



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Aerob rankekompostering av ulike avfallsstrømmer ved Maaruds fabrikk ved Disenå 2020 og 2021

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 79 | 2022



Ove Bergersen og Elling Ødegaard
Divisjon for miljø og naturressurser og Maarud

TITTEL/TITLE

Aerob rankekompostering av ulike avfallsstrømmer ved Maaruds fabrikk ved Disenå
2020 og 2021

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Ove Bergersen & Elling Ødegaard

DATO/DATE:	RAPPORT NR	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
18.05.2022	8/79/ 2022	Åpen	52114	20/01251
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER	ANTALL VEDLEGG	
978-82-17-03089-8	2464-1162	54	5	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Maarud Disenå

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Elling Ødegaard

STIKKORD/KEYWORDS:

Kompostering, storskala rankekompostering
Slam og potetavfall

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Kompostering

Sirkulær økonomi

SUMMARY/ SAMMENDRAG:

Maarud factories at Disenå wanted to find a good solution on how to circulate various nutrient waste flows from the factory. Composting solution was chosen since the waste that is not of animal origin is well suited for composting and may turn into nutritious compost. The biological waste consists of sludge from the relief treatment plant, starch and broken potato from the factory are clean and an important resource to circulate.

NIBIO has been helpful in ensuring a good and safe process for composting the waste. The report describes a risk assessment of the process to prevent possible plant pests from surviving composting and that a strict hygienization strategy has been facilitated for the operation of the plant. The report also describes the structure of a composting plant with a physical division into clean and various unclean zones. Good zone division is a prerequisite for ensuring that no possible infection is transferred to the finished compost.

The report describes several laboratory studies where different waste has been tested in different mixing conditions to ensure temperature above 55-70 °C under sufficient time. The experience from the laboratory studies has then been tested on large piles that are turned so that all mass is exposed to high temperatures. All piles are continuously monitored with 4 wireless temperature sensors that send data back to the control room where information can be logged on monitor and transferred to a database on PC.

The operators follow up on the process daily so that 100% of the piles stays above 55-70 °C both before and after turns for 28 days. After 2 years of testing, various prescriptions adapted to summer and winter conditions have been developed. The sludge quantity in the prescription has been optimized so that the nutritional content measured as Total N is about 20 g/kg DM and Total P 6-7 g/kg DM. Over time, an empirical model has been created to show how long the different piles should be below the active phase, the post-maturation phase and to mature sifted compost on the pure green zone. Calculations in the model show that the process needs 33 weeks from the time the waste is mixed until the compost is fully matured.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

In total, 600 m³ of compost was produced in the project from autumn 2020 to summer 2021 divided into 4 different batches. Commodity declarations for these are made and all compost batches have high nutritional value, quality class 0 for the content of heavy metals and contain no foreign bodies. No cysts of PCN and pathogenic microorganisms have been detected in any of the compost piles.

SAMMENDRAG

Maarud fabrikker på Disenå ønsket å finne en god løsning på hvordan man kunne sirkulere ulike nærings avfall strømmer fra fabrikk. Komposteringsløsning ble valgt siden avfallet, som ikke er av animalsk opprinnelse, egner seg godt for kompostering og vil kunne bli til næringsrik kompost. Det biologiske avfallet som består av slam fra avløpsrensingsanlegget, stivelse og ødelagt potet fra fabrikk er rent og en viktig ressurs å sirkulere.

NIBIO har vært behjelpelig med å sikre en god og trygg prosess for kompostering av avfallet. Rapporten beskriver en risikovurdering av prosessen for å forhindre at mulig planteskadegjørere overlever kompostering og at en streng strategi for hygienisering er lagt til rette for drift av anlegget.

Rapporten beskriver også oppbygningen av et komposteringsanlegg med fysisk inndeling i ren og ulike urene soner. God soneinndeling er en forutsetning for å sikre at ikke mulig smitte overføres til ferdig kompost. Rapporten beskriver en rekke laboratoriestudier hvor ulikt avfall er utprøvd i forskjellige blandingsforhold for å sikre temperatur over 55-70 °C over tilstrekkelig tid. Erfaringene fra laboratoriestudiene har deretter blitt utprøvd på store ranker som vendes slik at all masse eksponeres for høye temperaturer. Alle ranker overvåkes kontinuerlig med 4 trådløse temperaturfølere som sender data tilbake til kontrollrommet hvor informasjon kan logges på monitor og overføres til en database på PC.

Operatørene følger daglig opp på prosessen slik at 100% av ranken holder seg over 55-70 °C både før og etter vendinger i 28 dager. Etter 2 års utprøving er det utviklet ulike resepter tilpasset sommer og vinter forhold. Slam mengden i resepten har blitt optimalisert slik at næringsinnholdet målt som Total N ligger på ca. 20 g/kg TS og Total P 6-7 g/kg TS. Over tid er det laget en empirisk modell for å vise hvor lang tid de ulike ranker skal ligge under aktiv fase, ettermodningsfase og til moden siktet kompost på ren grønn sone. Beregninger i modellen viser at prosessen trenger 33 uker fra avfallet blandes til komposten er ferdig modnet.

