort ávinningur af notkun þess sé meiri en tilkostnaður. Ekki á að vera þörf fyrir íblöndunarefni þegar vinnubrögð eru markviss og ef að hráefnið tryggir góða verkun. Lykilatriði er gerjunarhæfni hráefnisins og

loftfirrðar aðstæður. Íblöndunarefni getur hins vegar gert verkunina öruggari og aukið lystugleika fóðursins ef verkunin tekst vel. Þegar þurrefnið er hærra en 55% er lítil ávinningur að nota íblöndunarefni. Þá verður ekki nægileg votverkun í fóðrinu og því hefur íblöndunarefnið takmörk áhrif á verkun og geymsluþol fóðursins (Unnsteinn Snorrason, 2016).

Til eru nokkur gerðir af íblöndunarefnum. Ólífræn íblöndunarefni byggja á ólífrænum efni eins og própíónsýru, edíksýru, benzoati, sorbati og acetati. Þessi efni hemja ger- og mygluvöxt. Í Noregi er mælt með að nota ólífræn íblöndunarefni, en vert er að taka fram að þurrefnisstigið í heyið þar er oftast töluvert lægra en tíðkast á Íslandi (Heggset, 2013; Randby og Bakken, 2021). Annað efni í þessum flokki er nítrít sem dregur úr clostrídíu- og gróvexti. Hexamethylentetramin má nota til að hemja överuvöxt og þar með líka próteinniðurbrot. Nítrít og hexamethylentetramin á eingöngu að nota við lágt þurrefnisinnihald (<30%) (Mikkelsen o.fl., 2020) þar sem er talsverð hættu á örveruvexti (Kung o.fl., 2018). Sum íblöndunarefni innihalda ensím sem á að gera kolvetnin aðgengilegri fyrir mjólkursýrugerlana (Mikkelsen o.fl., 2020). Hérlandis eru þó algengust íblöndunarefni sem innihalda annars vegar eingerjandi mjólkursýrugerla (e. homofermentative lactobacillus) og hins vegar fjölgerjandi mjólkursýrugerla (heterofermentative lactobacillus). Eingerjandi mjólkursýrugerlar hvetja framleiðslu mjólkursýru sem lækkar sýrustig gróffóðursins hratt og hægir þar með á próteinniðurbroti. Framleiðsla mjólkursýru er á kostnað edíksýru og það hefur neikvæð áhrif á stöðugleika fóðursins þegar það kemst í snertingu við súrefni (aerob-stöðugleika). Fjölgerjandi mjólkursýrugerlar hvetja hins vegar framleiðslu edíksýru sem hefur þau áhrif að heyið verst betur aðkomu súrefnis, t.d. við opnun og gjafir. Á markaðnum er íblöndunarefni sem samanstendur af hvoru tveggja ofan nefndu (Kung o.fl., 2018; Mikkelsen o.fl., 2020).

Það er góð regla að vita hverju sinni til hvers íblöndunarefni er sett í heyið. Er það til að tryggja góða og hraðari verkun með því að lækka sýrustig eða er það til að hindra hitamyndun? Samkvæmt Thøgersen (2017) er aðeins marktækt gagn af að nota íblöndunarefni til að hindra hitamyndun í flatgryfjum, þá sérstaklega eftir opnun. Það á sérstaklega við þegar þurrefnisinnihaldið er hærra en 35%. Þá er best að nota fjölgerjandi mjólkursýrugerla. Ef þurrefnisinnihaldið er hins vegar lágt getur verið kostur að nota eingerjandi mjólkursýrugerla (DLG, 2020).

Ítarlegra efni um íblöndunarefni má nálgast í BS-verkefni Helga Eyleifs Þorvaldssonar (2012), grein Unnsteins Snorrasonar (2016) og Heggset (2013).

1.2.3 Þjöppun

Góð þjöppun á heyinu er lykilatriði við votheysverkun í flatgryfjum. Ekkert plast er 100% loftþétt og alltaf er sá möguleiki fyrir hendi að frágangur á einstaka stað hafi ekki verið nægilega góður. Því má minnka líkur á súrefnisleka inn í flatgryfjuna með góðri þjöppun (Randby o.fl., 2020). Því betri þjöppun því minna fódurtap (Bolton og Holmes, 2004). Enn fremur má fullnýta plássið með því að þjappa vel, en með góðri þjöppun eru fleiri fódureiningar (FEN) í hverjum rúmmetra (Landbrugsavisen, 2020). Þéttleiki heysins ræðst af nokkrum meginþáttum, 1) þurrefnisinnihald heysins, 2) strálengd, 3) þykkt heylagsins (e. crop layer thickness) 4) þyngd þjöppunarvéla og 5) tími notað við þjöppun á tonn hey (Bolton og Holmes, 2004; Randby o.fl., 2020).

Mikilvægt er að nota þungar vélar við þjöppun í flatgryfjum. Í rannsókn Randby o.fl. (2020) sást að það má auka þéttleika þurrefnisins (e. drymatter density) eftir því sem þjappað er með þyngri vélum. Í rannsókninni var annars vegar notuð dráttarvél með þyngingum, samtals 8,3 tonn og hins vegar hjólaskófla með stæðugaffli, samtals 14,5 tonn. Ef heyið er tekið mjög blautt getur verið óhentugt að nota mjög þungar vélar. Þá eru meiri líkur á að næringarefni endi sem frárennsli við þjöppunina (Randby o.fl., 2020 skv. Savoie o.fl., 2003). Breidd dekkja á vél sem notuð er við þjöppun getur skipt máli því breið dekk dreifa þunganum meira og þjöppun á flatareiningu verður minni en ef mjórri dekk eru notuð. Til eru reglur varðandi þyngd á þjöppunarvélum og afköst við þjöppun. Ein reglan hljómar þannig að deila skuli 18 með þyngd véla og það segi hversu langan tíma þarf til að þjappa 1 tonn af blautu heyi. Ef vélin er 10 tonn þá þarf að nota $(18/10=)$ 1,8 mínútur við þjöppun á hvert hirt tonn heys. Það þýðir að það er hægt að hirða $(60/1,8=)$ 33 tonn af heyi á klukkutíma (Curtis, 2010). Önnur regla segir að fyrir hvert tonn fódurs sem hirt er á klukkutíma þurfi 0,5 tonna þjöppun. Það er að segja að ef þjöppunarvélin er 10 tonn þá má að hámarki hirða 20 tonn af heyi á klukkustund (Bjarni Guðmundsson, 2013).

Ekki má freistast til að hafa heylagið þykkra eftir því sem þjappað er með þyngri vél. Þjöppunin nær aðeins um 15-20 cm niður í heyið og því ber að dreifa vel úr því. Mikilvægt er að dreifa heyinu í þunnum lögum og þjappa á milli. Talið er að heppilegast sé að hvert lag sé 5-10 cm, en því þykkra lag, því minni þjöppun (Landbrugsavisen, 2020). Pinnatætari sem er til á mörgum búum í dag getur verið góður til að dreifa og jafna úr heyinu fyrir þjöppun í flatgryfjum. Einnig eru til á markaðnum tæki sem eru smíðuð með votheysverkun í flatgryfjum eða stæðum í huga, sjá mynd 4. Sumir heyhleðsluvagnar eru með vals eða tromlu sem losar heyið í sundur og dreifir úr því þegar vagninn er losaður. Betra er að dreifa úr heyinu með

göfllum en skóflu á dráttarvél. Með betri dreifingu verður þjöppunin betri. Bestur árangur næst við þjöppun ef hægt er að losa úr heyhleðsluvagninum yfir alla gryfjuna. Þá þarf einnig styttri tíma til að dreifa úr heyinu sem gefur meira tími til þjöppunar (Bolton og Holmes, 2004).



Mynd 4. Stæðuvalti sem auðveldar þjöppun á heyi í flatgryfjum.

Í flatgryfjum með endaveggi er mælt með að byrja áfyllingu innst. Stæðan verður þá þykkust þar í byrjun og þynnist er utar dregur, þannig er unnið áfram þangað til flatgryfjan er full. Best er að fylla og loka flatgryfjunni sama dag. Það krefst mikilla afkasta sem ekki allir ráða við. Ef ekki er hægt að keyra allt inn sama dag má minnka fóðurtapið með því að breiða plast yfir það sem komið er í flatgryfjuna og fergja þannig að það fjúki ekki. Daginn eftir er plastið tekið af og haldið áfram að þjappa í flatgryfjuna (Bolton og Holmes, 2004). Vert er að hafa í huga að hafa yfirborðið á útigryfjum kúpt til að forðast að vatn geti safnast fyrir á plastinu (Holmes og Muck, 2004).

1.2.4 Frágangur

Það er lykilatriði að loka flatgryfju strax eftir að áfyllingu lýkur. Hætta er á að töluvert tapist af þurrefni og lífrænu efni ef flatgryfjunni er ekki lokað strax eftir þjöppun (Bolsen o.fl., 1993). Ef gat kemur á plastið þarf að loka því strax til að hindra aðgengi súrefnis (Bolton og Holmes, 2004).

Algengast er að loka flatgryfjum með sérframleiddu stæðuplasti (125-150 μm þykkt). Oftast er notað þunnt undirplast (40 μm þykkt) undir stæðuplastið, sem lagar sig vel að gróffóðrinu. Með því að nota bæði stæðuplast og undirplast má betur tryggja loftfirrt umhverfi í flatgryfjunni. Mikil þróun er í plastframleiðslu vegna umhverfisáhrifa plastnotkunar og margt hefur verið prófað gegnum tíðina en plast virðist enn þá besta lausnin (Bolton og Holmes, 2004; Hauge o.fl., 2018)). Til er á markaðnum stæðuplast með innbyggða himnu sem hefur þann

eiginleika að súrefnisgegnræpi plastins er minna og plastið mun þynnra (80 µm þykkt) en venjulegt stæðuplast. Þó svo að það sé þynnra virðist það ekki hafa neikvæð áhrif á heygæði miðað við að nota venjulegt stæðu- og undirplast (Hauge o.fl., 2018). Einnig eru nýkomnir á markaðinn fjölnotadúkar sem rúlla má upp eftir því sem flatgryfjan er opnuð. Til eru nokkrar gerðir slíkra dúka sem eru ýmist sjálfkeyrandi eða drifnir af dráttarvél (Easy silage, e.d.; Kornet beton, e.d.). Fjölnotadúkinn er einfalt að leggja á flatgryfjuna og taka af og fylgir honum mikil vinnusparnaður. Saltvatn er notað til að þyngra dúkinn og er áfylling og tæming hans einföld. Tækjabúnaðurinn sem er notaður við að loka flatgryfjum með fjölnotadúk má ætla að dragi úr fallhættu (Kornet beton, e.d.). Hins vegar er líklegt að þessi lausn henti ekki á snjóþungum stöðum þar sem búnaðurinn keyrir annað hvort meðfram veggjum eða á brautum ofan á veggjum.

