



SINTEF



# Prosjektrapport

Rapport om lokalt tilgjengelige råvarer og avfallsstrømmer på Mære og deres karakteristiske egenskaper

**Forfatter(e):**

Maria Olsen og Adam O'Toole\*

**Rapportnummer:**

2022:00099 - Åpen

**Oppdragsgiver:**

Mære Landbruksskole

# Prosjektrapport

## Rapport om lokalt tilgjengelige råvarer og avfallsstrømmer på Mære og deres karakteristiske egenskaper

**EMNEORD:**

Organiske ressurser,  
kompostering, biokull

**VERSJON**

1

**DATO**

2022-02-23

**FORFATTER(E)**

Maria Olsen og Adam O'Toole\*  
SINTEF Energi AS, NIBIO\*

**OPPDRAGSGIVER(E)**

Mære Landbruksskole

**OPPDRAGSGIVERS****REFERANSE**

Tove Irene Hatling Jystad

**PROSJEKTNUMMER**


502002990

**ANTALL SIDER OG****VEDLEGG:**


13

**UTARBEIDET AV**


Maria Olsen

**SIGNATUR**  
Maria Olsen (Mar 11, 2022 15:19 GMT+1)**KONTROLLERT AV**

Elisa Magnanelli

**SIGNATUR**  
Elisa Magnanelli (Mar 11, 2022 15:21 GMT+1)**GODKJENT AV**

Kathrin Weber

**SIGNATUR**  
Kathrin Weber (Mar 13, 2022 21:34 GMT+1)**RAPPORTNUMMER**

2022:00099

**ISBN**

978-82-14-07535-9

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

# Innhold

<b>1</b>	<b>Kartlegging av tilgjengelige råvarer og avfallsstrømmer på Mære.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Ulike typer gjenvinningsområder.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Egenskaper og potensialer til ulike typer råvarer/avfallsrømmer, i et sirkulærøkonomisk perspektiv .....</b>	<b>6</b>
3.1	Husdyrgjødsel fra melkefjøsset, svin, ammekyr og sau, samt fôrrester .....	7
3.2	Talle fra hest og halmtalle, samt parkavfall, kantvegetasjon .....	9
3.3	Avfall fra veksthuset (div. sommerblomster og julestjerne Euphorbia Pulcherrima) .....	10
3.4	Engangspaller, "annet tre" og tømning av tomathus .....	10
3.5	Fôrrester.....	11
3.6	Tomat og tomatblader fra veksthus, samt matavfall.....	12
<b>4</b>	<b>Tilgjengelighet på råvarer for kompostering, biogassproduksjon og biokullanlegg.....</b>	<b>12</b>

# 1 Kartlegging av tilgjengelige råvarer og avfallsstrømmer på Mære

I 2021 ble det iverksatt en omfattende kartlegging av organiske og uorganiske råvarer og avfallsstrømmer på Mære Landbruksskole. Kartleggingen ble utført for å kunne definere og utvikle nye gjenvinningsområder innenfor energi- og material-/næringsgjenvinning, for råvarer og avfallsstrømmer tilknyttet skolen, og dermed styrke skolens lokale sirkulærøkonomi. Kartleggingen er sammenfattet i Tabell 1.

**Tabell 1: Råvarer/avfallsstrømmer på Mære og deres egenskaper**

Råvare/avfallsstrøm	Tiltenkt Gjenvinningsområde*	Tørrstoff [%TS]	Mengde i vekt [t]	Mengde i volum [m <sup>3</sup> ]	Tilgjengelighet	Totalt nitrogeninnhold/nitrogen fra ammonium [kg/tonn]	Fosfor [kg/tonn]	Svovel [kg/tonn]	Aske [wt%]
Husdyrgjødsel fra melkefjøsset	K, VK, BG, GBK	6,69 <sup>3</sup>	4200 <sup>3</sup>		Hele året	2,1/1,2 <sup>1</sup>	0,48 <sup>1</sup>	0,33 <sup>1</sup>	
Husdyrgjødsel fra svin	K, VK, BG, GBK	2,11 <sup>3</sup>	3250 <sup>3</sup>		Hele året		0,89 <sup>1</sup>	0,37 <sup>1</sup>	
Talle fra hest	K, BK	28 <sup>1</sup>	150 <sup>3</sup>	350	Hele året		1 <sup>1</sup>		
Husdyrgjødsel fra ammekyr	K, VK, BG, GBK	4,4 <sup>3</sup>	700 <sup>3</sup>		Hele året	2,1/1,6 <sup>1</sup>	0,45 <sup>1</sup>	0,24 <sup>1</sup>	
Husdyrgjødsel fra sau	K, VK, BG, GBK	12 <sup>1</sup>	100 <sup>3</sup>		Mai-okt.	2,1/1,9 <sup>1</sup>	1,13 <sup>1</sup>	0,65 <sup>1</sup>	3,5 <sup>2**</sup>
Fôrrester	(K), VK, BG, (BK)			60 <sup>3</sup>	Hele året				
Skogsvirke	Ingenting å hente i skogen, da groten benyttes som gjødsel i skog og som bæring i skogsveier - skogbruket på Mære ønsker å ha denne fraksjonen selv, til gjødsel i skogen, skadeforebygging i skogen(veg) og evt. flis								
Matavfall	BG, B	26,5 <sup>3</sup>	5 <sup>3</sup>		Hele året				
Parkavfall	K, BK	35 <sup>3</sup>		10	Hele året				
Engangspaller	BK				Hele året				
Annet trevirke	BK				Hele året				
Avfall fra veksthuset - sommerblomster og julestjerne	K			5	Juni og des.				
Tømming av tomathuset	BK			40	Mars				
Tomat og tomatblader	BG, BK, B			144	August-mars				
Halmtalle fra melkefjøsset	K, BK		14,4	80	Hele året				
Gjødselvann fra veksthuset	Vil ikke bli omtalt her			300-400	Variierende				
Perlitt fra veksthus	Vil ikke bli omtalt her								
Kantvegetasjon	K, BK								

\*Biokull (BK), kompost (K), vermikompost (VK), biogass (BG), gjødsel m/BK (GBK), bokashi (B)

\*\*Usikkert om det er på tørrbasis, eller i ubehandlet tilstand

<sup>1</sup>Daugstad, Kristin et al. (2012). *Næringsinnhold i husdyrgjødsel Analyser av husdyrgjødsel frå storfe, sau, svin og fjørfe 2006-2011* (Bioforsk rapport 24). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2447504>