Totalt ble det produsert 600 m³ kompost i prosjektet fra høsten 2020 til sommeren 2021 fordelt på 4 ulike batcher. Varedeklarasjoner for disse er laget og alle kompostbatcher har høy næringsverdi, kvalitets klasse 0 for innhold av tungmetaller og de inneholder ingen fremmedlegemer. Ingen cyster av PCN og patogene mikroorganismer er blitt påvist i noen av kompostrankene.

LAND/COUNTRY:	Norway
FYLKE/COUNTY:	Innlandet
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Sør-Odal
STED/LOKALITET:	Disenå

GODKJENT /APPROVED



TROND MÆHLUM

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



OVE BERGERSEN

Forord

Alle data og oppbygging av det nye komposteringsanlegget ved Maaruds fabrikk ved Disenå er samlet i tre rapporter. Hovedrapport Vol 8 (79) 2022, delrapport 2 Vol 8 (69) 2022, og delrapport 3 Vol 8 (78) 2022. Arbeid med testing i fullskala og laboratorium har foregått i 2020 og 2021. Denne hovedrapporten beskriver anlegget og hvordan det bør driftes basert på foreliggende undersøkelser, med detaljert beskrivelse på hvordan prosessen utføres. Prosjektet har også hatt samarbeide med NIBIO divisjon plantehelse ved Marit Skuterud Vennatrø og Solveig Haukeland

Prosjektet har hatt et meget godt samarbeide mellom fabrikkssjef Elling Ødegaard, ansvarlig sjef for rensenanlegget Arild Hansen og de ansatte Mats S. Mastad, Tony M. Krosli og Joar Amundsen, som har utført alt praktisk arbeid fra start til slutt. Elling Ødegaard har også bidratt med behandling av data i prosjektet. NIBIO ønsker rette en stor takk for et godt samarbeid i prosjektperioden.

Rapporten er kvalitetssikret av seniorforsker Trond Mæhlum

Ove Bergersen



Ås, 18 mai 2022

1	Innledning.....	6
1.1	Risikovurdering for behandling av diverse avfall fra Maarud.....	9
1.2	Maaruds nyetablerte rankekomposteringsanlegg på Disenå.....	10
1.3	Mål for prosjektet og organisering.....	13
2	Materiale og Metoder	14
2.1	Laboratorieforsøk på komposterbarhet av ulike avfallsfraksjoner	14
2.2	Målinger av temperatur i kompostranker	15
2.3	Analysen av næringsinnhold, tungmetaller og patogene mikroorganismer i råstoffet	16
2.4	Analysen av næringsinnhold, tungmetaller og patogene organismer i siktet kompost.....	17
3	Resultater, diskusjon og anbefalinger	18
3.1	Dewar kompostering med slam, potetmiks og struktur.....	18
3.2	Dewar kompostering med slam, potetkrell, potetgull, tortilla, potetskruer og struktur.....	19
3.3	Dewar kompostering med miks av struktur/ slam, blandet med lagunestivelse	23
3.4	Rankekompostering med blanding av slam, potetmiks og ulike mengder struktur.....	25
3.5	Rankekompostering med nytt og gammelt slam, chipsavfall, varm kompost og struktur	27
3.6	Rankekompostering med slam, chips, lagunestivelse, varm kompost og struktur	30
3.7	Rankekompostering ny resept - høyere andel slam, råstoff og ulike mengder varm kompost og struktur 32	
3.8	Kombinasjon av ranker med ujevne temperaturer etter vending.....	37
3.9	Kombinasjon av ranker ved tilførsel av 50% varm kompost innblandet nytt avfall fra start	38
3.10	Driftsinstruks til anlegget.....	39
3.11	Evalueringsrapport fra siktede ranker.....	45
3.12	Næringsinnhold av siktet kompostbatcher	48
3.13	PCN cyster i siktet kompost	50
4	Konklusjoner.....	51
	Litteratur	53
	Vedlegg.....	55
	Vedlegg 1.....	56
	Vedlegg 2.....	58
	Vedlegg 3.....	59
	Vedlegg 4.....	60
	Vedlegg 5.....	62
	<u>Varedeklarasjon for kompost batch 1</u>	62
	<u>Varedeklarasjon for kompost batch 2</u>	66
	<u>Varedeklarasjon for kompost batch 3</u>	70
	<u>Varedeklarasjon for kompost batch 4</u>	74

1 Innledning

Kompostering er en avfallshåndteringsmetode som omdanner organisk materiale primært fra organisk avfall (for eksempel hage-, park-, nærings- matavfall). Gjennom kompostering vil det over tid dannes humus og et stabilt produkt som kalles kompost. Komposten er et heterogent produkt som varierer avhengig av råvarer og fremstillingsprosess (Føreid et al., 2018). Det finnes ulike metoder og tekniske hjelpemidler for kompostering – for eksempel van Maanen-metoden hvor matavfall og kloakkslam legges opp i ranker (Bergersen et al., 1992). Reaktorkompostering gjør det mulig å optimalisere og kontrollere parametere som fuktighet, temperatur og lufttilførsel. Her er det vanlig å kompostere bioest og organisk avfall.