Best er að nota alltaf plast á veggi þar sem steypa andar smávegis. Þetta er hins vegar ekki einungis gert til að hindra aðgang súrefnis heldur jafnframt til að verja steypuna fyrir tæringu vegna sýruáhrifa úr votheyinu. Gott er að láta plastið ná sem nemur 2 m upp fyrir vegginn þannig að hægt sé að falda plastið inn yfir fóðrið, undir yfirbreiðsluna. Einnig er hægt að mála eða lakka veggi til að veita sýruvörn og lágmarka aðgang súrefnis (Nielsen, 2009). Algengt er að nota farg ofan á plastið og með því má minnka flæði súrefnis inn í stæðuna við opnun. Góður kostur er að nota sandsekki meðfram veggjum til að tryggja að plastið haldist á sínum stað. Ef gerðar eru rásir fyrir sandsekki nýtast þær einnig til að flytja regnvatn af plastinu. Dekk má nota sem farg ofan á plastið. Á Íslandi hafi bændur notað heil bíldekk. Hins vegar eru bændur í Danmörku hvattir til að hætta að nota heil dekk vegna hættu á að stálþræðir úr gömlum dekkjum komist í fóðrið. Stálþræðir geta líka stungið agnarsmá göt á plastið. Í staðinn er í Danmörku mælt með að nota eingöngu góðar dekkjasíður af vörubíladekkjum. Dekkjasíðurnar er líka auðveldara að vinna með og stafla en heil bíldekk (Søgaard, 2016). Þegar notaðar eru nýjar lausnir eins og fjölnotadúkar eða strappabúnaður þarf ekki að notast við sandsekki eða farg og felur það í sér mikil vinnusparnaður (Easy silage, e.d.; Kornet beton, e.d.; Silage safe, e.d.). Á mynd 5 má sjá fjölnotadúk og tækjabúnað frá Easy silage.

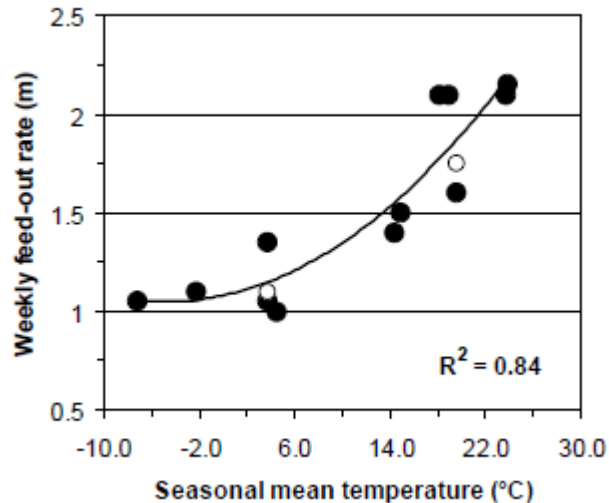


Mynd 5. Fjölnotadúk komið yfir 1. slátt áður en fyllt er á hann með vatni. Sláin fyrir ofan tengist við dúkinn til að rúlla honum af eftir þörfum við opnun.

1.2.5 Gjafir

Um leið og búið er að opna flatgryfju kemst súrefni að fóðrinu og inn í það að einhverju marki. Vöxtur gersveppa getur farið af stað við mjög lítið súrefni, því er lykilatriði að taka jafnt og þétt úr gryfjunni til að vera á undan súrefninu (Thøgersen, 2008). Mikilvægt er að fergja lausa plastið vel við opnun svo það taki ekki á sig vind og best er að skera það af jafn óðum til að forðast músagang (Bolton og Holmes, 2004).

Hitastig hefur mikil áhrif á æskilegan gjafahraða. Eftir því sem hlýrra er í veðri þarf að taka örar úr flatgryfjunni til að forðast fódurskemmdir og aukið fódurtap (Borreani og Tabacco, 2012). Samkvæmt könnun Borreani og Tabacco (2012) um áhrif hitastigs á gjafahraða þarf að fjarlægja 1 metra á viku (14 cm á dag) við 5°C hita en 1,5 metra á viku (23 cm á dag) við 14°C hita. Þessi könnun var gerð á maís og má áætla að rúmþyngd hans í flatgryfjum sé 212-267 kg þ.e./m³. Í votheyi má áætla að rúmþyngdin sé aðeins meiri, eða 255-295 kg þ.e./m³, eftir dönskum heimildum, úr 1.-4. slætti. Fleiri þættir sem spila inn í gjafahraða eru meðal annars þurrefni fódursins og þjöppun þess (Kristensen og Thøgersen, 2015). Á mynd 6 má sjá línulegt sambengi milli gjafahraða og hitastigs. Samkvæmt Veðurstofu Íslands (2020) er meðalhiti á Íslandi í kringum 5°C með ákveðnum breytileika milli landshluta, því telst eðlilegt að miða við 1 metra á veturna og 1,5 metra á heitustu dögum ársins.



Mynd 6. Samband hitastigs og æskilegs gjafahraða. Því heitara sem er í veðri því meira þarf að taka af flatgryfjum daglega til að hindra skemmdir vegna öndunar (Borreani og Tabacco, 2012).

Mikilvægt er að yfirborð stálsins sé sem sléttast eftir að búið er að opna flatgryfjuna. Því er best að nota blokkaskera eða önnur tæki sem skera, frekar en að rífa fóðrið úr stæðunni. Súrefni hefur greiðara aðgengi að fóðrinu ef það er rífið úr stálinu, þá opnast fleiri leiðir inn (Bolton og Holmes, 2004). Það er einnig góður kostur að geta skorið í gegnum plastið og niður. Þannig má sleppa við að opna meira en það sem er tekið í hvert skipti og hugsanlega hafa jákvæð áhrif á geymsluþol fóðursins (Randby o.fl., 2020).

1.3 Hönnun flatgryfja

Það er margt sem þarf að hafa í huga áður en flatgryfjur eru byggðar. Fyrst þarf að meta fóðurþörf búsins. Stærð flatgryfja þarf að samsvara fóðurþörf og gjafahraða til að tryggja að gróffóðrið skemmist ekki (Bolton og Holmes, 2004). Mælt er með því að vera alltaf með að minnsta kosti tvær flatgryfjur til að tryggja ákveðinn sveigjanleika við heyskap og fóðrun (Randby o.fl., 2020). Ef flatgryfjan er aðeins ein þarf einnig að vera með annars konar gróffóður (t.d. rúllur eða stæðu) til að brúa bilið. Einnig gengur hraðar að fylla minni flatgryfjur en eina mjög stóra og oftast er hægt að ná betri þjöppun. Enn fremur er minna yfirborð í minni flatgryfjum samanborið við stórar sem þýðir minna aðgengi fyrir súrefni. Með því að hafa fleiri minni flatgryfjur má setja ólíkt fóður, t.d. 1. slátt og 2. slátt, hvern í sína flatgryfju (Bolton og Holmes, 2004).

Staðsetning á flatgryfjum er mikilvægur þáttur fyrir gjafir og framtíðarmöguleika. Best er að þær séu eins nærri gjafastað og hægt er. Einnig þarf að vera auðvelt að komast að með tækjabúnað og heppilegast er að túnin liggi nálægt til að spara tíma og akstur við heyskap. Síðan þarf að hafa í huga hvort að svæðið sé í skjóli fyrir ríkjandi vindáttum og forðast að byggja þær

þar sem snjór á það til að safnast fyrir. Flatgryfjur undir þaki má byggja við fjósið, sem auðveldar gjafir. Varðandi framtíðarmöguleika er best að staðsetja flatgryfjur þannig að hægt sé að breyta þeim eða fjölga ef þarf (Holmes og Muck, 2004).

Ávallt er mælt með að steypa eða malbika gólfið í flatgryfjum til að minnka líkurnar á að jarðvegur berist í gróffóðrið. Steypan er viðkvæmari fyrir tæringu af sýrum sem myndast við gerjun votheys. Malbik þolir tæringu betur en steypa en þolir hins vegar verr umferð þungra véla. Best er að gólfið halli 0,5-1% til að leiða regnvatn og þegar snjór þiðnar frá flatgryfjunni. Mikilvægt er að tryggja niðurföll fyrir frárennsli bæði úr votheyinu og yfirborðsvatn. Flatgryfjur utan dyra eru sumar með tvöfalt frárennsliskerfi, annars vegar fyrir vökva úr heynu og hins vegar fyrir regnvatn. Þá er niðurföllunum fyrir regnvatnskerfið lokað þegar hey er sett í stæðuna en niðurföll fyrir vökva úr heynu höfð opin. Eftir því sem að gefið er úr stæðunni og niðurföllin koma í ljós er niðurföllunum fyrir afrennslið af stæðunni lokað og niðurföllin fyrir regnvatnið opnuð. Frárennslisvökva úr votheyinu má ekki leiða út í vötn eða læk. Þar getur hann valdið ofauðgun örvera sem brenna upp súrefni og skaða lífríkið í vatninu. Mikilvægt er að leiða frárennsli ekki ofan í haughús undir gripahúsum þar sem efnahvörf geta átt sér stað og hættuleg gös myndast (Holmes og Muck, 2004). Jarðvegur og óhreinindi geta borist í flatgryfjur meðan á hirðingu stendur, m.a. af hjólbörðum véla eða vagna eða úr næsta umhverfi og spillt verkun heysins. Þess vegna er mælt með að hafa steyp eða malbikað plan fyrir framan/aftan flatgryfjuna (Holmes og Muck, 2004; Nielsen, 2009). Planið þarf að ná að minnsta kosti 6 metra frá gryfjunni og betra er ef það nær 12 metra (Holmes og Muck, 2004).

Mikill breytileiki er í hæð veggja í flatgryfjum, en það er talið óhentugt að vera með vegg lágri en 1,8 metra. Stæður án veggja myndu henta betur þannig aðstæðum. Mælt er með að flatgryfjur séu að minnsta kosti 5 metrar á breidd til að skörun dekkja á vinnuvélum tryggi fullnægjandi þjöppun alls staðar í gryfjunni. Þá er afkastageta við heyskap meiri í flatgryfjum sem eru 9 metrar á breidd samanborið við mjórri gryfjur. Það að hafa gryfjurnar þetta breiðar auðveldar vélum með heyhleðsluvagn eða vagna að komast að og styttir tímenn við að tæma vagnana (Holmes og Muck, 2004). Veggjahæð hefur áhrif á fóðurtap og má áætla meira fóðurtap í flatgryfjum með veggjum lágri en 3,7 metra (Holmes, 2015a). Er það vegna aukins þrýstings að ofan í hærri gryfjum (Bolton og Holmes, 2004). Flatgryfjur eru ýmist með þremur veggjum eða tveimur veggjum og fer það eftir hvort um er að ræða flatgryfjur sem er keyrt í gegnum eða með endavegg. Endaveggur getur verið kostur þar sem flatgryfjan er byggð inn í hæð eða brekku. Þá má sturta úr vagni úr hæðinni og þannig forðast að jarðvegur berist í fóðrið. Fleiri kostir eru þó við að hafa flatgryfjur opnar í báða enda. Auðvelt að er dreifa fóðrinu vel út

yfir alla flatgryfjuna og hægt er að keyra í gegnum hana þegar verið er að losa vagninn. Þá þarf ekki að verja meira tíma en nauðsynlegt er í að keyra heyið í flatgryfjuna og dreifa því. Einnig er auðvelt að lengja opnar flatgryfjur í báðar áttir ef þörf er fyrir (Bolton og Holmes, 2004).



Mynd 7. Hollensk fyrirmynd með bil milli veggja. Oft er bilið fyllt með jarðvegi, sem dregur verulega úr fallhættu og gefur stuðning á vegg.