<sup>2</sup>Jørgensen, Grete H.M. et al. (2015). *Gulv til sau og alternative liggeunderlag. Utredning* (NIBIO rapport 46). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2374457>

<sup>3</sup>Gjødselanalyser utført av MLS, høsten 2020

Mengder, næringsinnhold og tørrstoffinnhold presentert i tabellen er hentet fra tidligere målinger utført av NIBIO<sup>1,2</sup>, samt gjødselanalyser utført av og på Mære, høsten 2020. I tillegg viser tabellen tilgjengeligheten på råvarene og tiltenkt gjenvinningsområde, slik som det kommer frem i denne rapporten. Sistnevnte tar utgangspunkt i bl.a. verdier fra tabellen (tørrstoff, næringsinnhold), energieffektivitet og forurensninger som tungmetaller, patogener eller plast. Især tørrstoffinnhold kan være avgjørende for om en råvare for eksempel bør komposteres eller konverteres til biokull. På tross av dette er det ingen fasit, og faktorer som tid, plass, arbeidsmengde og værforhold (bl.a. fukt og temperatur), kan være avgjørende for hvordan en avfallsstrøm bør brukes. Dette vil ikke bli omtalt videre i denne rapporten. I tillegg vil tilgjengelighet på råvarer, samt lovverk og forskrifter<sup>3</sup> være avgjørende for valget av gjenvinningsområde. Dette vil i noen grad bli omtalt her. I en konkurranse vil det i tillegg vurderes om mulig investering i ett biokullanlegg på Mære vil være hensiktsmessig, med tanke på tilgjengelig råvarer for biokullproduksjon. Ved en slik investering vil det potensielt også være mulig innhente råvarer fra andre steder.

## 2 Ulike typer gjenvinningsområder

Kompost er biologisk nedbrytbart materiale, som ved jordinnblanding kan bidra til tilbakeføring næringsstoffer og organisk materiale til planter og jord. En god og effektiv kompost må ha tilstrekkelig med luft og vann, og et optimalt C:N forhold for mikrobielt omdanning. Kompost kan lages av de fleste organiske avfallsmaterialer og er et ypperlig jordforbedringsmiddel. Ved tilstrekkelig mengder næringsstoffer har også kompost en gjødslingseffekt.<sup>4</sup> Næringsstoffene kan typisk komme fra mer nitrogenrike avfallsstrømmer og bidra til gunstige forhold under komposteringen. *Vermikompost* og *bokashi* er to alternative former for kompost som baserer seg på henholdsvis meitemark og anaerob lacto-fermentering.<sup>5</sup> Kompost fra disse avfallsstrømmene er ofte mer næringsrik enn kompost fra termofil kompostering. *Biogass* produseres ved anaerobisk fermentering av organiske materialer og kan utnyttes til å produsere strøm, varme og drivstoff. Potensialet for produksjon av kompost og biogass er størst for organiske avfallsstrømmer med høyt vanninnhold og lavt innhold av bl.a. fiber og tungt nedbrytbare molekyler, som for eksempel i matavfall, husdyrgjødsel og annet våtorganisk avfall.<sup>6</sup> Rester fra biogassproduksjonen kan evt. tilbakeføres til landbruket som gjødsel<sup>6</sup> eller benyttes videre som råvare for biokullproduksjon. Produksjon av *biokull* skjer ved pyrolyse, og er typisk aktuelt for råvarer med høyere tørrstoff- og karboninnhold. Karbonlagringseffekten av biokull er nå veldokumentert, både fra internasjonal<sup>7</sup> og fra norsk feltforsøk<sup>8</sup>. Flere studier vist at biokull (alene, iblandet gjødsel og/eller kompostert med gjødsel) kan ha en positiv effekt på bl.a. jordstruktur, mikroliv, næringsstoff- og vanninnhold i jord.<sup>9</sup>

<sup>1</sup> Daugstad, Kristin et al. (2012). *Næringsinnhold i husdyrgjødsel Analyser av husdyrgjødsel frå storfe, sau, svin og fjørfe 2006-2011* (Bioforsk rapport 24). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2447504>

<sup>2</sup> Jørgensen, Grete H.M. et al. (2015). *Gulv til sau og alternative liggeunderlag. Utredning* (NIBIO rapport 46). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2374457>

<sup>3</sup> Aktuelle lover og forskrifter kan være: Forurensningsloven, Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav, Animaliebioproduktforskriften, Avfallsforskriften, Forskrift om plantehelse

<sup>4</sup> NIBIO (2017, 23. oktober). *Kompost*. <https://nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/kompost>

<sup>5</sup> Pandit, Naba Raj et al. (2019). Nutrient effect of various composting methods with and without biochar on soil fertility and maize growth. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(2), 250-265. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1610168>

<sup>6</sup> Miljødirektoratet. (2021, 10 mai). *Fakta om biogass*. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/fornybar-energi/utrede-potensialet-for-biogass/hva-er-biogass>

<sup>7</sup> Lehmann, J., Abiven, S., Kleber, M., Pan, G., Singh, B.P., Sohi, S.P., Zimmerman, A.R., 2015. Persistence of biochar in soil, in: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation* 2. Earthscan, Routledge, London, pp. 236–282.

<sup>8</sup> Rasse, D.P., Budai, A., O'Toole, A., Ma, X., Rumpel, C., Abiven, S., 2017. Persistence in soil of Miscanthus biochar in laboratory and field conditions. *PLoS One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184383>

<sup>9</sup> NIBIO. (2017, 23. oktober). *Biokull*. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/biokull>

### 3 Egenskaper og potensialer til ulike typer råvarer/avfallsrømmer, i et sirkulærøkonomisk perspektiv

Materialeegenskapene til råvarene avgjør om de burde komposteres, pyrolyseres eller brukes til biogassproduksjon. For organisk materiale brukes **C:N forholdet** og **C:P forholdet** (karbon/nitrogen og karbon/fosfor forholdet) ofte som tall på gjødslingseffekter.<sup>10</sup> For kompost bør C:N forholdet ligge mellom 25-30 for en optimal nedbrytningsprosess.<sup>11</sup> C:N forholdet i biogass produksjon ligger ofte mellom 20-30.<sup>12</sup> Typiske karbonholdige råvarer kan være biokull, flis, bark, halm, mens husdyrgjødsel og matavfall ofte er rikt på nitrogen og andre næringsstoffer. C:N forholdet for noen av disse kan ses i tabell 2. Organisk materiale med høyt innhold av karbon har ofte jordforbedrende egenskaper som bidrar til forbedret jordstruktur, mens materiale med høyere innhold av bl.a. nitrogen, fosfor og kalium vil ha en mer gjødselende effekt.<sup>13</sup> Disse defineres ofte som mer næringsrike materialer.