En mer mekanisk og teknisk avansert form for kompostering kan også utføres ved bruk av en lukket trommel som sakte roterer under kontrollerte betingelser (Bergersen et al., 1992). Denne metoden er kjent som våtkompostering og benyttes for behandling av kloakkslam og industriavfall. Felles for metodene er at komposteringsprosessen kan effektiviseres ved å blåse luft gjennom komposten og/eller ved blanding av materialet (Bergersen et al., 1992)

Lover og regler på bruken av kompost

I Norge omsettes kompost som handelsvare og reguleres av Gjødselforskriften som håndheves av Mattilsynet. I forskriften karakteriseres kompost som et jordforbedringsmiddel med en viss gjødselfvirkning. Kompost som jordforbedringsmiddel tilfører organisk materiale til jorden og er avgjørende for de mange fysiske, kjemiske og biologiske egenskapene som påvirker jordas funksjoner (Føreid et al., 2018). Ifølge Gjødselforskriften skal gjødselfabrikantene vise aktsomhet og forebygge at produktet inneholder tungmetaller, fremmedlegemer og smittestoffer (Lovdata, 2021). Siden gjødselfabrikatene kan inneholde organiske miljøgifter er det behov for å vurdere om behandlingsmetodene for avfall i komposterings- og biogassanlegg forhindrer at miljøgifter overføres fra jord/miljø til mat og fôr.

Gjennom tiden har kompostering vært en velkjent metode for stabilisering av organisk avfall. Kompostering blir regnet som en av de eldste metodene for behandling av fast avfall, noe som kan forklare hvorfor diverse fagmiljøer henviser ulikt til utgivelsen av den første vitenskapelige komposteringsstudien. Siden avfallsdisponeringen er et voksende problem, har også interessen for effektivisering av komposteringsprosessen økt (Bergersen, 2018; Bergersen et al., 1992; O`Toole & Bergersen, 2020).

Det er mange fordeler med å benytte kompostering som nedbrytningsmetode av organisk materiale. Etter komposteringsprosessen vil komposten nøytralisere både sur og alkalisk jord, hvilket gjør næringsstoffer og mikroorganismer biotilgjengelig for planter. Slik forbedres jordens organiske stoffinnhold, og det sørges for at forekomsten av patogene mikroorganismer er lav. Komposteringsprosessen avhenger av råvaretype, jordtype, klima og lokale forhold (Oldfield et al., 2018). I tillegg kan komposten gjennomgå en mineraliseringsprosess hvor det organiske materialet omdannes til uorganisk form. Dette kan øke biotilgjengeligheten av næringsstoffer og bedre planteveksten (Boutasknit et al., 2020, Estrada-Bonilla et al., 2021).

Uferdig kompost kan også føre til hemming av plantevekst. Bakteriene kan også fremkalle sykdom (virulens) ved bruk av umoden kompost (Herren et al., 2018). Umoden kompost kan også gi insekter gunstige leveforhold (Herren et al., 2018).

For for mye gjødsling med kompost rundt frukttrær føre til oksygenmangel rundt trærnes røtter grunnet høy tilførsel av organisk materiale sammen med mikroorganismer (Hanslin et al., 2005).

Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM) har gjennomført en risikovurdering av faren for spredning av farlige plantesjukdommer og skadedyr i organisk avfall eller vann fra bedrifter som pakker poteter og grønnsaker. Farlige plantesjukdommer og skadedyr kan spres med organisk avfall eller vann fra bedrifter som pakker norskproduserte og importerte poteter og grønnsaker. Effekten av

tiltak for å forebygge spredning varierer. Dette er hovedbudskapet fra VKM. VKM har gjennomført en riskokovurdering på oppdrag fra Mattilsynet (VKM Report 2018:15 og Report 2021:19).

Økende import av potet og grønnsaker gir stor risiko for at planteskadegjørere følger med. Etter anbefaling fra den europeiske plantevernorganisasjonen EPPO, har Mattilsynet definert noen virus, bakterier, sopper, nematoder og insekter som ekstra farlige, fordi de kan forårsake avlingstap og kvalitetsfeil i poteter og rotgrønnsaker. Disse skadegjørerne kalles karanteneskadegjørere. VKM har identifisert og vurdert effekten av risikoreducerende tiltak. Effekten av ulike tiltak varierer.