Hollensk fyrirmynd að flatgryfju (mynd 7) með 2-3 metra breiðri gönguleið milli flatgryfja sem fyllt er með jarðvegi. Með þessari hönnun má spara steypu þar sem jarðvegur milli veggja sem stutt bil er á milli styrkir og gefur stöðugleika. Stundum er sett stálbinding milli veggja til að styrkja þá enn frekar við svona aðstæður (mynd 8). Svæðið milli veggjanna dregur úr fallhættu og að auki er það góð geymsla fyrir t.d. dekk sem eru tekin af við opnun. Í flatgryfjum með veggeiningum eru veggirnir 2,5-4 metra háir og einingarnar ýmist A-, L- eða T-laga. Flatgryfjur með veggum úr hleðslusteinum eru 2-3,5 metrar á hæð og þarf að tryggja að járnabinding þeirra sé nógu mikil til að burðarþol sé nægjanlegt. Það má áætla að flatgryfjur með veggum byggðar upp af hleðslusteinum endist skemur en flatgryfjur með steiptum veggjum eða veggjum úr steiptum einingum. Gerð veggja virðist ekki hafa áhrif á heygæði svo lengi sem þeir aflagast ekki og þeir eru með nægilegt burðarþol (Nielsen, 2009). Þjöppun stæðunnar við veggina verður betri en ella ef veggirnir eru með svolitlum halla (Holmes og Muck, 2004). Það er þó verklagið við heyskapinn sem skiptir mestu máli. Það auðveldar tæmingu og þrif á flatgryfjum ef hornið við gólf er sem næst 90° og að flatgryfjan sé opin í báða enda (Nielsen, 2009).



Mynd 8. Stífing milli veggja með stálstoðum að hollenskri fyrirmynd (Nielsen, 2009).

Hér að neðan er sett upp dæmi samkvæmt reiknilíkani Holmes (2015a og 2015b). Í reiknilíkaninu má breyta forsendum eftir þörfum. Gefum okkur forsendur fyrir 65 kúa bú. Eitt mjólkurkúgildi samsvarar einni mjólkurkú með tilheyrandi uppeldi. Áætlað er að gróffóðurþörfin sé 4000 tonn þurrefnis á mjólkurkúgildi á ári eða 10,95 kg af þurrefni á dag. Þurrefnisinnihald er heppilegast á bilinu 30-45% en á Íslandi er heyið tekið heldur þurrara en erlendis, því er miðað við 41%. Rúmpýngdin er miðuð við 507 kg heys í rúmmetra, en það er í samræmi við þurrefnisinnihald. Eins og hefur komið fram þarf gjafahraðinn að vera 1,5 metrar á viku (22 cm á dag) að sumri til og þarf að miða við það við hönnun flatgryfju til að tryggja geymsluþol á heitustu dögum ársins. Fóðurtap er áætlað 15% í geymslu og 10% við fóðrun (Holmes og Muck, 2004), en breytileikinn er mikill og fleiri þættir spila þar inn. Hámarks lengd var sett við 30 metra, þar sem betra er að vera með tvær flatgryfjur en eina eins og áður var nefnt. Í töflu 2 hér að neðan má sjá forsendurnar sem settar voru inn í reiknilíkanið og niðurstöður útreikninga. Þá má sjá breidd og lengd flatgryfja miðað við mismunandi veggghæð. Hámarks veggghæð með gefnum forsendum er 4 metrar. Flatgryfja með 4 metra háum veggjum á að vera 5,7 metrar á breidd og 37,3 metrar á lengd. Lágmarks veggghæð í útreikningunum er 1,5 metrar og þá þarf flatgryfjan að vera 15,1 metri á breidd og 29,8 metrar á lengd. Þar sem fóðurtapið er mikið þegar veggirnir eru svona lágir er mælt með að hafa þá ekki lægri en 2 metra. Í töflu 2 má einnig sjá að minnsta fóðurtapið er þegar veggirnir eru 4 metra háir. Vert er að huga að aukinni slyshættu eftir því sem veggir hækka. Í dæminu hér er gert ráð fyrir að allir gripir, bæði uppeldið og mjólkurkúr, á búinu fái gróffóður úr flatgryfjum. Það er ekki endilega tilfellið eða víst að henti á öllum búum. Á sauðfjárbúi með 500 vetrarfóðraðar kindur býður reiknilíkanið aðeins upp á tvo möguleika og í rauninni aðeins einn þar sem forðast ætti veggghæð minni en 1,8 metra. Tvær flatgryfjur með tveggja metra háa veggi og 31,3 metrar á lengd eru samkvæmt reiknilíkaninu raunhæfur kostur fyrir 500 vetrarfóðraðar kindur (stytt í v.f.k. í töflunni).

Tafla 2. Niðurstöður úr reiknilíkani Holmes (2015a og 2015b) miðað við íslenskar forsendur um þurrefni og gjafahraða. Miðað er annars vegar við 65 kýr og uppeldi og hins vegar við 500 vetrarfóðraðar kindur (v.f.k.).

	65 árskýr	500 v.f.k.	Eining		
Hámarksbreidd á þjöppunarvél	2,6	2,6	m		
Dagleg fóðurþörf miðað við 65 kúa bú	712	325	kg þ.e./dag		
Fóðurtap í geymslu	15	15	%		
Fóðurtap við gjafir	10	10	%		
Rúmpyngd	512	512	kg/m ³		
Rakastig votheys	59	59	%		
Gjafahraði	0,15	0,15	m/dag		
Geymsludagar	240	240	dagar		
65 árskýr					
Vegghæð	Breidd	Lengd	Fjöldi flatgryfja	Gróffóðurmagn í flatgryfju (tonn þ.e.)	Fóðurtap (tonn þ.e.)
1,5	15,1	29,8	2	248,3	79,8
2	11,3	31,3	2	245	75,4
2,5	9	32,8	2	243	72,8
3	7,5	34,3	2	241,7	71
3,5	6,5	35,8	2	241,7	69,8
3,66	6,2	36,3	2	240,5	69,5
4	5,7	37,3	2	240	68,9
500 v.f.k.					
1,5	7	29,8	2	115	37
2	5,2	31,3	2	113,5	34,9



Mynd 9. Dæmigerð íslensk flatgryfja byggð á núnda áratugnum.

Á áttunda og níunda áratugnum voru byggðar flatgryfjur undir þaki á Íslandi eins og sú á mynd 9. Hins vegar eru nýlegar flatgryfjur allar hannaðar eftir erlendum fyrirmyndum, úti undir beru lofti og opnar í gegn. Báðar þessar útgáfur hafa sína kosti og galla. Í töflu 3 hér á eftir er raðað upp helstu kostum og göllum við inni- og útigryfjur.

Tafla 3. Helstu kostir og gallar við inni- og útigryfjur.

Yfirbyggðar flatgryfjur		Flatgryfjur án þaks	
Kostir	Gallar	Kostir	Gallar
Engin vind- og úrkomuáhrif	Erfiðari þjöppun*	Opnar flatgryfjur auðvelda jafna dreifingu heys	Vindáhrif við lokun og gjafir
Gjafir beint inn á fóðurganginn	Kostnaður við yfirbyggingu	Auðveldara að þjappa*	Úrkomuáhrif á heygæði og við gjafir
Notkunargildi ef hætt að nota undir gróffóður		Minni byggingarkostnaður	
Minni ásókn fugla			

* Fer eftir þeim tækjum sem notuð eru við þjöppun

2 Aðferðir

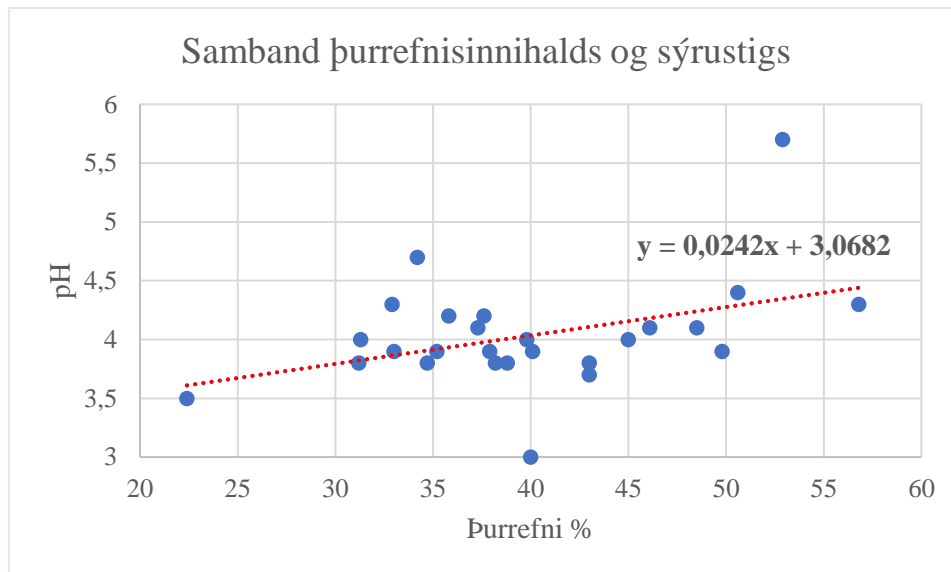
Vorið 2020 var haft samband við íslenska bændur sem verka hey í flatgryfjum. Alls tóku sautján bændur á ónafngreindum búum víðs vegar um landið þátt í verkefninu. Gerður var spurningalisti (sjá viðauka) til að kanna gerðir flatgryfja á þáttökubúunum, aðferð við slátt, hirðingu, þjöppun og notkun votheys. Sumir bændanna svöruðu spurningunum í tölvupósti og einhverjar upplýsingar vantar frá einhverjum þeirra. Farið var á nýu bú sumarið 2020 til að fylgjast með hirðingu og þjöppun í flatgryfjum. Tekin voru heysýni á öllum búunum eða fengið leyfi til að nota niðurstöður heysýna sem aðrir aðilar höfðu tekið. Einnig voru tekin sex hirðingarsýni, til að kanna heygæði við hirðingu og tap á næringarefnum við verkun. Á þrem af sautján búum er fóðrið notað fyrir sauðfé, en á hinum fyrir nautgripi. Meðalstærð búa í verkefninu var annars vegar 280 vetrarfóðraðar kindur og hins vegar 75,2 árskýr.

3 Niðurstöður

3.1 Efnagreiningar

Sumir bændanna voru búnir að fá fóðursala til að taka heysýni og í hvert skipti sem stungið er gat á plastið opnast fyrir súrefni sem getur valdið skemmdum. Því var ákveðið að biðja þá bændur, sem fengu aðra aðila til að taka heysýni, um leyfi til að nota niðurstöðurnar úr þeim í verkefninu. Það getur hins vegar valdið ákveðinni skekkju í niðurstöðunum að ekki var hægt að hafa áhrif á í hvers konar efnagreiningu þau heysýni áttu að fara. Það vantar því mælingar á gerjunarafurðum í 4 heysýnum. Þau heysýni eru með hátt þurrefni og við efnagreiningu hefði líklegast fundist lítið af gerjunarafurðum í því heyi. Því miður var ekki hægt að mæla innihald smjörsýru, en smjörsýra er góður mælikvarði á heygæði.

Á mynd 10 má sjá samband þurrefnisinnihalds og sýrustigs. Í Excel var reiknuð tilhneiging (e. trendline) og á myndinni má sjá formúluna á bak við hana. Tilhneigingin er sú að sýrustig hækkar með vaxandi þurrefni. Gagnasafnið er lítið og breytileiki talsverður og reiknast fylgni þessara þátta frekar lítil ($r=0,4$). Því þarf að gæta þess að álykta ekki of sterkt út frá niðurstöðunum um samband þurrefnisinnihalds og sýrustigs.



Mynd 10. Samband þurrefnisinnihalds og sýrustigs í heysýnum úr flatgryfjum 2020.