**Kationbytterkapasiteten (CEC)** indikerer vekstmediers evne til å holde på utbyttable kationer, som bl.a. vannløselig ammonium, kalium, kalsium og magnesium, samt mengden av disse. Dette er blant de nødvendige næringsstoffene som plantene trenger for god plantevekst.<sup>14,15</sup> Generelt sett øker CEC i jorda ved økende innhold av leire og organisk materiale.<sup>16,17</sup> For biokull vil også **O:C og H:C forholdene** ha betydning for stabiliteten til biokull C innhold. Forholdene sier noe om biokullets reaktivitet, i form av polaritet og funksjonelle grupper, og kan i likhet med CEC relateres til biokullets evne til å binde ioner og metaller, samt vann. I tillegg representerer forholdene biokullets aromatisitet og stabilitet.<sup>18</sup>

Generelt sett minker mineralinnhold, CEC, H/C og O/C forholdene i biokull med økt pyrolysetemperatur ettersom nedbrytningen av funksjonelle grupper øker. Samtidig øker **funksjonelt overflateareal, porøsitet, pH og mineralinnhold**.<sup>19</sup> Balansen mellom de ulike egenskapene vil derfor ha stor innvirkning på biokullets evne til å holde på metaller, næringsstoffer, ioner og vann.<sup>20</sup> I tillegg er tørrstoff, forurensninger og askeinnhold viktige indikatorer på om biologisk eller termisk nedbryting er hensiktsmessig. Aske inneholder både mikro og makronæringsstoffer, og kan bidra til økt tungmetallinnhold, kalkinnhold, pH og CEC, ved tilsats til jord. I tillegg vil askeinnholdet ha innflytelse på karbonutbytte ved eventuell pyrolyse.

<sup>10</sup> Skjøien, Svein. (1989). *Jordkultur* (1 utg.). Landbruksforlaget

<sup>11</sup> Pommersche, Reidun og Kirsty McKimmon. (2011). *Kompost* (Bioforsk Tema Vol. 6, Nr. 20). Bioforsk Økologisk. [https://orgprints.org/id/eprint/30215/1/TEMA\\_6\\_20\\_Kompost%20endelig.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/30215/1/TEMA_6_20_Kompost%20endelig.pdf)

<sup>12</sup> Taherzadeh, Muhammad J. et. al. (2017). *Sustainable Resource Recovery and Zero Waste Approaches*. Elsevier

<sup>13</sup> NIBIO. (2017, 23. oktober). *Organisk materiale*. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/organisk-materiale>

<sup>14</sup> Universitetet i Oslo, UiO. (2019, 8. mars). Institutt for Biovitenskap; *Gjødsel*.

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/g/gjodsel.html>

<sup>15</sup> Thomassen, Maria K. et al. (2017). *SINTEF Prosjektnotat: Utvikling og implementering av biokull som klimatililtak i Norge; Capture+ Forslag til tiltak og løsninger*. Norsk Forskningsråd. <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-teknologi-og-samfunn/avdelinger/arbeids-og-naringsliv/capture-biokull-som-klimatililtak-8-sept.pdf>

<sup>16</sup> Universitetet i Oslo, UiO. (2011, 4. mars). Kationbytterkapasitet.

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/k/kationbytter.html>

<sup>17</sup> Thomassen, Maria K. et al. (2017). *SINTEF Prosjektnotat: Utvikling og implementering av biokull som klimatililtak i Norge; Capture+ Forslag til tiltak og løsninger*. Norsk Forskningsråd. <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-teknologi-og-samfunn/avdelinger/arbeids-og-naringsliv/capture-biokull-som-klimatililtak-8-sept.pdf>

<sup>18</sup> Bakshi, Santanu et al. (2020). Estimating the organic oxygen content of biochar. *Nature; Scientific Reports* 10. Artikkel 13083.

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-69798-y>

<sup>19</sup> Rodriguez-Vila, Alfonso et al. (2018). Predicting Cu and Zn sorption capacity of biochar from feedstock C/N ratio and pyrolysis temperature. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(9). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1047-2>

<sup>20</sup> Li, Hongbo et al. (2017). Mechanisms of metal sorption by biochars: Biochar characteristics and modifications. *Chemosphere*, 178. 466-478. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.072>

**Tabell 2: C:N forhold for ulike typer organiske materialer**

C:N forhold for noen organiske materialer	
Sagflis*	200-500
Bark*	100-200
Halm*	50-120
Blautgjødssel (under 18%TS)*	10
Matavfall (varierende)**	20
Grønne blad, gressklipp**	10-30

\*Tall hentet fra Grete Lene Serikstad et al. (2003). *Økologisk handbok: Jordkultur og næringstilgang*. NORSTØK og Gan forlag. [https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb\\_digibok\\_2016080908042](https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2016080908042)

\*\*Tall hentet fra Reidun Pommersche og Kirsty McKimmon. (2011). *Kompost* (Bioforsk Tema Vol. 6, Nr. 20). Bioforsk Økologisk. [https://orgprints.org/id/eprint/30215/1/TEMA\\_6\\_20\\_Kompost%20endelig.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/30215/1/TEMA_6_20_Kompost%20endelig.pdf)

### 3.1 Husdyrgjødsel fra melkefjøsset, svin, ammekyr og sau, samt fôrrester

Husdyrgjødsel er den råvaren det forekommer mest av på Mære Landbruksskole, og er en god kilde til både uorganisk og organisk materiale. Dette har ført til husdyrgjødsel i stor grad blir benyttet som både gjødssel og jordforbedringsmiddel i Norge.<sup>21</sup> Husdyrgjødsel er næringsrik og inneholder sentrale plantenæringsstoffer, som nitrogen, fosfor og kalium (NPK). Andre viktige makronæringsstoffer i husdyrgjødsel er svovel, kalsium og magnesium<sup>22</sup>, mens karbon, hydrogen og oksygen tas opp via luft og vann.<sup>23</sup> Generelt sett vil tilgjengelig N fra husdyrgjødsel være noe lavere enn N fra kunstgjødssel, men dette øker utover vekstsesongen med den mikrobielle omdanningen av organisk N til uorganisk ammonium og nitrat. På tross av dette kan direkte tilsetning av for mye husdyrgjødsel i jord føre til tap av næringsstoffer<sup>24</sup>, dersom tilsatsen foregår utenfor vekstsesongen. Kompostering av husdyrgjødsel kan stabilisere N i husdyrgjødsel, og bruk av kompost kan dempe frigjøring av næringsstoffer sammenlignet med blautgjødssel.<sup>25</sup>