Tiltak som klart reduserer risikoen for spredning av skadegjørere til landbruksarealer (VKM 2018-15):

- Sikker destruksjon av poteter og grønnsaker som er råtne eller skadet.
- Rensing av vannet som poteter og grønnsaker er vasket i.
- Drenering og rensing av avløpsvann gjennom kommunale vannbehandlingsanlegg.

Tiltak som gir liten effekt på reduksjon av risiko for spredning av farlige skadegjørere, er:

- Filtrering eller UV-behandling av avløpsvann.
- Varmebehandling av avfall har høy effekt mot de fleste skadegjørere, men har liten til middels effekt mot potetkreft.

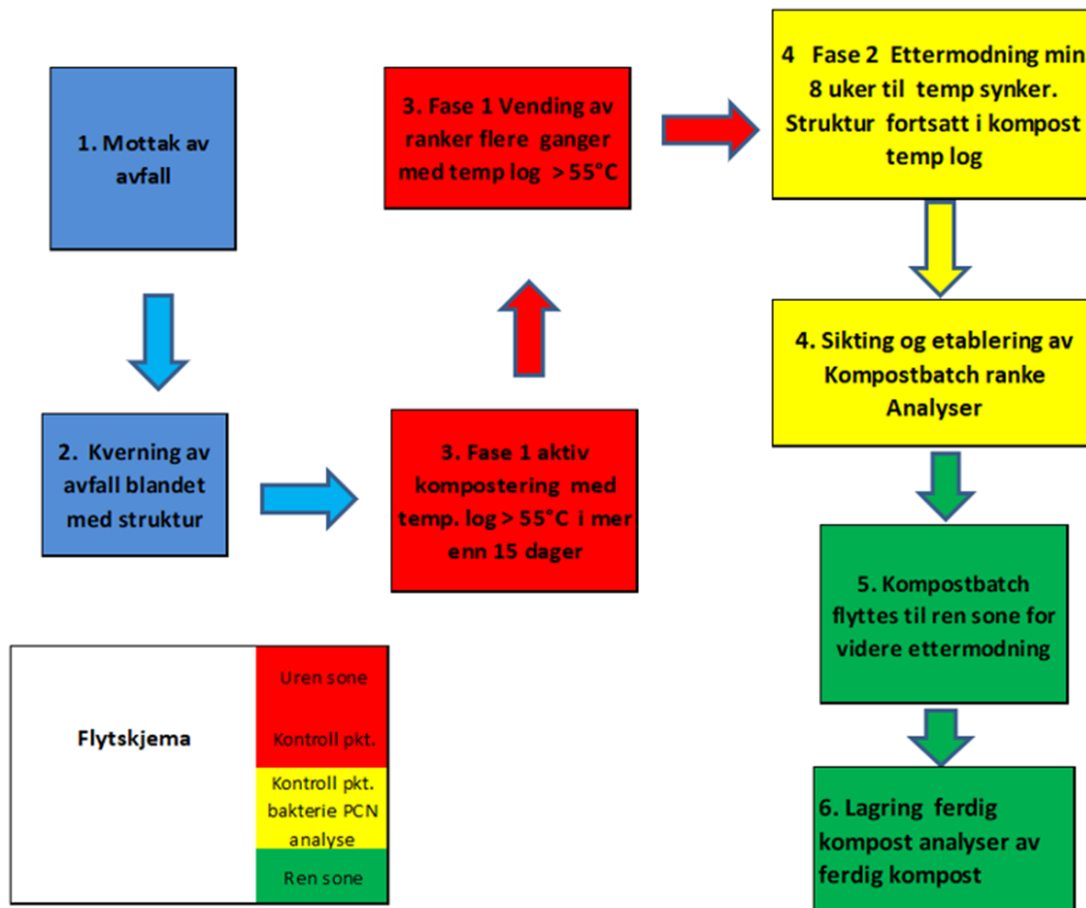
Kompostering av matavfall tilsatt potetcystenematode (PCN) er blitt undersøkt for å se på overlevelse (Bøen, et al 2006). Overlevelse av cyster, målt ved klekking ble redusert med 99,9% allerede etter 8 dagers kompostering og etter 29 dager ingen klekking av cyster ble påvist. Noen få egg klekket etter 15 dager eksponert ved temperaturer over 60°C i flere dager. Maksimal temperatur og termofil eksponering kan ikke forklare klekkingen av PCN alene, slik at andre faktorer er mulig involvert og forårsaker klekking av sporer. PCN manglet evne til å reprodusere seg etter 8 dagers kompostering periode med temperaturer som nådde 50°C. Følger av dette, 8 dagers kompostering hvor PCN materialet var eksponert for minimum 50°C over en periode kan foreslåes å ha tilfredsstillende metode i å sanere PCN. Dette er et grunnlag for å få til en god og trygg behandlingsmetode for å håndtere råstoff og avfall fra Maarud.