Innihald mjólkursýru var skoðað með tilliti til þurrefnisinnihalds skv. dönskum viðmiðum. Miðað við þurrefnisinnihald eru tíu sýni þar sem innihald mjólkursýru er of lágt. Einnig var reiknað hlutfall mjólkursýru og ediksýru og eru tvö sýni undir viðmiðum. Hlutfallið er yfir 10:1 í átta sýnum sem er ekki endilega betra.

Tekin voru 6 hirðingarsýni. Eins og við mátti búast sást að sykurinnihald lækkaði í fullverkuðu fóðri. Þegar hirðingarsýni var tekið úr heyi sem fór í eina flatgryfjuna var hitamyndun í heyinu áður en það fór í gryfjuna. Ekki var sett íblöndunarefni í flatgryfjunni þar sem búnaðurinn á vagninum bilaði. Við sýnatöku úr fullverkuðu gróffóðri í sömu flatgryfju var svólítt hiti í henni. Sýrustigið í því sýni var innan marka miðað við þurrefnisinnihald. Hins vegar var frekar lágt innihald af mjólkursýru og hlutfall mjólkursýru:ediksýru var undir viðmiðum. Það getur bent til að verkunin hafi ekki farið rétt af stað. Samkvæmt bóndanum voru ekki meiri skemmdir í flatgryfjunni en venjulega, þó svo hann byggist við að sjá meira af þeim vegna hitans í henni við sýnatökuna.

3.2 Heyskapur

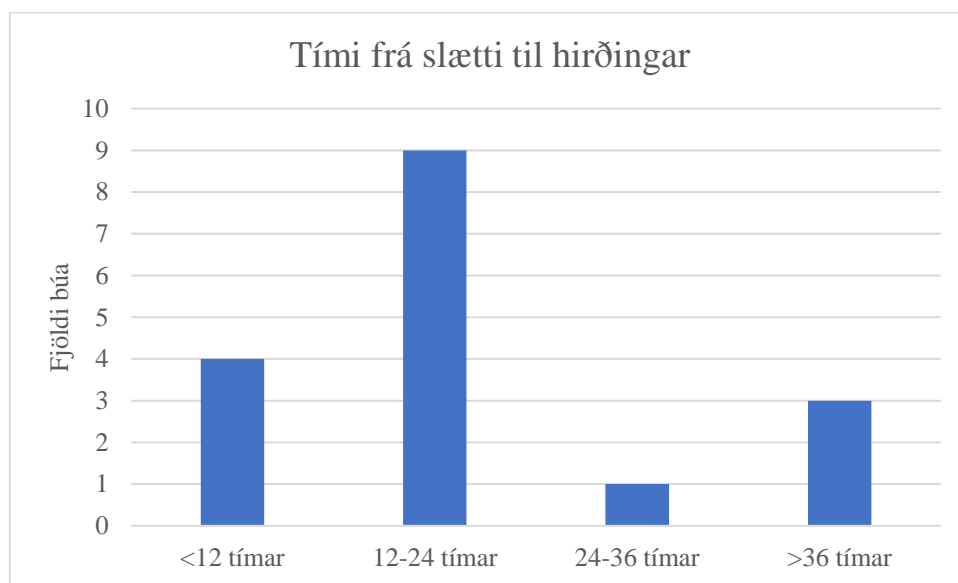
3.2.1 Undirbúningur

Hreinlæti í og kringum flatgryfjur er mikilvægt fyrir heygæðin. Allir bændurnir sem tóku þátt í könnuninni byrja heyskapinn á því að þrifa flatgryfjur og steipt plön (þar sem á við) vel.

Tveir bændur eru verktakar og nota sjö bændur verktaka við hirðingu á heyinu. Á fimm af bæjunum sjá verktakar líka um þjöppun. Á tveimur búanna vinna bændurnir saman til að hraðar gangi að keyra í flatgryfjuna, þjappa og loka.

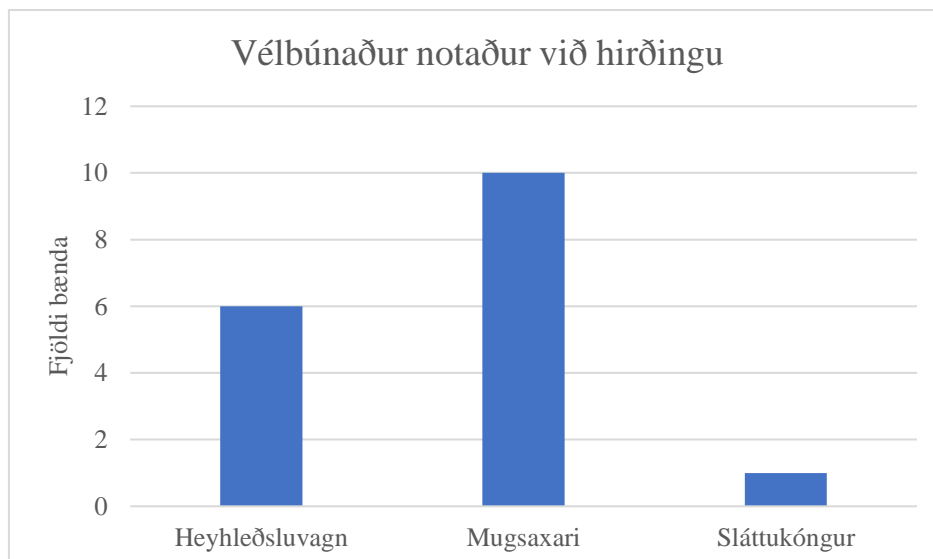
3.2.2 Sláttur og hirðing

Níu bændur slá grasið rétt fyrir skrið, en sex bændur bíða fram að skriði, einn tekur það snemma og einn lætur grasið spretta vel áður en það er slegið. Ekki var skráður sláttudagur sem hefði sagt meira um þroskastig grasa. Aðeins tveir bændur tala um að forþurrka ekki heyið en flestallir snúa a.m.k. einu sinni. Einn bóndi tekur fram að hann vilji helst hirða heyið með yfir 35% þurrefni og tveir tala um yfir 40%. Á mynd 11 má sjá áætlaðan tíma frá slætti til hirðingar samkvæmt bændunum. Stundum er ekki hægt að ná heynu á æskilegasta tíma vegna óhagstæðra veðurskilyrða. Miðað við þurrefnisinnihald í 10 heysýnum er líklegt að heyið hafi legið lengur á velli en 36 tíma.



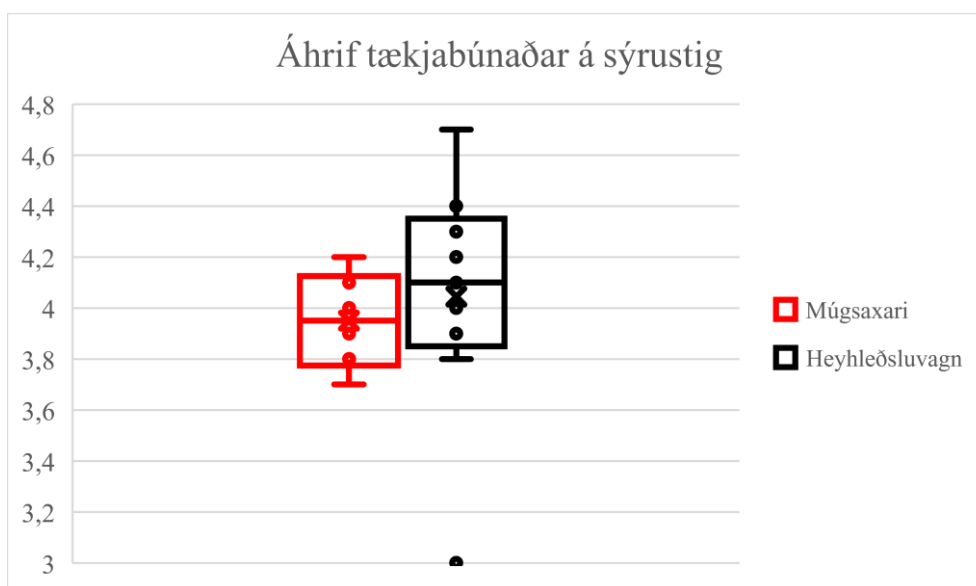
Mynd 11. Áætlaður tími frá slætti til hirðingar. Stundum líður lengri tími vegna óhagstæðra veðurskilyrða.

Á mynd 12 hér að neðan má sjá hvaða vélbúnað bændurnir nota við hirðinguna. Algengast er að þeir noti múgsaxara, en þar hefur verktakinn áhrif. Áætluð stubblengd heysins hjá þeim bændum sem nota múgsaxara er breytileg, 15 mm, 20 mm, 30 mm og 40 mm. Ekki er hægt að lesa áhrif þess munar út úr heyfagnagreiningum. Í heyhleðsluvögnunum eru mismunandi margir hnífar, 14, 23, 32, 43 eða 53. Ekki er heldur hægt að lesa áhrif þess breytileika út úr heyfagnagreiningunum. Einn bóndinn notar eldri sláttukóng sem slær grasið beint upp í vagninn, það er því ekki forþurrkað. Það er greinilegt á þurrefnisinnihaldi heysýnisins frá þessu búi.



Mynd 12. Flokkun vélbúnaðar sem bændurnir nota við hirðingu á heyinu.

Tækjabúnaður notaður við hirðingu virðist hafa áhrif á sýrustig. Mynd 13 sýnir að þegar notaður er mugsaxari er sýrustig á bilinu 3,7 til 4,2 en þegar notaður er heyhleðsluvagn er sýrustigið frá pH 3 til 4,7.

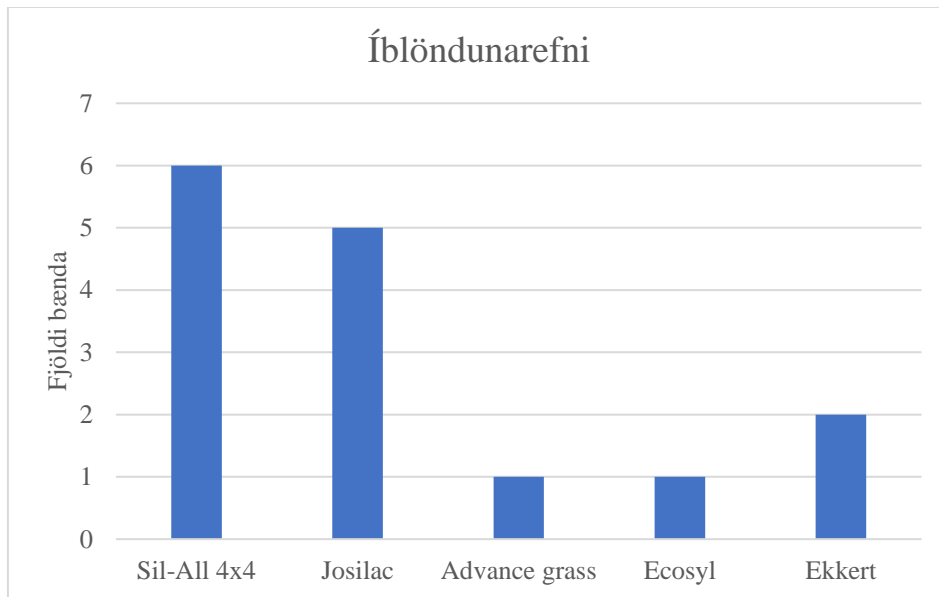


Mynd 13. Áhrif tækjabúnaðar á sýrustig. Sýrustig gróffóðurs virðist vera stöðugra í kringum 3,7-4,2 ef hirt með mugsaxara en ef notaður er heyhleðsluvagn.