Den høye andelen næringsstoffer reflekteres ofte i relativt høye fosfor og nitrogenverdier, og et noe forhøyet askeinnhold, sammenlignet med andre avfallsmasser som talle, kantvegetasjon og parkavfall. For optimale forhold under kompostering vil det kunne være nødvendig å tilsette noe karbonrikt materiale, for å øke C/N forholdet til omkring 25-30. Dette kan være av typen organisk materiale som treflis og halm, eller andre karbonrike avfallsstrømmer. Dette vil også kunne øke tørrstoffinnholdet i blandingen til rundt 30%, som anses som passende for biologiske nedbrytningsprosesser.<sup>26</sup> For gjødseltyper med høyere C:N forhold kan muligens gjødselfvann, tomatrester og matavfall blandes inn. Mengden næringsstoffer varierer mellom dyreslag og gjødselfraksjoner, samt fôr og vann.<sup>27</sup> Fra tabell 1 kan man se at nitrogen og svovelinnhold er relativt likt mellom de ulike dyreslagene, mens fosforinnholdet øker for svin og sau, sammenlignet med kyr

<sup>21</sup> NIBIO. (2017, 23. oktober). *Husdyrgjødsel*. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodssel/husdyrgjodssel>

<sup>22</sup> Daugstad, Kristin et al. (2012). *Næringsinnhold i husdyrgjødsel Analyser av husdyrgjødsel frå storfe, sau, svin og fjørfe 2006-2011* (Bioforsk rapport 24). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2447504>

<sup>23</sup> Universitetet i Oslo, UiO. (2011, 3. februar). Institutt for Biovitenskap; *Mineralnæring* <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/plfys/mineral>

<sup>24</sup> NIBIO. (2017, 23. oktober). *Gjødsel*. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodssel/gjodssel>

<sup>25</sup> Pommersche, Reidun og Kirsty McKimmon. (2011). *Kompost* (Bioforsk Tema Vol. 6, Nr. 20). Bioforsk Økologisk. [https://orgprints.org/id/eprint/30215/1/TEMA\\_6\\_20\\_Kompost%20endelig.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/30215/1/TEMA_6_20_Kompost%20endelig.pdf)

<sup>26</sup> Ibid

<sup>27</sup> NIBIO. (2017, 23. oktober). *Husdyrgjødsel*. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodssel/husdyrgjodssel>

og hest. Fosfor i storfe gjødsel kan faktisk ha tilsvarende gjødslingseffekt som fosfor fra mineralgjødsel.<sup>28</sup> En høyere andel plantetilgjengelig næringsstoffer i svin- og sauegjødsel bekreftes også i litteraturen.<sup>29</sup>

I Norge produseres biogass i hovedsak av matavfall, men også her begynner husdyrgjødsel å få en betydelig rolle.<sup>30</sup> I tillegg kan eventuelle rester fra biogassproduksjon tilbakeføres til jorda som gjødsel<sup>31</sup>, dersom den anses å være fri for bl.a. patogene organismer eller tungmetaller. Innblanding av 20% fiskeslam har vist seg å være effektivt med tanke på prosess, mengde og kvalitet på metangass.<sup>32</sup> Bruk av husdyrgjødsel til biogassproduksjon kan også bidra til bedre utnyttelse av fosfor og redusere behovet for mineralgjødsel.<sup>33</sup>

Generelt sett har biokull fra husdyrgjødsel høyere askeinnhold, lavere C:N forhold og lavere overflateareal enn biokull fra karbonrike materialer som tre og halm. I tillegg vil mye av næringsstoffene trolig gå tapt i som gass i en pyrolyseprosess.<sup>34</sup> Det relativt lave tørrstoffinnholdet i husdyrgjødsel vil også føre til høyt energibruk ved termisk omdanning til biokull, da selve tørkeprosessen vil kreve store mengder energi. Det kan derfor tenkes at husdyrgjødsel vil ha en økonomisk fordel i biogassproduksjon eller i konvensjonell kompost og/eller vermikompost, fremfor biokull. Ved tilgjengelig mengde overskuddsvarme, som kan bidra i en evt. tørkeprosess, vil biokull produksjon muligens la seg gjøre på en økonomisk måte. På tross av dette er pyrolyse den eneste prosessen som vil kunne bryte ned forurensinger av typen plast<sup>35</sup>, som fremkommer i husdyrgjødsel i form av bl.a. øreklips.

Direkte innblanding av biokull i husdyrgjødsel kan ha både positive og negativ effekter i forhold til GHG utslipp, og videre forsøk i RESTORE skal avklare mer om hvordan biokull burde påføres til husdyrgjødsel. Samkompostering av husdyrgjødsel med biokull har vist seg å gi god effekt for bedring av jordkvalitet og plantevekst, og har vist evne til å kunne balansere mengde næringsstoffer og forurensinger i komposten og ferdig produkt, ved bl.a. produksjon av hvete.<sup>36</sup> Denne typen samkompostering har også vist seg å være fordelaktig m.t.p. tap av N i form av ammoniakk-gass. I tillegg inneholder husdyrgjødsel mikronæringsstoffer som sink, kobber, jern og klorid, samt tungmetaller som bly.<sup>37</sup> Mikronæringsstoffer og tungmetaller kan virke skadeliggjørende på både mennesker, dyr, planter og mikroorganismer, i for høye konsentrasjoner. Tilsats av biokull i jord/kompost kan redusere tungmetallkonsentrasjonen, uten å binde mikronæringsstoffer i for stor grad.<sup>38</sup> Det er satt krav om tungmetallinnhold og bruksområde for alle jordkvaliteter som er gjødslet med organiske gjødselvarer.

<sup>28</sup> NIBIO. (2017, 23. oktober). *Fosfor*. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/fosfor>

<sup>29</sup> Skjøien, Svein (1989). *Jordkultur* (1 utg.). Landbruksforlaget

<sup>30</sup> Landbruksdirektoratet. (u.å.). *Husdyrgjødsel til biogassanlegg*. <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/jordbruk/miljo-og-klima/husdyrgjodsel-og-gjodsling/husdyrgjodsel-til-biogassanlegg>

<sup>31</sup> Landbruks- og matdepartementet. (2020, 14. februar). *Husdyrgjødsel til biogass – gjennomgang av virkemidler for økt utnyttelse av husdyrgjødsel til biogassproduksjon*. Rapport fra arbeidsgruppe.