NIBIO ble kontaktet av Maarud våren 2020, siden de hadde en utfordring i håndteringen av ulike avfallsstrømmer fra fabrikk på Disenå. Tidligere har alt avfall, slam fra renseanlegget og ødelagt potet fra lager blitt deponert på eget deponi inne på fabrikkområdet.

Nå er dette deponiet overfylt. I tillegg har prosessvann blitt lagret i en lagune hvor stivelse sedimenteres. Alle disse avfallsfraksjoner bør kunne komposteres og derved bli en ressurs for bedriften.

Avfallet har høy næringsverdi, ingen tungmetaller (klasse 0), miljøgifter, plast og burde derved kunne bli til et høyverdig kompostprodukt.

Før prosjektet startet hos Maarud er det blitt planlagt hvor stort areal som trengs for å utføre trygg kompostering av avfallet. Det er investert store summer i arealutvidelse og redskaper for å få på plass sikre soner hvor avfallet samles, blandes og komposteres (Figur 1).



Figur 1. Illustrasjon av et flytskjema for planlagt komposteringsanlegget til Maarud. Dette ble forløperen for å sikre en trygg behandling av avfallet.

1.1 Risikovurdering for behandling av diverse avfall fra Maarud

Mattilsynet ønsket at det ble utført en risiko vurdering av anlegget. Her ble det benyttet lignende risikovurdering etter Blytt, 2016, som gjelder på animalsk avfall som er mere omfattende enn når næringsavfall skal komposteres. I vår risikovurdering er det også tatt med informasjon fra den ny VKM rapporten som kom 2021:19 og våre komposteringsforsøk med gul PCN beskrevet i delrapport 3 (Bergersen et al. 2022).

Illustrasjonen er basert på lav risiko etter behandling av avfallet pkt 1,2,3 og 4

Sannsynlighet

Alvorlighet	3 (1*3)	6 (2*3)	9 (3*3)
	2 (1*2)	4 (2*2)	6 (3*2)
	1 (1*1)	2 (2*1)	3 (3*1)

Karantereskadegjørere	Potetavfall , stivelse og bioslam		Merknader	
	Sannsynlig	Alvorlighet	Risiko	Temperatur følsomhet i kompost
Bakterier og sopp				
<i>E. coli indikator org. fra analyser</i>	1	2	2	Inaktiv over 50 °C
<i>Salmonella indikator org. fra analyser</i>	1	2	2	Inaktiv over 50 °C
<i>Ralstonia (mørk ringrâte)</i>	1	3	3	Inaktiv over 30 °C
<i>Clavibacter (lys ringrâte)</i>	1	3	3	Inaktiv over 30°C
<i>Synchytrium endobioticum (potetkreft) *</i>	1	4	4	Vanskelig å drepe 65-70°C i mer en 12 dager
<i>Fusarium (Sigdmuggsopp)</i>	1	2	2	55 -70 °C 3-4 uker
<i>Sclerotium cepivorum (Løkhvitrâte)</i>	1	2	2	64- 70 °C 21 dager
Virus				
Potet spindel tuber virus	1	3	3	
Ringspot virus	1	3	3	
Spottet wilt virus	1	3	3	
Parasitter				
<i>Ditylenchus (stengel nematode)</i>	1	2	2	18-22°C
<i>Ditylenchus (potetrâte nematode)</i>	1	2	2	
<i>Globodera rostochiensis (gul PCN)</i>	1	3	3	Kompost >50 °C 4-8 døgner (Bøen et. al. 2006)
<i>Globodera rostochiensis (gul PCN)</i>	1	3	3	Vått slam 65°C i 30-60min (Holgado et al. (2013)
<i>Globodera pallida (hvit PCN)</i>	1	4	4	
<i>Meloidogyne incognita (rotgallenematode)</i>	1	2	2	Kompost 57 °C i 19 døgner Witchuk et al. (2011)
<i>Meloidogyne incognita (rotgallenematode)</i>	1	2	2	Kompost 73°C i 4 døgner Herrmann et al. (1994)
<i>Meloidogyne chitwoodi (rotgallenematode)</i>	1	2	2	Kompost 58 °C i 42 timer Witchuk et al. (2011)
<i>Meloidogyne fallax (rotgallenematode)</i>	1	2	2	Kompost 73 °C 4 døgner
<i>Epitrix (fra biller)</i>	1	2	2	< 50 °C Ref. VKM et al.2018)

* Maarud importert kun potetslag fra Danmark og Sverige . Alle er resistente for *Synchytrium endobioticum* (potetkreft)

Pkt 1 Blå sone (Avfallet som skal behandles)

Slam fra renseanlegget og stivelse fra lagune kommer fra prosessvann på fabrikken.