3.2.3 Íblöndunarefni

Flestir bændur í verkefninu nota íblöndunarefni við heyverkunina. Aðeins tveir nota ekki íblöndunarefni. Helsta ástæðan fyrir að nota íblöndunarefni er að koma í veg fyrir myglumyndun í heyinu. Einn bóndinn er hættur að nota íblöndunarefni því honum fannst ávinningurinn ekki nógu mikill miðað við kostnað og með vönduðum vinnubrögðum megi tryggja góða heyverkun. Á mynd 14 má sjá skiptinguna eftir mismunandi íblöndunarefnum, en

Sil-All 4x4 er það íblöndunarefni sem bændurnir nota mest. Einn bóndinn prófaði „Advance Grass“ í ár en hann ætlar að nota Sil-All næsta sumar, því að það fyrrnefnda stóð ekki undir þeim væntingum sem hann gerði til þess.



Mynd 14. Íblöndunarefni sem bændurnir notuðu sumarið 2020.

Þar sem notað var íblöndunarefni var því úðað í heyið með búnaði á vagni eða múgsaxara. Sumir bændur nota mygluvörn í efsta lagið með því að setja hana bara í síðustu vagnana. Ekki virðist vera munur á heygæðum eftir íblöndunarefnum.

Tafla 4. Meðaltöl þurrefnis, gerjunarafurða og sýrustigs í heysýnum með mismunandi íblöndunarefni. Þurrefni hefur mikil áhrif á gerjunarafurðir, því verður að fara varlega í að álykta um áhrif íblöndunarefna á gerjunarafurðir og sýrustig. Einnig er gangnasafnið mjög lítið eins og fram kemur í töflunni. Viðmið byggir á nokkrum heimildum úr inngangskaflanum. Einingar eru gefnar upp sem g/kg þurrefni.

	Fjöldi sýna	Þurrefni	NH ₃ -N	Mjólkursýra	Ediksýra	Sykur	Sýrustig
Viðmið		30-40%	< 80 g/kg	30-80 g/kg*	10-30 g/kg	< 20-100 g/kg	< 4,7*
Advance grass	1	38	33	57	4	57	3,8
Ecosyl	4	41	21	28	7	37	3,8
Josilac	10	46	31	22	7	45	4,3
Sil-All 4x4	12	39	31	34	4	54	3,9
Án íblöndunarefna	2	33	42	17	3	39	4,4

*Innihald mjólkursýru og sýrustig er miðað við 41% þurrefni skv. meðalþurrefni heysýna verkefnisins.

Í töflu 4 má sjá meðaltöl gerjunarafurða, þurrefnis og sýrustigs í heysýnum með mismunandi íblöndunarefni. Ýmsir þættir hafa áhrif á gerjunarafurðir og þar á meðal er þurrefni afgerandi. Búast má við minni verkun eða gerjun og þar af leiðandi minna af gerjunarafurðum

og herra innihaldi sykurs með vaxandi þurrkstigi. Sýrustig stjórnast líka að hluta af þurrefnishlutfalli sem er afleiðing af minni verkun í heyinu.

3.2.4 Þjöppun

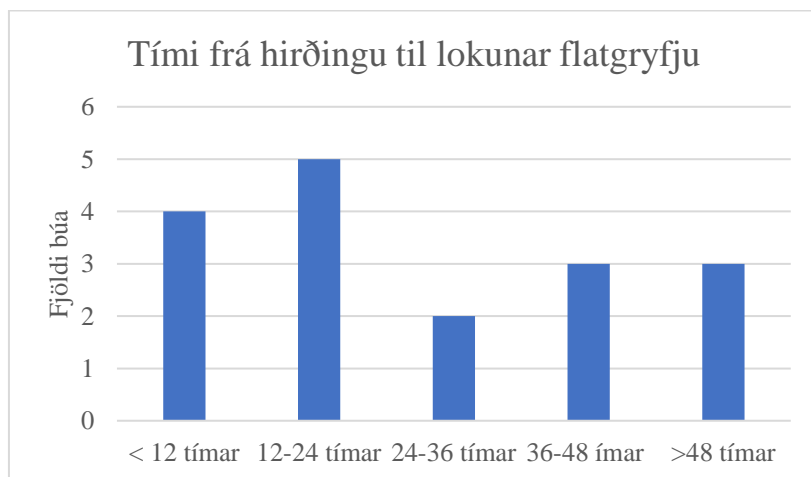
Mikill breytileiki er í aðferðum bænda við þjöppun, bæði tíma þeim sem notaður er í þjöppunina og tækjabúnaði notuðum við þjöppunina. Flestallir bændur þjappa eftir hvert hlass. Það tekur mismilangan tíma að dreifa úr heyinu og því er tíminn sem fer í að þjappa líka breytilegur. Tíminn sem tekur að sækja hvert vagnhlass fer bæði eftir afkastagetu vélbúnaðarins og fjarlægð túna frá flatgryfjum. Aðeins tveir bændur safna í þykkari lög en úr einu hlassi áður en það er þjappað, annar þjappar í 70-80 cm lögum og hinn í 50-100 cm lögum.

Meðalþyngd vélanna sem notaðar eru við þjöppun er 9,6 tonn en miðgildið er 8 tonn. Mikill breytileika er milli búna. Þyngsta vélin er 17 tonna hjólaskófla. Léttasta vélin sem er notuð við þjöppun er um 3 tonna Weidemann T4512 með göfflum til að jafna heyið út með. Tveir bændur nota stæðuvalta svipaðan og á mynd 4 í kafla 1.2.3. Reynslan er sú að þjöppunin er betri eftir að farið var að nota stæðuvalta meðal annars vegna auðveldari dreifingar. Bændur nota ýmist gaffla eða skóflur til að keyra heyið inn í flatgryfjurnar og dreifa því.

Ekki sást á efnagreiningunum að þjöppunin hefði á áhrif á heygæði. Hins vegar var ekki hægt að mæla rúmþyngd sem er þáttur sem myndi segja til um árangur þjöppunar.

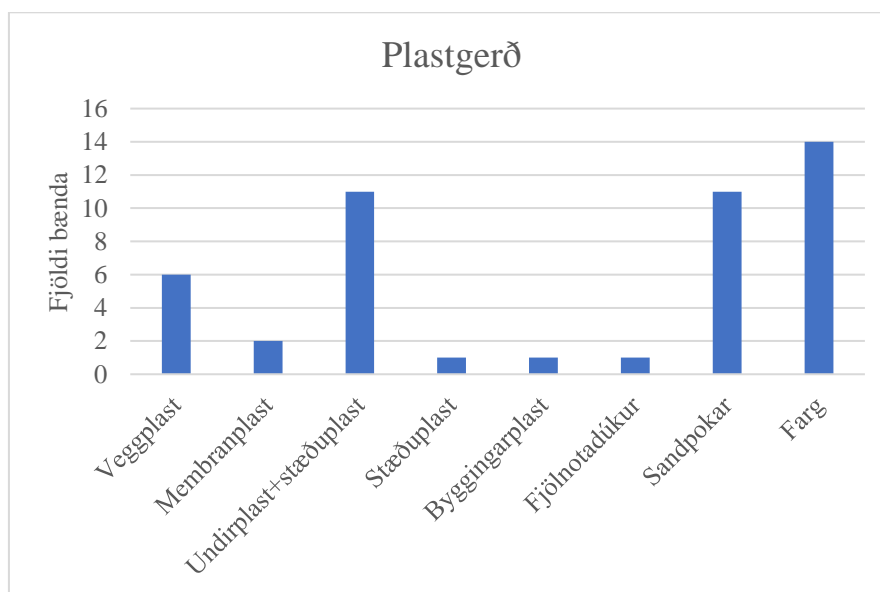
3.2.5 Frágangur

Tíminn frá hirðingu til lokunar flatgryfju var breytilegur, sjá mynd 15. Einn bóndinn segir að það geri lítið til þó flatgryfjunni sé ekki lokað fyrir en eftir viku að keyrt var í hana. Helmingur bændanna lokar flatgryfjum innan 24 tíma eftir að fyrsta vagni er keyrt í gryfjuna en hinir meira en sólarhring eftir byrjun hirðingar.



Mynd 15. Tími frá því að fyrsta vagni er keyrt í flatgryfjuna þangað til henni er lokað.

Á mynd 16 má sjá með hvers konar plasti bændur loka flatgryfjum og hvort notað er eitthvað annað til að hindra aðgengi súrefnis. Flestir bændur nota þunnt undirplast og þykkara stæðuplast eða membranplast við lokun á flatgryfjunum. Aðeins einn notar byggingaplast til að loka flatgryfju. Sex af sautján bændum nefna að þeir noti veggplast til að hindra aðgengi súrefnis. Ellefu bændur nota sandpoka til að þétta meðfram veggjum, þrír svöruðu ekki þeim lið og aðeins tveir bændur nota ekki sandpoka. Þá eru aðeins þrír bændur sem nota ekki farg ofan á plastið. Á einu búi eru bæði inni- og útigryfjur og ekki er notað farg á innigryfjuna. Einn bóndinn notar fjölnotadúk með sjálfkeyrandi vélbúnaði sem keyrir meðfram veggjunum. Ekki er sett farg eða sandpokar annað en það saltvatn sem heldur fjölnotadúknum á sínum stað.



Mynd 16. Plast notað við lokun á flatgryfjum og fjöldi bænda sem nota sandpokar og farg til að hindra aðgengi súrefnis.

Ekki sást greinilegt sambandi milli frágangs og heygæða nema vísbending í einni flatgryfju sem var lokað með byggingarplasti. Ekki var notað íblöndunarefni í þá flatgryfju og er erfitt að álykta út frá gögnunum hvað veldur hærra sýrustigi og lítilli gerjun þar miðað við þurrefnisinnihald.

3.2.6 Gjafir

Allir bændurnir nema einn gefa aðeins úr einni flatgryfju í einu. Þar sem gefið var úr tveimur var byrjað að gefa nautum úr flatgryfju til að halda nægum gjafahraða úr flatgryfjunum. Erfitt var að vera á undan súrefninu þegar heyið var einungis gefið mjólkurkúnum og kvígum.

Algengast er að bændur opni 60-100 cm í einu og er opnað 1-3 sinnum í viku. Bændur nota ýmis kubbaskera, stæðuskera eða taðkló til að taka úr flatgryfjunum.

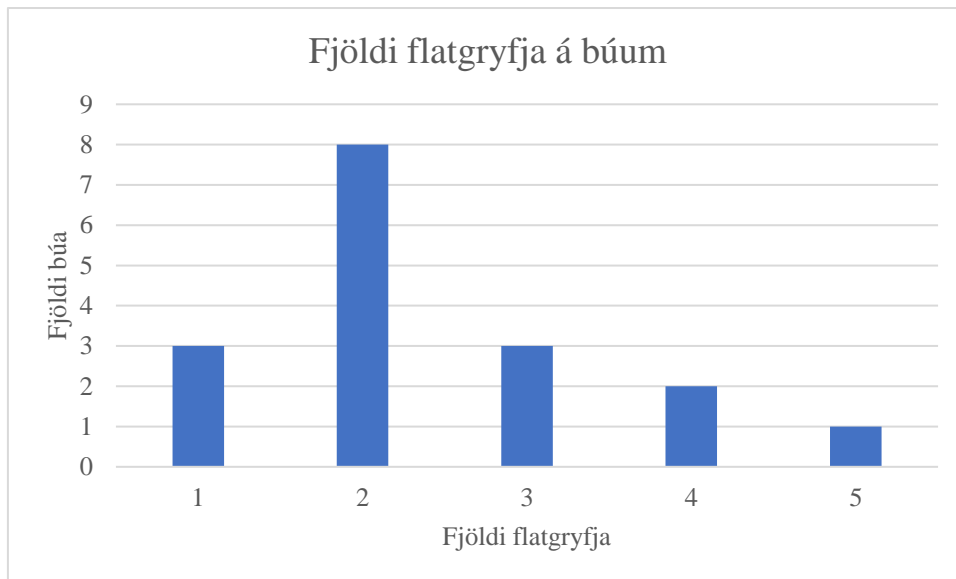
Almennt var lítið um skemmdir í flatgryfjunum samkvæmt bændunum. Þó eru alltaf einhverjar skemmdir meðfram veggjum í efsta laginu. Oftast ná bændur að vera á undan súrefninu og lítið er um að það hitni í flatgryfjunum vegna þess að of hægt er gefið úr þeim.