<https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/nyhetsrom/rapporter/husdyrgjodsel-til-biogass>

<sup>32</sup> Spilling, Anette T. (2016, 29. august). *Husdyrgjødsel + fiskeslam = biogass*. NIBIO. <https://www.nibio.no/nyheter/husdyrgjodsel-fiskeslam--biogass>

<sup>33</sup> Landbruksdirektoratet. (u.å.). *Husdyrgjødsel til biogassanlegg*. <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/jordbruk/miljo-og-klima/husdyrgjodsel-og-gjodsling/husdyrgjodsel-til-biogassanlegg>

<sup>34</sup> Thomassen, Maria K. et al. (2017). *SINTEF Prosjektnotat: Utvikling og implementering av biokull som klimatilnæringsstoffer i Norge; Capture+ Forslag til tiltak og løsninger*. Norsk Forskningsråd. <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-teknologi-og-samfunn/avdelinger/arbeids-og-naringsliv/capture-biokull-som-klimatilnæringsstoffer-8-sept.pdf>

<sup>35</sup> Sharuddin, Shafferina D. A., et al. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management*, 115, 308-326. Elsevier

<sup>36</sup> Qayyum, Muhammad Farooq. (2017). Effects of co-composting of farm manure and biochar on plant growth and carbon mineralization in an alkaline soil. *Environmental Science and Pollution Research International*, 24(33), 26060-26068. SpringerLink. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0227-4>

<sup>37</sup> Serikstad, Grete L. et al. (2016). *Uønskede stoffer i husdyrgjødsel*. (NORSØK Faginno nr. 7). NORSØK <https://orgprints.org/id/eprint/31059/1/NORS%C3%98K%20INFO%20nr%207%202016%20U%C3%B8nskete%20stoffer.pdf>

<sup>38</sup> Beesley, Luke et al. (2015). *Biochar for environmental management*, 2<sup>nd</sup> edition. Tylor & Francis.



I tillegg kan andre forurensinger, som patogene organismer, plast, sprøytemidler og vaskevann fra melkeanlegg kan også forekomme.<sup>39</sup> Også rester av ull og hår også være til stede i avfallsfraksjoner fra dyr. I slike tilfeller vil det i stor grad være nødvendig å kartlegge relevante lover og forskrifter, for å hindre spredning av plast og sykdommer til både mennesker og dyr. I tilfeller hvor uønskkelige forurensninger kan være til stede kan det være fordelaktig å vurdere råvaren for produksjon av biokull, da høye pyrolysetemperatur kan bidra i en nedbrytningsprosess. Også biologisk nedbryting kan i noen tilfeller bidra til destruksjon av noen typer forurensinger, ved rette forhold.<sup>40</sup>

## 3.2 Talle fra hest og halmtalle, samt parkavfall, kantvegetasjon

Talle er det sammentrykka underlaget som dannes ved kontinuerlig tilførsel av treflis, halm- og/eller torvstrø til urin og møkk, i fjøs og stall. En korrekt opparbeidet talle skal være hygienisk, myk, tørr og luktfri, og samtidig fungere som isolasjon mot kalde underlag.<sup>41</sup> Ved riktig forhold kan den også avgi varme, som resultat kjemiske reaksjoner og naturlige nedbrytningsprosesser i tallematerialer og avføring.<sup>42</sup> I tillegg til å skape behagelige forhold i stallen er tallen utarbeidet med tanke på de fysiske arbeidsforholdene. Utarbeiding av talle krever lite arbeid, da fjerning av tallen ikke skjer oftere enn typisk en gang i året. Den kan da brukes videre i kompost, eller anvendes i produksjon av biokull eller biogass.

Tallestrø kan være både sagflis og spon, eller strø av ulike typer torv eller halm. Halmen er typisk strå og bladrester av korn, belg- og engvekster, skilt ut etter tresking. Valg av tallestrø avhenger hovedsakelig av tilgjengelighet og pris på talle materialet, men tallestrø med høyt tørrstoffinnhold å foretrekke, da absorpsjonsevnen er størst.<sup>43</sup> På tross av dette vil tallen typisk bare inneholde rundt 30% tørrstoff ved utskiftning,<sup>44</sup> i hovedsak grunnet høyt vanninnhold i husdyrgjødsel. I tillegg til at husdyrgjødsel bidrar til varierende grad av egenskaper vil også talle materialet bidra til dette. Bruk av trevirke, sagflis eller trespon som talle materiale vil i større grad bidra til økt karboninnhold og et lavere askeinnhold, enn halm, ved biokullproduksjon. Halmen har også noe mer nitrogen enn trevirke, og vil trolig bidra til et lavere C:N forhold i halmtalle, enn i talle fra hest (noenlunde samme nitrogeninnhold for hest og kyr<sup>45</sup>). I noen tilfeller kan også ull og hår forekomme, eller brukes aktivt, i talle og andre avfallsfraksjoner fra dyr. Dette er fiberrike, organiske materialer med høyt tørrstoffinnhold og god vannabsorpsjonsevne, men kan være tungt nedbrytbare i biologiske prosesser, dersom forholdene ikke er optimale. Ull og hår består i hovedsak av proteinet keratin, som inneholder større mengder nitrogen, karbon og svovel, og vil kunne bidra med både gjødselende og jordforbedrende egenskaper ved tilsats i jord.<sup>46, 47</sup> I tillegg kan patogener og forurensninger som plast, tau og metallfraksjoner forekomme i talle. Metall vil ikke degraderes i de tiltenkte gjenvinningsområdene som omtales her, og må derfor fjernes før slike prosesser initieres. Patogener, plast

<sup>39</sup> Serikstad, Grete L. et al. (2016). *Uønskede stoffer i husdyrgjødsel*. (NORSØK Faginfo nr. 7). NORSØK <https://orgprints.org/id/eprint/31059/1/NORS%C3%98K%20INFO%20nr%207%202016%20U%C3%B8nskete%20stoffer.pdf>

<sup>40</sup> Vitenskapskomiteen for mattrygghet. (2011, 28. mars). *Vurdering av mikrobielle indikatorer for hygieniserte gjødselvarer mv. av organisk opphav*. (Uttalelse fra Faggruppe for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mattrygghet). Mattilsynet