Ingen skadegjørere PCN er påvist i avfallet som komposteres, evt påvist innhold av patogene bakterier og sopp destrueres ved høy temperatur under kompostering.

Mottak av potet er i hovedsak norske pluss 3 sorter fra Skandinavia:

Alle importerte potet er vasket og frigjort for jord. Kvalitetskravene på de tre sorter Maarud importerer er klarert hos tollvesenet på grensen med info sendt Mattilsynet. Potetsortene er Lady clear, Lady Britta og Kiebitz. Disse er alle resistente for potetkreft *Ralstonia solanacearum*.

Ifølge plantehelse på NIBIO, Ås er lady Clear og Kiebitz resistente mote Rase 1 av potetkreft (som ble påvist i Norge for mange år siden). Lady Britta er resistent mot Rase 1, men også mot noen flere raser.

Pkt 3 Rød sone (aktiv kompostering)

Temperaturer over 55 og 60 grader log føres og kontrolleres daglig. Ingen ranker flyttes til gul sone hvis temperaturer ikke har vært igjennom hygienisering (se instruks under)

Pkt 4 Gul sone Ettermodning

Temperaturer følges før sikting

Pkt 5 Siktet kompost slås sammen til kompostbatcher merket med skilt på historikk.

Siktet kompost analyseres på næringsinnhold, tungmetaller, PCN og evt. patogener (salmonella, og TKB)

INSTRUKS KOMPOSTERING DATO 27.12.2021	Liggetid sensorer 55 - 60 °C	Liggetid sensorer 60 - 70 °C	Sensorer over 70 °C i flere dager
	Vending etter	Vending etter	Vending etter
Første fase Rød sone	Min. 10 dager (mål 100% 4 sensorer)	10 dager (mål 100% 4 sensorer)	5 dager (mål 100% 4 sensorer)
1. vending Rød sone	Etter 1. vending bør ranka helst ha 15 dager med hygienisering over 55 °C (mål 100%) eller 10 dager med hygienisering over 60 °C eller 70 °C (mål 100% men 75% er ok på slutten). 3 - 4 sensorer. Ranka flyttes så til Gul sone.		
Ettermodning Gul sone	Temperaturen måles på Gul sone med 2 sensorer 1 - 2 uker inntil vi har samlet minst 28 dager over 55 °C (mål 100%). Ranken snus deretter på Gul sone dersom temperaturen er over 70 °C så gunstig temperatur for ettermodning under 45 °C kan oppnås.		
Sikting Gul sone	Temperaturen bør være under 40 °C ved sikting. Ranken snus hvis temperaturen er over 50 °C.		
Ferdig kompost Grønn sone	Ferdig kompost bør være under 30 °C og lukte jord. Komposten snus hvis den er over 40 °C.		

1.2 Maaruds nyetablerte rankekomposteringsanlegg på Disenå

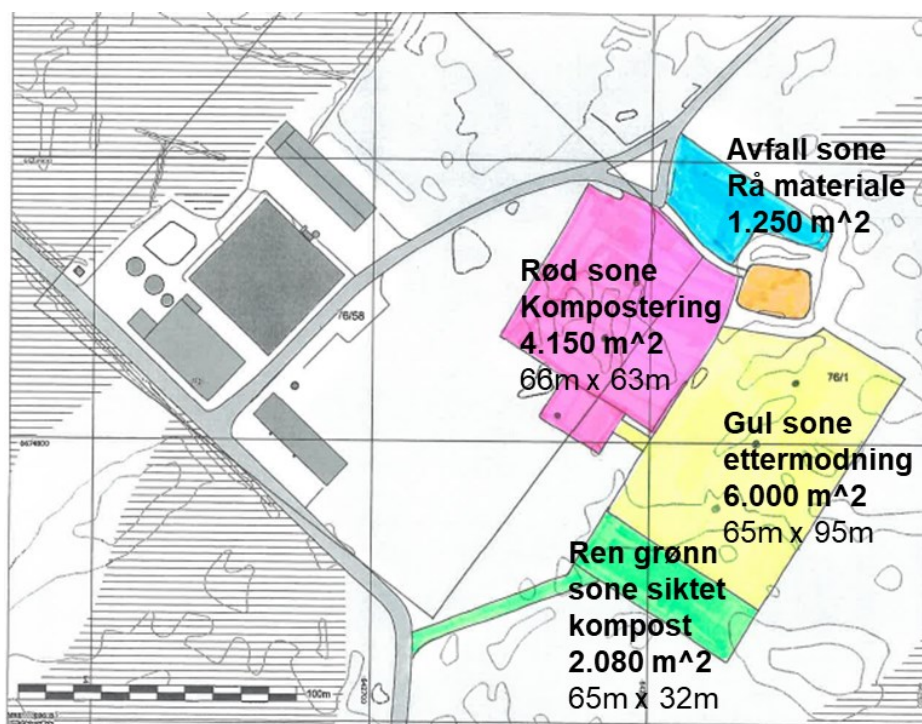
I perioden 2020 til høsten 2021 har Maarud investert mange millioner på å ferdigstille et topp moderne anlegg for rankekompostering for å håndtere sitt avfall til å bli et kompostprodukt av høy klasse. Området som innbefatter flere soner illustrert i figur 2.