Við opnun á einni flatgryfju í verkefninu fundust miklar skemmdir og mikil hitamyndum var í heyinu. Ákveðið var að taka tvö heysýni úr flatgryfjunni, annars vegar úr skemmda hlutanum og hins vegar úr skárri hlutanum undir. Ekki sást neitt athugavert á efnagreiningunum, en það hefði þurft að fá smjörsýrugreiningu og örveru- og sveppagreiningu til að segja meira um þessar skemmdir. Þurrefnið var um 37%, þjöppunin var í lagi og það var notað íblöndunarefni. Lítið gat fannst á plastinu þegar var verið að opna. Því er líklegasta skýringin á skemmdunum að súrefni hafi haft greiðan aðgang að heyinu í lengri tíma. Samkvæmt bóndanum var minna um skemmdir því lengra sem hann kom inn í flatgryfjuna.

3.3 Hönnun flatgryfja

Alls fengust upplýsingar um 43 flatgryfjur, þar af 24 flatgryfjur undir þaki (tvær notaðar undir korn) og nítján flatgryfjur úti. Allar flatgryfjur undir þaki eru steypar á staðnum, með steyp gólf og niðurföllum fyrir frárennsli. Flatgryfjurnar undir þaki eru þannig hannaðar að gólfið í þeim er í plani við fjósið og hálfur veggur þar sem heyinu er keyrt inn, þannig að planið fyrir fram framan er um 1,5 metrum hærra en gólf flatgryfjanna. Áður en heyi er keyrt í innigryfjur þarf að loka þeim að framan með einhvers konar hurð. Níu af flatgryfjunum án þaks eru með endavegg og tólf eru opnar í gegn. Flatgryfjurnar án þaks eru flestallar steypar á staðnum og með steypu gólfi og niðurföllum, en tvær voru upphaflega undir þaki. Á þremur búum eru útigryfjur byggðar úr forsteypum einingum en á öðru búinu var steyp ofan á veggina til að hækka þá. Á tveim búum er malargólf í flatgryfjunum.

Mikill breytileiki er á stærð flatgryfja í verkefninu. Meðalstærð flatgryfjanna er um 615 rúmmetrar, sú minnsta er 143 rúmmetrar en stærsta er 3.150 rúmmetrar. Meðalhæð á veggjum er 3,1 metri en lægsti veggurinn er 1,8 metrar á hæð og hæsti veggurinn 5 metra hár. Meðallengd flatgryfja var um 25 metrar, sú lengsta 70 metra löng en sú stysta 10,5 metrar. Á mynd 17 hér að neðan má sjá hvað voru margar flatgryfjur á búunum. Algengast er að hafa tvær flatgryfjur, eina fyrir fyrsta slátt og aðra fyrir seinni slátt.



Mynd 17. Fjöldi flatgryfja á búum sem tóku þátt í verkefninu.

3.4 Kostnaðargreining

Gerð var gróf kostnaðaráætlun fyrir opnar gryfjur byggðar upp með innfluttum veggeiningum. Miðað er við að hægt sé að keyra í gegnum gryfjurnar, jarðvegsskipti eru miðuð við 1 m á dýpt og að þau nái 2 metra út fyrir veggina og 10 metrum lengra við hvorn enda gryfjanna. Milliveggirnir er U-veggir sem fyllt er að hluta á milli og reiknað er með að fyllt sé að veggjunum að utanverðu, en það er mikilvægt til að lágmarka slyshættu og auðvelda alla vinnu við frágang og opnun á gryfjunum. Miðað er við að gólf í flatgryfjunum og plön við báða enda séu malbikuð, en það er valið því það er minni kostnaður við malbik heldur en steypu.

Við kostnaðarmat á yfirbyggðum stæðum er miðað við að stæðurnar séu staðsteyptar upp í gryfjuhæð en síðan komi létt yfirbygging ofan á veggina, klædd með bárujárni. Gólf og planyfirborð er reiknað með að séu steyppt.

Tvö kostnaðarmöt voru gerð, annars vegar fyrir 65 kúa bú og síðan fyrir 500 kinda fjárbú. Ákveðið var að miða ekki við minni bú en þessi vegna þess eðlis flatgryfjuheyskapar sem er það að til að ná góðum árangri í verkun í gryfjur er nauðsynlegt að heyskapur gangi hratt og örugglega fyrir sig sem kallar á afkastamikil og tiltölulega stór tæki. Til að heyskapurinn geti gengið hratt og örugglega þá þarf nokkurn fjölda af tækjum sem kallar annað hvort á aðkeypta verktöku eða mikla samvinnu nokkurra bænda en það leiðir einnig af sér að stærð á búum og umfang heyskapar á hverjum stað þarf að vera nokkurt til að startkostnaðurinn verði ekki of mikill.

Tafla 5. Forsendur fyrir 65 kúa bú.

Forsendur	
Tegund bús	Kúabú
Bústærð	65
Túnstærð	74
Fóðurþörf kg./þe.	260.000
Rúmmál geymslu	1.510
Flatarmál gryfju	503
Fjöldi gryfja	3
Hæð gryfju	3
Breidd gryfju	7
Lengd gryfju	24
Arðsemiskrafa/vaxtastig	5%
Afskriftartími	30

Miðað við forsendur í töflu 5 þá er kostnaður við opnar stæður 22 milljónir en við yfirbyggðar stæður 51 milljón, sem gerir meðalárskostnað upp á annars vegar 1,2 milljónir og hins vegar 2,7 milljónir yfir 30 ára tímabil, samkvæmt töflu 6.

Tafla 6. Kostnaðaráætlun 65 kúa bú.

Kostnaðaráætlun		
	Opnar stæður	Yfirbyggðar stæður
Byggingakostnaður	22.172.789	51.062.250
Samtals meðal árskostnaður	1.188.708	2.737.504
Árskostnaður á m ³	787	1.812
Kostnaður á kr./kg. þe.	4,6	10,5

Tafla 7. Forsendur fyrir 500 kinda fjárbú.

Forsendur	
Tegund bú	Fjárbú
Bústærð	500
Túnstærð	43
Fóðurþörf kg./þe.	120.000
Rúmmál geymslu	697
Flatarmál gryfju	349
Fjöldi gryfja	2
Hæð gryfju	2
Breidd gryfju	6
Lengd gryfju	29
Arðsemiskrafa/vaxtastig	5%
Afskriftartími	30

Miðað við forsendur í töflu 7 þá er kostnaður við opnar stæður 12 milljónir en við yfirbyggðar stæður 33 milljónir, sem gerir meðalárskostnað upp á annars vegar 704 þúsund og svo hins vegar 1,9 milljónir yfir 30 ára tímabil, samkvæmt töflu 8.

Tafla 8. Kostnaðaráætlun 500 kinda sauðfjárbú.

Kostnaðaráætlun		
	Opnar stæður	Yfirbyggðar stæður
Byggingakostnaður	12.253.360	33.763.929
Samtals meðal árskostnaður	704.568	1.941.426
Árskostnaður á m ³	1.011	2.785
Kostnaður á kr./kg þe.	5,9	16,2

4 Umræður

Gagnasafnið í þessu verkefni er lítið og mikill breytileiki er í vinnubrögðum milli búa og flatgryfjur ólíkar að gerð. Því er ekki hægt að keyra gögnin gegnum flóknar tölfræðigreiningar og þarf að fara varlega í að álykta út frá gögnunum.

4.1 Þurrefnisinnihald og gerjunarafurðir

Talið er æskilegast að þurrefnisinnihald heys verkaðs í flatgryfjum sé 30-45% (Kung o.fl., 2018). Bændurnir sem tóku þátt í verkefninu forþurrkuðu flestallir heyið í 8-24 tíma og var þurrefnisinnihald votheysins 41% að meðaltali. Það er í góðu samræmi við niðurstöður Helga Eyleifs Þorvaldssonar (2012) úr stæðum og flatgryfjum. Svo virðist að íslenskir bændur vilji hafa heyið aðeins þurrara en gengur og gerist í öðrum löndum. Í Danmörku er viðmiðið 32-37% þurrefni (DLG, 2020 skv. Mikkelsen 2017). Í Svíþjóð er talið að þurrefnisinnihald eigi að liggja á bilinu 25-35% (Slottnet, e.d) en í Noregi um 25-30%. (Heggset, 2013; Randby og Bakken, 2021). Bolton og Holmes (2004) segja að 35-40% þurrefni sé æskilegast í Wisconsin. Það er því hægt að segja að mikill breytileiki sé milli landa varðandi viðmið fyrir þurrefnisinnihald heys í flatgryfjum. Úr blautu votheyi tapast verðmæt næringarefni með frárennsli og því er mikilvægt að forþurrka það í nærri 30% þurrefni til að koma í veg fyrir það tap. Rannsóknir sýna meira vökvafraennsli úr heyi þar sem þurrefni er lægra en 27% (Bolton og Holmes, 2004; Kung o.fl., 2018; Slottnet, e.d.) en ekkert sé það komið yfir 30% (Þóroddur Sveinsson o.fl., 2002; Bjarni Guðmundsson, 2013). Lítil verkun (gerjun) er í heyi með yfir 45% þurrefni (Kung o.fl., 2018). Eftir því sem þurrefnið er meira eykst einnig hættan á hitamyndun af völdum sveppa- og eða bakteríuvaxtar þegar flatgryfjan er opnuð (Kung o.fl., 2018). Góð regla er að miða við að hirða heyið við 35-40% þurrefni.

Þegar lítil gerjun er í flatgryfjum verður myndun mjólkursýru í samræmi við það. Samkvæmt dönskum viðmiðum um þurrefni og innihald mjólkursýru (DLG, 2016) falla 10 af sýnunum úr flatgryfjunum í þessu verkefni undir illa verkað hey. Hins vegar er ekki samræmi milli mjólkursýruinnihalds, sýrustigs og þurrefnis. Fræðin segja að sýrustig lækki með hækkandi mjólkursýruinnihaldi og mjólkursýruinnihald lækki en sýrustig hækki með hækkandi þurrefnisstigi (Kung o.fl., 2018; DLG, 2016). Það kann að vera að gagnasafnið sé of lítið til að hægt sé að lesa úr því. Þó virðist ólíklegt að sýrustigið sé undir pH 4 í gróffóðri með þurrefnisinnihald í kringum 40% eða yfir. Það getur þó verið erfitt að hitta á rétt þurrefnisinnihald og töluverður breytileiki getur verið milli ára vegna umhverfisáhrifa. Samkvæmt heysýnum úr dönskum flatgryfjum var meðalþurrefnishald í 1. slætti votheys annars vegar 42,7% árið 2020 og hins vegar 37,9% árið 2019 og meðaltal áranna 2017-2019 var 38,4%.