<sup>41</sup> Jørgensen, Grete H.M. et al. (2015). *Gulv til sau og alternative liggeunderlag. Utredning* (NIBIO rapport 46). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2374457>

<sup>42</sup> Jørgensen, Grete H.M. et al. (2015). *Gulv til sau og alternative liggeunderlag. Utredning* (NIBIO rapport 46). NIBIO. <http://hdl.handle.net/11250/2374457>

<sup>43</sup> Johannsen, Juni R.E. et al. (2018). *Flis som underlag til storfe; Kan bruk av flis til dypstrø gi like god dyrevelferd som bruk av halm?* (NORSØK Rapport Vol. 3, Nr. 6). <https://orgprints.org/id/eprint/35420/7/NORS%C3%98K%20Rapport%20nr.%206%20Flis%20som%20underlag%20til%20storfe%20-%20versjon%202.pdf>

<sup>44</sup> NIBIO. (206-2011). *Næringsinnhold i husdyrgjødsel*. <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/husdyrgjodsel/1.naeringsinnhold-i-husdyrgjodsel-tabeller>

<sup>45</sup> Skjøien, Svein (1989). *Jordkultur* (1 utg.). Landbruksforlaget

<sup>46</sup> Morken, John et al. (2017). *Veileder for biogassanlegg - mulighetsstudie, planlegging og drift*. (REALTEK Rapport 56).

NMBU/Landbruksdirektoratet.

<sup>47</sup> McKinnon, Kirsty. (2019). *Bruk av restull i jord- og hagebruk En delrapport i prosjektet Ny giv for pigmentert ull*. (NORSØK Rapport Vol.4, No.12). NORSØK

og tau (av både syntetisk og organisk materiale) vil trolig kunne brytes ned ved en eventuell pyrolyseprosess.<sup>48, 49</sup>

Parkavfall og kantvegetasjon (GROT) er også karbonrike råvarer, med relativt lavt innhold plantenæringsstoffer og relativt høyt %TS. Dette gjør at både talle, parkavfall og GROT egner seg godt i konvensjonell kompost, samt i produksjon av biokull. Askeinnholdet i biokull av slik type avfall vil ofte være noe høyere enn for rent trevirke, og karboninnholdet vil være tilsvarende lavere. Samtidig vil overflatearealet øke, sammenlignet med biokull av husdyrgjødsel. Ved kompostering vil det være hensiktsmessig å blande med næringsrike fraksjoner, for optimale forhold under komposteringsprosessen. I tillegg kan GROT og parkavfall inneholde sprøytemidler, plantesykdommer og ugress, samt frø og/eller planterester av uønskede fremmedarter med høy spredningsevne. På grunn av høyere temperaturer vil en pyrolyseprosess trolig fjerne mer av slike forurensinger, og potensielt bidra til tryggere gjenvinning av råvaren.<sup>50, 51</sup>

### 3.3 Avfall fra veksthuset (div. sommerblomster og julestjerne *Euphorbia Pulcherrima*)

Sommerblomster og julestjerne drives frem i veksthuset, og avfallet er i stor grad sesongbasert. Julestjerne drives frem på høsten og avsluttes i løpet av desember, for å gjøre klart til en vår med produksjon av sommerblomster. Produksjon av sommerblomster er avsluttes ofte i juni. Avfall fra veksthuset inneholder ulike typer plantemateriell (blader, stamme, røtter, blomst) og jord, og er generelt sett gode bidrag i komposten, med noe varierende innhold karbon og nitrogen. Sommerblomster er ettårige planter, med store blomster og kraftige bladverk. Disse blomstrer lenge og bruker all energi på å sette frø og behøver derfor ikke lagre energi til neste år, i motsetning til flerårige planter. Julestjerne, slik som vi kjenner den, er i teorien en liten, flerårig busk. Generelt sett inneholder busker og trær mer karbonrikt plantemateriale og vev enn sommerblomstene, som vil bidra til et økt C:N forhold. Når veksts sesongen er over transporteres næring fra blader til røtter, hvor det lagres til neste år.<sup>52</sup> Det kan derfor tenkes at også forholdet mellom de ulike plantefraksjonene vil kunne påvirke komposteringsprosessen.

Julestjerne og visse sommerblomster giftige, men giftstoffer vil trolig brytes ned under kompostering, ved optimale komposteringsforhold.<sup>53,54</sup> I tillegg styres ofte blomstringen til sesongplanter av syntetiske vekstregulatorer. Disse kan anses som helse- og miljøskadelige, og bør unngås i kompost tiltenkt matproduksjon. Andre forurensninger som sprøytemidler og plantesykdommer kan også forekomme.

### 3.4 Engangspaller, "annet tre" og tømning av tomathus

Den største potensielle kilden til råvarer for biokullproduksjon vil være trevirke som engangspaller og "annet trevirke". Det høye tørrstoffinnholdet gjør at energien som forbrukes i en tørkeprosess er lav, og legger til rette for økonomisk produksjon av biokull. I tillegg er det krevende å bryte ned det høye karboninnholdet, i form av cellulose og lignin, i en biologisk prosess. Pyrolysetemperaturer vil hjelpe til med dette. Det

<sup>48</sup> Vitenskapskomiteen for mattrygghet. (2011, 28. mars). *Vurdering av mikrobielle indikatorer for hygieniserte gjødselvarer mv. av organisk opphav*. (Uttalelse fra Faggruppe for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mattrygghet). Mattilsynet

<sup>49</sup> Sharuddin, Shafferina D. A., et al. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management*, 115. 308-326. Elsevier

<sup>50</sup> Rapport fra Miljødirektoratet viser til uskadeliggjøring av frø og planterester ved 60-70°C over tre uker.

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m982/m982.pdf>

<sup>51</sup> Senneca, Osvalda et al. (2007). Thermal degradation of pesticides under oxidative conditions. *Journal of analytical and applied pyrolysis* 80(1). 61-76. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2007.01.002>

<sup>52</sup> Brodin, Janne K. (2021, 20. juli). Julestjerna; Om hvordan den mexicanske busken julestjerna havnet i potteskjuleren på stuebordet. <https://www.nmbu.no/aktuelt/node/36318>

<sup>53</sup> Downer, J. and A. Craigmill. (1995). Oleander used in compost. *Environmental Toxicology Newsletter*, 15(7). Fuller, T.C. and E.M. McClintock.