Uren soner: Blå sone hvor avfall lagres og blandes før kompostering. Rød sone hvor aktive kompostranker bygges opp og temperatur overvåkes og vendes. Her hygieniseres avfallet ved høye temperaturer over 60 °C. I tilknytning til rød sone er det laget separat vaske plass for hjullaster slik at utstyr kan rengjøres under prosessen.

Ettermodning sone: Gul sone hvor hygienisert kompost videre hygieniseres og ettermodnes.

Ren sone: Grønn sone hvor siktet kompost lagres i kompost batcher til analyser og vurdering av næringsinnhold, patogene mikroorganismer, tungmetaller og egne analyser for evt. påvisning av potetecystenematoder (PCN). Her evalueres sikkerhet på komposten før den kan sendes ut ved egen separat vei (Figur 2).

Alle soner er adskilt med betong vegger, og alt sigevann fra, blå, rød og gulsone samles og føres tilbake til Maaruds renseanlegg for prosessvann fra fabrikk. I løpet av 2021 er det full drift på området og figur 3 viser aktive ranker på rødsone, ettermodningsranker gul sone og siktet kompost på grønn sone. Anlegget framstår som et ryddig komposteringsanlegg.



Figur 2. Kart over nytt komposteringsområde etablert ved Maarud. Blå soner avfall og råmateriale. Rød sone hygienisering av avfallet i store ranker. Gul sone, ettermodning av kompostranker og grønn sone hvor siktet kompost lagres før utsendelse. (tegning fra Maarud)



Figur 3. Viser aktive kompostranker på rød sone i front ettermodningsranker på gul sone bak. Øverst bak til høyre siktet kompostbatcher på grønn sone. Alle ranker er merket med tydelige skilt slik at komposten kan etterspores. Hele området er merket med skilt (over). Foto Maarud

1.3 Mål for prosjektet og organisering

NIBIO skal bistå Maarud i sikker håndteringen av avfallet som produseres fra fabrikk, gjennom trygg kompostering, til å bli et høyverdig produkt.

Prosjektet har blitt organisert på følgende måte:

1. **Forprosjekt:** Planlegge kompostering av ulike avfall strømmer Maarud har.
 - Vurdere kjemiske analyser på materiale i gammelt deponi, potetjord, slam og ferskt slam – etablere gunstige blandingsforhold i laboratorieforsøk.
 - Evaluere optimale blandingsforhold, eventuelt justere tidsplan.
 - Møter med Maarud AS for å diskutere videre plan for komposteringsareal, innkjøp av utstyr.
 - Bistå ved oppbygging av store kompostranker med gunstig blandingsforhold og med riktig struktur i innblanding.
 - Møter og diskusjon; rapportere oppgaver, justeringer.
 - Informasjon og faglig dialog med Maarud AS om prosessutvikling; vurdere temperaturutvikling, mulig gassmålinger i rankene for å sikre at komposteringen går riktig og godt før vinteren setter inn. Her vil forslag til nye tiltak komme frem hvis nødvendig.
2. **Aktive faser:** Vurdere og gi råd om komposteringsprosessen i store ranker i aktiv fase og i ettermodningsfase. Modellere temperatur utviklingen i store kompostranker og utføre temperatur forsøk for å eliminere gul potetnematode (PCN).
3. **Analyse og sluttrapportering:** Vurdere ferdig kompost etter ettermodning, sikting og kvalitetssikringsrapport «Varedeklarasjon for bruk av komposten».
4. **Dialog** med Mattilsynet, registrering og faglig ved NIBIO Plantehelse for vurdering av evt. mulige planteskadegjørere.

I alt 3 rapporter er skrevet; en oppsummerende hovedrapport og to delrapporter. Delrapport 2 «Modellere temperatur utviklingen i store kompostranker» og delrapport 3 «Utføre temperatur forsøk for å eliminere gul potetnematode (PCN).