Einnig er breytileiki milli slátta og virðist þurrefnið lækka með hverjum slætti, þá sérstaklega eftir 3. slátt (Thøgersen og Kjeldsen, 2021). Getur það verið vegna aukins hlutfalls blaða í uppskerunni en minna hlutfalls stöngla.

Hlutfall mjólkursýru:ediksýru segir til um heygæði og geymsluþol. Æskilegt er að hlutfallið milli þessara sýra sé hærra en 2,5:1. Aðeins eitt af heysýnunum úr íslensku flatgryfjunum var undir 1,4:1 en töluvert var af heysýnum með hátt hlutfall. Hátt hlutfall getur haft neikvæð áhrif á geymsluþol eftir að flatgryfjan hefur verið opnuð, þar sem ediksýra tryggir ákveðinn stöðuleika fóðursins þegar súrefni hefur aðgang að stæðunni (Thøgersen, munnleg heimild). Hátt hlutfall í sýnum kann að vera vegna notkunar íblöndunarefna. Lág hlutfall er vísbending um að verkunin hafi ekki farið rétt af stað (Kung o.fl., 2018).

4.2 Íblöndunarefni

Notkun íblöndunarefna getur hjálpað til við verkun ef það mistekst að taka heyið á réttum tíma og á réttu þurrkstigi (Kung o.fl., 2018; Unnsteinn Snorrason, 2016). Aðeins tveir af sautján bændum í verkefninu nota ekki íblöndunarefni við heyverkun í flatgryfjum. Samkvæmt Rudolf Thøgersen hjá SEGES í Danmörku (munnleg heimild) er þessu öfugt farið í Danmörku þar sem aðeins fáir mjólkurframleiðendur nota íblöndunarefni við slíka heyverkun. Það kann að vera að einhver ávinningur sé af því að nota íblöndunarefni á Íslandi þar sem hitastig er lægra en víða annars staðar, sem veldur hægari gerjun (Kung o.fl., 2018). Einnig getur það réttlætt notkun íblöndunarefna hér á landi hve veðuraðstæður geta verið breytilegar og erfitt getur verið að slá á réttum tíma. Mikilvægt er þó að vita af hverju er verið að nota íblöndunarefni til að geta notað rétta efnið (Thøgersen, 2017; Mikkelsen o.fl., 2020). Góð regla er að meta alltaf aðstæður áður en ákvörðun um íblöndunarefni er tekin. Kannski er ekki hentugt að nota það íblöndunarefni sem maður lagði upp með, ef slættinum seinkaði aðeins eða heyið þurfti að liggja lengur flatt en áætlað var og því orðið of þurrt, eða kannski er það tekið mjög blautt. Hentugt er að nota íblöndunarefni með eingjerjandi mjólkursýrubakteríum ef þurrefni er 30-40%. Hins vegar getur verið heppilegra að nota fjölgerjandi mjólkursýrubakteríur þegar þurrefnið er komið yfir 40%. Í mjög blautu heyi (þ.e. >30%) er betra að nota sýrur á borð við maurasýru.

Á íslenska markaðnum eru til fjölmörg íblöndunarefni, með eingöngu eingjerjandi mjólkursýrugerla, fjölgerjandi mjólkurgerla eða blanda af þessu tvennu og með eða án ensíma eða annarra lífrænna efna. Mikill breytileiki var í heysýnum í þessu verkefni og heysýnin fá, aðeins 29 alls. Því er varasamt að álykta að innihald gerjunarafurða sé vegna áhrifa íblöndunarefna. Algengasta íblöndunarefnið sem bændurnir notuðu var Sil-All 4x4 sem inniheldur eingjerjandi mjólkursýrubakteríur og ensím sem gerir kolvetnin aðgengilegri. Josilac

Classic er einnig mikið notað og inniheldur líka eingerjandi mjólkursýrubakteríur. Þar sem notaðar eru mygluvarnir í efsta lagið er verið að nota efni með fjölgerjandi mjólkursýrubakteríum. Í tólf flatgryfjum var þurrefnið milli 43-57% og þar hefði líklega verið heppilegra að nota íblöndunarefni með fjölgerjandi mjólkursýrubakteríum til að koma í veg fyrir hitamyndun. Í einni flatgryfju var grasið tekið beint af vellinum með sláttukóng og þurrefnið um 22%. Við svona lágt þurrefni er hentugast að nota sýrur í staðinn fyrir íblöndunarefni með mjólkursýrubakteríum. Í skýrslu Þórodds Sveinssonar (2013) er fjallað um nokkrar tilraunir með lífræn íblöndunarefni í rúlluböggum, sem virðist hafa jákvæð áhrif á fóðurvirði heys og gerjunarafurðir.

4.3 Vinnubrögð við heyverkun

Niðurstöður heyefnagreininga gáfu ekkert marktækt um mun eftir heyverkunaraðferðunum sem voru notaðar á þessum sautján búum. Breytileiki var milli búa varðandi þyngd á þjöppunarvél, hirðingaraðferð, stubblengd heysins og hnífafjölda sem heyið var skorið með. Svo virðist að með góðum vinnubrögðum við heyverkun í flatgryfjum megi búa til gott hey. Þó sást tilhneiging til þess að sýrustigið væri lægra þar sem notaður var múgsaxari við hirðingu. Er það í góðu samræmi við rannsókn Høy o.fl. (2010). Heyið hjá bændunum mætti vera blautara til að ná betri gerjun og þar með betra geymsluþoli. Sérstaklega er mikilvægt að gera sér grein fyrir hversu fljótt heyið þornar á velli, til að forðast of mikla forþurrkun. Góð þjöppun er lykilatriði og virðast bændurnir í verkefninu ná að uppfylla kröfur um þann þátt heyskaparins. Mikilvægt er að nota stæðuplast sem er framleitt til að halda súrefni sem mest úti (Hauge o.fl., 2018) eða sérhannaða fjölnotadúka. Það sást meðal annars að fleiri þættir varðandi heygæði voru lakari á búinu þar sem notað var byggingarplast til að loka flatgryfjunni, en á öðrum búum.

Ákveðnir kostir eru við að nota verktaka til að hirða og þjappa heyið. Dýrt er að fjárfesta í stórum vélum sem eru aðeins notaðar fáa tíma á ári. Verktakar sem fara á milli búa öðlast ákveðna reynslu og læra vinnuaðferðir sem í flestum tilfellum skila meiri afköstum. Sami ávinningur á við um bú sem vinna saman. Ókosturinn við að nota verktaka er að sumir bændur geta þurft að slá seinna en þeir vilja, þar sem verktakinn er að heyja hjá öðrum. Það getur haft áhrif á fóðurgæðin, þar sem þurrefnisinnihald er einn ráðandi þátturinn við þjöppun (Holmes og Muck, 2004; Kung o.fl., 2018; Randby o.fl., 2020), að skapa kjöraðstæður fyrir mjólkursýrubakteríur og lágmarka fóðurtap (DLG, 2020). Alltaf þarf að samræma slátt og hirðingu við afkastagetu við þjöppun. Með því að láta ekkert hey liggja lengur en annað verður fóðrið einsleitara. Ef allt er slegið í einu og ekki hægt að hirða það á einum sólarhring getur verið mikil breytileiki í þurrefnishald og næringarefni í fóðrinu innan sömu flatgryfju. Flestallir

bændurnir sem tóku þátt í verkefninu eru sammála um að best sé að loka flatgryfjunum sem fyrst eftir að byrjað er að keyra inn. Helst má ekki stoppa að fylla á fyrr en verkinu er lokið. Þá þarf að loka flatgryfjunum strax eftir þjöppun til að minnka fódurtap (Bolsen o.fl., 1993). Samkvæmt bændunum er æskilegast að vera ekki færri en þrír við að loka flatgryfju. Það á sérstaklega við útigryfjur þar sem plastið tekur mikið á sig vind.

4.4 Hönnun flatgryfja

Nokkuð var um það héraendis að byggðar væru lokaðar flatgryfjur á 8. og 9. áratug seinustu aldar. Þetta eru þó nokkur mannvirki og kalla á töluverðan framkvæmdakostnað en á mótí kemur að um er að ræða mjög góðar geymslur og vinna við frágang og gjafir óháð veðri. Yfirbyggðar gryfjur henta vel þar sem snjóþungt er og vindasamt. Opnar gryfjur hafa verið byggðar héraendis á undanförunum árum en þær eru algengar erlendis og það er einfalt að nálgast sérhannaðar steypar einingar fyrir flatgryfjur frá framleiðendum í Evrópu sem einfaldar framkvæmdir á verkstað. Opnar flatgryfjur eru áhugaverð lausn þar sem framkvæmdin er tiltölulega einföld og kostnaður ekki mjög mikill. Gallinn við opnar flatgryfjur er að veðurfar getur valdið erfiðleikum í notkun þeirra. Á snjóþungum svæðum mun notkun á opnum flatgryfjum kalla á mikinn snjómokstur og þar sem vindasamt er getur verið erfitt að meðhöndla yfirbreiðslur, bæði við áfyllingu og losun. Í könnuninni kom fram að sumir bændanna hafa þurft að bíða með að loka staðum vegna vinds. Þá er oft verið að loka útigryfjum að kvöldi eða nóttu þegar síst er vindur.

Þær flatgryfjur undir þaki sem eru notaðar í dag eru lokaðar með endavegg. Samkvæmt Bolton og Holmes (2004) auðveldar það þjöppunina ef hægt er að keyra í gegnum flatgryfjur. Þá er auðveldara að dreifa úr heynu og meiri tími notast í að þjappa. Það var ekkert í niðurstöðunum úr heysýnunum sem benti til að heyið verkist betur í flatgryfjum undir þaki en flatgryfjum án þaks. Lykilþátturinn er sá að heyverkun í flatgryfju er vandaverk.

Bygging á flatgryfjum er mikil fjárfesting sem nauðsynlegt er að vanda vel til í upphafi. Það þarf að skoða mjög vel staðsetningu á gryfjum með tillit til aðgengis, stækkunarmöguleika, jarðvegsgerðar o.fl. þátta sem nauðsynlegt er að skoða vel áður en endanleg ákvörðun um staðsetningu og framkvæmd er tekin. Við hönnun flatgryfju er aðalatriðið að hægt sé að uppfylla kröfur um gjafahraða úr gryfjunni (Bolton og Holmes, 2004; Holmes og Muck, 2004). Því þarf að athuga vel hvort ákveðin bústærð mun standa undir heyverkun í flatgryfjum. Í Svíþjóð er talið að flatgryfjur henti best fyrir bú með 50 mjólkurkúr eða fleiri. Þar eru flatgryfjur hannaðar með það í huga að gefa úr þeim a.m.k. 30 cm á dag (Slottner, e.d.). Sumarið er að jafnaði heitara í Svíþjóð en á Íslandi, því má gera ráð fyrir aðeins minni gjafahraða héraendis

og þar með væri hægt að nota flatgryfjur á búum með færri gripi en Svíar miða við. Meðalstærð kúabúa í verkefninu var 75,2 árskýr en minnsta búið er með 40,3 árskýr og stærsta með 140,3 árskýr. Á þremur búum var heyið notað fyrir kindur og voru búin með um 740, 460 og 330 vetrarfóðraðar kindur. Samkvæmt reiknilíkani Holmes (2015a og 2015b) er lágmarksfjöldi gripa 30 mjólkurkýr með uppeldi eða 500 kindur. Þá eru málin á flatgryfjunni fyrir bæði sauðfjárþú með 500 vetrarfóðraðar kindur og 30 kúa bú tveggja metra háir veggir, breiddin 5,2 metrar og lengd gryfju um 32 metrar (Holmes, 2015a og 2015b). Það ber að hafa í huga að þar er miðað við þær forsendur að þurrefnisinnihald sé 41% og lengdin á gryfjunum miðuð við að hafa a.m.k. tvær flatgryfjur.