<sup>54</sup> Hought, Rupert et al. (2010). Degradation of yew, ragwort and rhododendron toxins during composting. *Science of The Total Environment*, 408(19). 4128-4137. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.05.024>

resulterende produktet er et stabilt og karbonholdig materiale, som potensielt kan bidra til økt karbonlagring, jordforbedring og plantehelse, ved tilsats i jord. I tillegg vil det lave aske- og næringsinnholdet gjøre at karbonutbyttet blir relativt høyt, sammenlignet med andre råvarer som omtaler her. Også overflatearealet vil typisk være høyere for biokull av karbonholdige råvarer, sammenlignet med bl.a. husdyrgjødsel, mens pH i større grad vil variere.<sup>55</sup> Trevirke kan ofte være forusenset med metall fra spiker, hengsler, skruer og stifter, som ikke vil brytes ned i en pyrolyseprosess. Det vil være hensiktsmessig å fjerne dette før selve pyrolyseprosessen. Dersom trevirke er trykkimpregnert med krom, kobber eller arsen (CCA-impregnert), eller kreosotbehandlet (trukket i tjære) skal det leveres til godkjent mottak for farlig avfall<sup>56</sup>, og hverken tilsettes i kompost, pyrolyse eller biogassanlegg.

Tømming av tomathuset kan føre til store avfallsmengder når vekstsesongen er over. På grunn av forurensninger av plast vil det kunne være tenkelig at også slike avfallsstrømmer anvendes i biokullproduksjon, men her vil ulike avfallsforskrifter og lovverk spille en stor rolle, uavhengig av gjenvinningsområde, da plastfraksjoner fører avfallsstrømmen ut av kategorien "organisk" avfall. Det vil være nødvendig å kartlegge bl.a. størrelse på anlegg og mengden plastinnhold i avfallsstrømmen, samt hvilke avgasser som dannes ved pyrolysing av plastholdige avfallsstrømmer, og mengden av disse. Sistnevnte kan potensielt også kreve etterbehandling av pyrolysegassen. Ellers er tomatblader og stilk rike på nitrogen, mens tomatene i seg selv har høyt innhold vann.<sup>57</sup> På grunn av høyt vanninnhold vil det gå med en del energi i en pyrolyseprosess, i form av ren tørking av biomassen. Tomatplanter vil i større grad bli omtalt i kapittel 3.5.

### 3.5 Fôrrerter

Fôrrerter er bl.a. fôr som har fått tilvekst av bakterier og sopp, fôr som er utsatt for råte, uttørking eller kontaminering i form av avføring eller andre typer forurensninger, eller som har endret egenskaper grunnet alderdom. Næringsinnhold og tørrstoffinnhold i fôrrerter er i stor grad avhengig av typen fôrslag, om det er grovfôr eller kraftfôr, og ulike fôrblandinger og forurensninger. Kraftfôr utgjør typisk 40% av energiforsyningen til kyr, og har rundt 85% tørrstoffinnhold. Proteinet i kraftfôr kommer ofte fra soya- og rapsolje, mens korn av bygg og havre ofte bidrar til rett mengde karbohydrater. I tillegg tilsettes fett, mineraler og vitaminer.<sup>58, 59</sup> Det høye næringsinnholdet, i form av proteiner, mineraler og vitaminer gjør at kraftfôr bla. er velegnet i vermikompost eller som råvare for biogassproduksjon. Grovfôret består ofte av næringsfattige gressarter og vekster, som høy og halm av hvete, bygg og rug. Denne typen fôr består i all hovedsak av fiberrik cellulose<sup>60</sup>, og vil føre til økt C:N forhold i kompost og ved biogassproduksjon. På lik linje som for andre typer råvarer vil også tørrstoffinnhold spille en rolle for effektiviteten i en pyrolyseprosess. Et relativt høyt tørrstoffinnhold vil gjøre det mulig å produsere biokull på en økonomisk måte, og det kan derfor tenkes at også biokullproduksjon kan være aktuelt for fôrrertene. Biokullproduksjon av fôr vil også være aktuelt ved mistanke om skadelige bakterier, virus sopp eller parasitter, da høye temperaturer trolig vil drepe slike forurensninger.<sup>61</sup>

<sup>55</sup> Li, Hongbo et al. (2017). Mechanisms of metal sorption by biochars: Biochar characteristics and modifications. *Chemosphere*, 178. 466-478. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.072>

<sup>56</sup> Olsen, Kjell Henrik. (2020). *Er impregnert trevirke farlig avfall?* Norsk Gjenvinning.

<sup>57</sup> Upendra M. Sainju et al., 2002, *Mineral nutrition of tomato*. Agricultural Research Station. [https://www.researchgate.net/publication/228960277\\_Mineral\\_nutrition\\_of\\_tomato](https://www.researchgate.net/publication/228960277_Mineral_nutrition_of_tomato)

<sup>58</sup> Norsk Landbrukskassamvirke. (2017, 02.11). *Bioøkonomi; Hva er egentlig kraftfôr?* <https://www.landbruk.no/bioekonomi/hva-er-egentlig-kraftfor>

<sup>59</sup> Eriksen, Birgitte E. (2000). *Grovfôr eller kraftfôr? Kartlegging av substitusjonsmulighetene ved føring av melekyr i Norge*. (SNF Rapport nr. 56). Stiftelsen for samfunns- og næringslivsforskning, SNF.

<sup>60</sup> Ibid

<sup>61</sup> Vitenskapskomiteen for mattrygghet. (2011, 28. mars). *Vurdering av mikrobielle indikatorer for hygieniserte gjødselvarer mv. av organisk opphav*. (Uttalelse fra Faggruppe for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mattrygghet). Mattilsynet

### 3.6 Tomat og tomatblader fra veksthus, samt matavfall

Tomat og tomatblader er næringsrikt avfall med høyt innhold nitrogen, kalsium, kalium, samt andre mikro- og makronæringsstoffer som magnesium og fosfor. Fordelingen av næringsstoffer vil variere mellom ulike plantedeler, samtidig som fordelingen endrer seg med vekstsesongen. For tomatfrukten ligger det meste av næringsstoffene i skallet, som i hovedsak består av kalium ( $K_2O$ ) og nitrogen. Kalsium er en av byggesteinene i plantecellevegger, og fins i større grad i plantemateriell og bladverk. Kalium og nitrogen er også sterkt representert i denne delen av planten.<sup>62, 63, 64</sup> I tillegg inneholder tomatfrukten over 90% vann.<sup>65</sup> Det høye nærings- og vanninnholdet gjør at tomatavfall i større grad lar seg anvende i biologiske nedbrytningsprosesser, som for eksempel biogass og bokashi. Eventuelle pyrolyseprosesser vil trolig kreve store mengder energi i tørkefasen. Ved mistanke om sprøytemidler, virus eller plantesykdommer kan det være fordelaktig med biokullproduksjon<sup>66</sup>, især av plantemateriell og bladverk med høyere %TS. Eventuelt kan man foreta et ekstra varmebehandlingstrinn av kompostert masse og biorest. Forurensninger som plast, tau og stålboyle vil også forekomme. Disse må fjernes før denne fraksjonen tilsettes i bokashi eller brukes til biogassproduksjon.