Mikil þróun hefur verið í byggingum á léttum húsum og hafa verið byggð undanfarin ár nokkur hús sem eru klædd með PVC-dúk, t.d. eru tvö stór hús hjá FH í Hafnarfirði byggð upp úr stálsperum sem PVC-dúkur er strengdur yfir. Á sumum hafnarsvæðum landsins hafa einnig risið svipuð PVC-dúkklaedd hús. Það geta því hafa skapast möguleikar á að reisa yfirbyggingar yfir opnar gryfjur á einfaldari og ódýrari hátt heldur en með því að byggja hefðbundna lokaða gryfju. Þar gæti verið um að ræða svipaða lausn og sést á mynd 18. Hins vegar krefst það vandaðra vinnubragða við þjöppun til að passa það að skemma ekki dúkinn og stálgrindina.



Mynd 18. Létt yfirbygging með PVC-dúk.

5 Lokaorð

Almennt var verkun í þeim flatgryfjum sem skoðaðar voru vel heppnuð, en lykilatriði við þessa heyverkun er góð þjöppun og frágangur á flatgryfjunni. Í öllum heysýnunum var innihald ammóníaks (NH₃-N) í lágmarki sem bendir til að tekist hafi að hindra óþarfa niðurbrot á próteini. Þurrkstig getur útskýrt þetta litla niðurbrot á próteini en í flestum flatgryfjunum var heyið frekar þurr, hátt þurrefnisgildi getur hins vegar skapað hættu á hitaskemmdum eftir opnun flatgryfju. Val á íblöndunarefnum þarf að vera í samræmi við þurrkstig við hirðingu, en ekki áætlað þurrkstig. Stundum getur verið erfitt að ná heyfeng með réttu þurrkstigi ef ekki tekst að stilla hve ört er slegið við afkastagetu við fyllingu gryfjanna. Mikilvægt er því að skipuleggja vel hversu mikið er slegið í einu, og hafa afkastagetu við fyllingu og veðráttu í huga.

Hönnun flatgryfju þarf að miðast við fóðurþörf og gjafahraða. Ekki er mælt með að vegg hæð sé minni en 1,8 metrar og betri þjöppun næst vegna þyngdarafis í flatgryfjum með vegg hærri en 3,6 metrar. Búnaður sem er notaður til að taka úr flatgryfjum og fallhætta eru takmarkandi þættir fyrir vegg hæð. Flestallar flatgryfjur í verkefninu virðast af passlegri stærð með tilliti til gjafahraða og gripafjölda miðað við reiknilíkanið og almennt var lítið um skemmdir eftir opnun í þessari athugun.

Algengast var að bændurnir notuðu múgsaxara við hirðingu og svo virtist búnaður við hirðingu hafi áhrif á verkunargæði með tilliti til sýrustigs. Samkvæmt heimildum eru strástubbarnir að jafnaði styttri eftir múgsaxara en heyhleðsluvagn og er það líklegasti hvatinn sem veldur því að verkunin fer betur af stað.

Það er nauðsynlegt að fara í framhaldsverkefni þar sem stubblengdir og þjöppun í stæðum eru skoðuð en það eru stórir þættir í vel heppnaðri verkun en við náðum ekki að skoða þá í þessari athugun.

Bændur sem hafa hug á að byggja eða skoða möguleika á að byggja flatgryfjur eru hvattir til að hafa samband við ráðunauta RML.

HEIMILDASKRÁ

Bjarni Guðmundsson (2013). *Heyverkun*. Landbúnaðarháskóli Íslands.

https://www.google.com/search?q=heyverkun+bjarni&rlz=1C1CAFA_enIS688IS688&oq=heyver&aqs=chrome.1.69i57j69i59j0i13j0i13i39512j69i6112j69i60.3983j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#

Berglind Ósk Alfreðsdóttir, Clausen, D., Eiríkur Loftsson, Kristján Óttar Eymundsson, Sigtryggur Veigar Herbertsson og Sigurður Guðmundsson. (2020). *Plastnotkun í íslenskum landbúnaði – leiðir og kostnaður við að draga úr notkun heyrúlluplasts*.

<https://www.rml.is/is/starfsemi/frettir/plastnotkun-i-islenskum-landbunadi>

Bolsen, K.K., Dickerson, J.T., Brent, B.E., Sonon, J.R., Dalke, B.S., Lin, C. og Boeyr Jr., J.E. (1993) Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos. *Journal of dairy science*, 76(10), 2940-2962. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77634-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77634-1)

Bolton, K. og Homles, B.J. (2004). *Management of bunker silos and silage piles*. University of Wisconsin-Madison. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/mgmt-bunkers-piles-bjh2.pdf>

Borreani, G. og Tabacco, E. (2012). *Effect of silo management factors on aerobic stability and extent of spoilage in farm maize silage*. Proceedings of the 16.th international silage conference, 71-72.

Curtis, C. (2010). Packing bunkers: Five steps to getting it done right. *Crops and forages*. <https://hoards.com/article-328-packing-bunkers-five-steps-to-getting-it-done-right.html>

DLG. (2016). Tolkning af ensilageanalyseresultater. <https://www.dlg.dk/Foder/Kv%C3%A6g/Grovfoder-og-ensilering/Tolkning-af-ensilageanalyseresultater>

DLG. (2020). Forebyg varme i fuldfoder ved ensilering af grovfoder. <https://www.dlg.dk/Om-DLG/Presse/Nyheder/2018/05/Forebyg-varme-i-fuldfoder-ved-ensilering-af-grovfoder>

Easy Silage (e.d.). <https://www.facebook.com/Easy-Silage-830002120496684/>

Hauge, R.J., Kjeldsen, A.M. og Thøgersen, R. (2018). *Tyndere og tættere ensileringsfolie gav lige så god ensilagekvalitet*. Landbrugsinfo, SEGES.

Heggset, S. (2013). *Ensilering 1. utgave*. TINE rådgivning og medlem. Top Team Fôring og Norsk landbruksrådgivning.

Helgi Eyleifur Þorvaldsson. (2012). *Verkun og gæði heyja í stæðum og flatgryffjum*. (lokaverkefni til Bs-gráðu, búvísindasvið, Landbúnaðarháskóli Íslands).
<http://hdl.handle.net/1946/12440>

Holmes, B.J. (2015a). *Bunker silo sizing spreadsheet*. University of Wisconsin-Madison. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/harvest/#hstorage>

Holmes, B.J. (2015b). *Documentation. Bunker silo sizing spreadsheet*. University of Wisconsin-Madison. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/harvest/#hstorage>

Holmes, B.J. og Muck, R. (2004). *Managing and designing bunker and trench silos*. MidWest plan service. <https://www-mwps.sws.iastate.edu/catalog/crop-production/managing-and-designing-bunker-and-trench-silos-pdf>

Høy, J.J., Thøgersen, R. og Højholdt, M. (2010). Snittevogne til græs. *Farm test maskiner og planter nr. 112*. Videnscentret for landbrug og Agrotech.
https://sp.landbrugsinfo.dk/Tvaerfaglige-emner/FarmTest/Maskiner-og-planteavl/Sider/pl_10_349.aspx

Kornet Beton (e.d.). Den kornet afdæk system. <https://kornetbeton.dk/effektiv-tildaekning/plansilo-tildaekning/#next>

Kristensen, N.B., og Thøgersen, R. (2015). *Effekt af snitlængde på densitet i græsensilage*. Landbrugsinfo, SEGES.

Kung Jr., L., Shaver, R.D., Grant, R.J. & Schmidt, R.J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of dairy science*, 101(5), 4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>

Landbrugsavisen (2020). *Husk det nu: Tynde lag, når du laver ensilage*.
<https://landbrugsavisen.dk/kv%C3%A6g/husk-det-nu-tynde-lag-n%C3%A5r-du-laver-ensilage>

Mikkelsen, M., Thøgersen, R. og Frandsen, T.S. (2020). *Skal jeg bruge ensileringsmiddel – og i givet fald hvilket?*. Landbrugsinfo SEGES.

Nielsen, V.F. (2009). Foderopbevaring. *Farm Test Kvæg 63*. Dansk Landbrugsrådgivning. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/1/e/0/ft_63_foderopbevaring.pdf

Randby Å.T. og Bakken A.K. (2021). Effect of acid based additive treatment of low dry matter grass crops on losses and silage quality in bunker silos. *Animal feed science and technology*, 275(2021). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114869>

Randby, Å.T., Halvorsen, H.N. og Bakken, A.K. (2020). Losses and grass silage quality in bunker silos compacted by tractor versus wheel loader. *Animal feed science and technology*, 266(2020). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114523>

Unnsteinn Snorrason. (2016). Íblöndunarefni við votheysverkun. https://www.rml.is/static/files/Jardraekt/rml_jardraekt/heyverkun/iblonunarefni_vid_votheysverkun.pdf

Silage safe (e.d.). <https://www.silagesafe.dk/>

Slottnér, D. (e.d.). Ensilagenyt. <http://www.ensilagenytt.se/plansilo.htm>

Svensk mjölk. (2003). *Kvalitetssäkrad mjölkproduktion*. Text & Tryck Totab AB. https://www.lrf.se/globalassets/dokument/om-lrf/branscher/lrf-mjolk/expertomraden/mjolkkvalitet/ensilering_vallfoder.pdf

Søgaard, L.S. (2016). Brug kun gode dæksider til ensilagen. *Kvægnyt*, 14, bls. 4. <https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/basic/d/7/4/kvaegnyt-14-2016.pdf>

Thøgersen, R. (2008). *Sød græsensilage giver problemer med varmedannelse*. Landbrugsinfo, SEGES. https://www.landbrugsinfo.dk/public/c/4/0/grovfoder_soed_graesensilage_giver_problemer_med_varmedannelse

Thøgersen, R. (2017). *Ensileringsmiddel bør kun bruges mod varmedannelse*. Landbrugsinfo, SEGES.

Thøgersen, R og Kjeldsen, A.M.H. (2020). *Grovfoder 2020*. Landbrugsinfo, SEGES. <https://sp.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/Tal-om-kvaeg/Sider/fod2020.aspx>

Veðurstofa Íslands (2020). Tíðarfar ársins 2020. <https://www.vedur.is/um-vi/frettir/tidarfar-arsins-2019>

Þóroddur Sveinsson, Bjarni E. Guðleifsson og Jóhann Örlygsson. (2002). Efna- og eðliseiginleikar votheys í rúlluböggum. *Fjölrit Rala nr. 209*.

[http://www.landbunadur.is/landbunadur/wgsamvef.nsf/6d3d18e301de1f5e0025768c00561c33/157d7eac2eeee11200256f870051a419/\\$FILE/Fjolrit-209.PDF](http://www.landbunadur.is/landbunadur/wgsamvef.nsf/6d3d18e301de1f5e0025768c00561c33/157d7eac2eeee11200256f870051a419/$FILE/Fjolrit-209.PDF)