Matavfall faller inn under kategorien våtorganisk avfall.<sup>67</sup> Matavfall er ofte mer næringsrikt enn for eksempel hage- og parkavfall, og et relativt høyt vanninnhold(30-40%TS<sup>68</sup>) gjør at matavfallet i stor grad brukes til biogassproduksjon og i bokashi. Bruk av matavfall i bokashi gjøres i økende grad i private husholdninger, via tilsats av et EM-produkt (effektive mikrober) til matavfall, i en lufttett beholder. Prosessen er relativt rask, og tar typisk mellom 1-6 uker.<sup>69</sup> Biogassproduksjon er allerede ett av de største gjenvinningsområdene for matavfall. Matavfallet fra både fra både private husholdninger og næring. I et biogassanlegg omdannes matavfallet alene, eller innblandet med annet organisk avfall, husdyrgjødsel eller slam, for å få riktige forhold i prosessen. I tillegg kan kompost og biorest av matavfall godkjennes som gjødsel i økologisk dyrking.<sup>70</sup>

Også i matavfallet vil det kunne være forekomster av forurensninger som metall, plast og papp. Metall og plast må fjernes før matavfallet omdannes biologisk, mens papp og papir i hovedsakelig består av nedbrytbar cellulose, og kan forekomme i mindre mengder uten å gjøre skade.<sup>71</sup>

## 4 Tilgjengelighet på råvarer for kompostering, biogassproduksjon og biokullanlegg

Basert på gjennomgangen av råvarene som finnes på Mære Landbruksskole vil det være stort potensiale for å kunne forsyne en konvensjonell komposteringsprosess, året gjennom. Dette inkluderer tilførsel av både husdyrbasert avfall, kantvegetasjon, avfall fra veksthus, parkavfall og fôrrester, og utgjør den største mengden avfall som kan gjenvinnes innenfor samme område. I tillegg vil husdyrgjødsel, tomat og

<sup>62</sup> Upendra M. Sainju et al. (2002). *Mineral nutrition of tomato*. Agricultural Research Station.

[https://www.researchgate.net/publication/228960277\\_Mineral\\_nutrition\\_of\\_tomato](https://www.researchgate.net/publication/228960277_Mineral_nutrition_of_tomato)

<sup>63</sup> Sahin, Müge et al. (2013). Rhizobacterium Affects Uptake and Distribution of Nutrients in Tomato Plants Grown in Perlite. *Soil-Water Journal*, 2(2).

<sup>64</sup> Bar-Yosef, Benayahu. (1992). Fertilization under drip irrigation. Agricultural Research Organization.

<sup>65</sup> Suhaid, Muhammad et al. (2011). Physicochemical and microbiological evaluation of sun-dried tomatoes in comparison with fresh tomatoes. *Pakistan Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 44(3). 106-109.

<sup>66</sup> Vitenskapskomiteen for mattrygghet. (2011, 28. mars). *Vurdering av mikrobielle indikatorer for hygieniserte gjødselvarer mv. av organisk opphav*. (Uttalelse fra Faggruppe for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mattrygghet). Mattilsynet

<sup>67</sup> NIBIO. (2017, 23. oktober). *Plante og matavfall*. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/planteavfall-og-matavfall>

<sup>68</sup> Lind, Vibeke et. al. (2018). Mulighetsstudie biogassanlegg Helgeland. Biogass Helgeland basert på regionale koblinger mellom blå-grønn sektor. NIBIO Rapport 4(82). NIBIO

<sup>69</sup> Serikstad, Grete L. (2018). *Karbon i jord – kilder, håndtering, omdanning*. (NORSØK Rapport, Vol. 3). NORSØK

<sup>70</sup> Mattilsynet. (2017). Veileder til økologiforskriften.

[https://www.mattilsynet.no/om\\_mattilsynet/gjeldende\\_regelverk/veiledere/veileder\\_for\\_okologisk\\_landbruk.2651/binary/Veileder%20for%20%C3%B8kologisk%20landbruk](https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veileder_for_okologisk_landbruk.2651/binary/Veileder%20for%20%C3%B8kologisk%20landbruk)

<sup>71</sup> Naturvernforbundet. (2016). *Ren jord: Håndbok i Hjemmekompostering*, 8. utgave.



tomatblader, matavfall og fôrrester også kunne brukes i biogassproduksjon. Det vil være fornuftig at slike råvarer går til nærliggende biogassanlegg for gjenvinning av energi og næringsstoffer, med mindre de kan anvendes i andre prosesser på Mære. I vermikompost er hovedsakelig husdyrgjødsel og fôrrester aktuelle som råvarer, mens mat- og tomatavfall kan brukes i bokashi. Vermikompost og bokashi kan være gode alternativ for å utnytte de mindre avfallsstrømmene på. Samkompostering med biokull har især vist seg å være aktuelt for mer næringsrike fraksjoner, som husdyrgjødsel. På tross av dette er det trolig for lite trebaserte ressurser, som parkavfall, engangspaller og annet trevirke, til å kunne forsyne et kontinuerlig biokullanlegg på Mære, da bl.a. tømming av tomathuset kun vil foregå én gang i året. Talle og fôrrester vil kunne bidra til å øke andelen ressurser tilgjengelig for biokullproduksjon, men råvarene vil trolig kunne utnyttes bedre i kompostering. Med utgangspunkt i dette vil en eventuell etablering av et kontinuerlig biokullanlegg på Mære kreve innhenting av råvarer utenfra. Ved ønske om etablering av et biokullanlegg på Mære kan sesongbasert biokullproduksjon vurderes. Det vil da være behov for midlertidig lagring av avfallsstrømmene som er tiltenkt dette gjenvinningsområdet. Det vil også være hensiktsmessig å se nærmere på økonomi og skolens energibehov/produksjon, ved opprettelse av sesongbaserte anlegg, for optimal energiutnyttelse av avfallsstrømmene og økonomisk biokullproduksjon.