2 Materiale og Metoder

2.1 Laboratorieforsøk på komposterbarhet av ulike avfallsfraksjoner

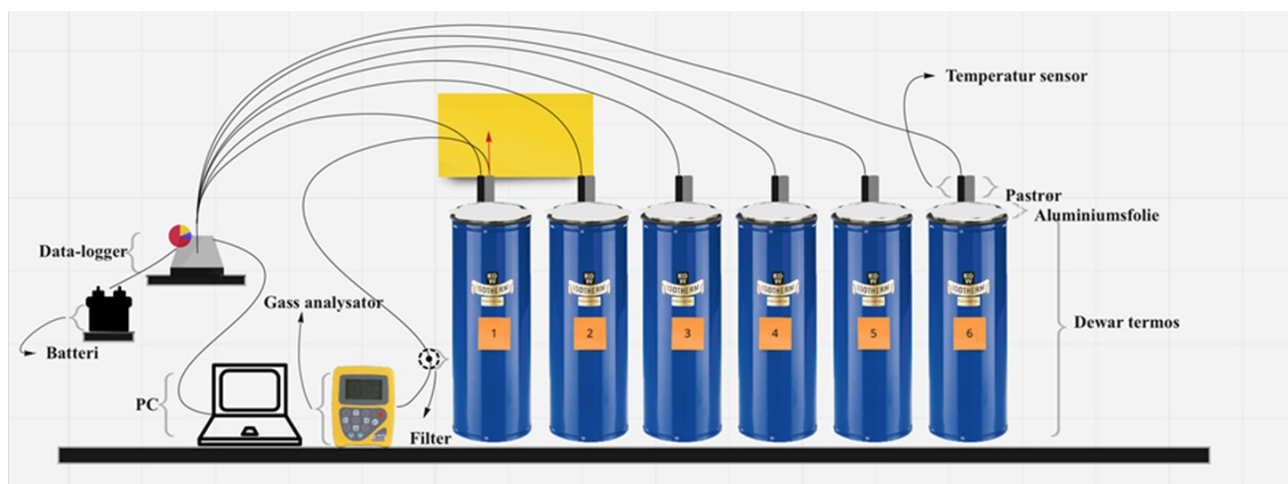
I metoden ble det valgt et stasjonært komposteringsystem, en Dewar-reaktor. Dewar-reaktorer er blitt brukt for stabilitet i målinger av kompost. En lignende studie om nedbrytning av antidepressiver har blitt utført i samme type reaktorer (Vasskog et al., 2009).

Dewar-reaktoren er illustrert i figur 4. Luftutveksling foregikk via den åpne toppen av Dewar-reaktoren. I midten av reaktoren ble temperaturen målt ved hjelp av temperatur-sensorer, og tilknyttet data ble lagret i en Delta-T data logger med batteridrevet strømtilførsel. Gjennom å utføre temperaturmålinger hvert tiende minutt kunne loggeren beregne gjennomsnitts-, maksimums- og minimumstemperaturene per time til programmet PC200W. Ved siden av temperatursensoren ble det satt inn et plastrør for å overvåke gass-sammensetningen inne i kompostens porevolum under forsøket. En gassanalysator, GA 2000, ble benyttet for å måle konsentrasjonene av O₂-gass elektrolytisk. Konsentrasjonene av CO₂- og CH₄- gass ble samtidig målt med en infrarød sensor. GA2000 gass analysatoren ble benyttet for å måle respirasjon fra prosessen levert av www.keison.co.uk/geotechnical.

Konsentrasjonsverdiene ble avlest etter ca. 30 sekunder når maksimumsverdi av CO₂ og minimumsverdi av O₂ ble nådd. Gassmålinger ble utført daglig. Når oksygenforbruket i komposteringsprosessen var ekstra høyt (lav oksygenkonsentrasjon inne i massens porevolum) ble det tilført ny luft inne i massens målepunkt. Lufttilførselen skjedde ved å suge ut respirasjonsgasser fra massens porevolum med gassanalysatoren slik at konsentrasjonene viste 14-15 % oksygen. På den måten tilføres porevolumet i massen ekstra med oksygen fra omgivelsene, og det var spesielt i starten av prosessen at slik lufttilførsel er nødvendig. Toppen av Dewar-reaktoren ble tildekket med aluminiumsfolie for å hindre varmetap og uttørring.

I Dewar forsøk ble ulike avfall fraksjoner og blandingsforhold undersøkt for å sikre god kompostering i de større rankene hos Maarud. Ulike blanding av ulike avfall fraksjoner og ulike mengder struktur ble undersøkt for å se komposteringsgraden til de ulike avfallsfraksjoner. Analyser på råstoffet er vist i tabell 1.

Temperatur- og gassmålingene inne i komposteringsmassen ble overvåket for å følge mikrobielle aktiviteten under komposteringsprosessen. Her ble temp. logført og respirasjonsgasser målt daglig. Ferdigblandet avfall (slam, stivelse, potetchips og potetavfall) ble hentet på Maarud, og innblandet og hoggeflis som strukturmateriale i ulike blandingsforhold.



Figur 4. Temperaturutvikling og utvikling av respirasjon ble utført i Dewar 2L termoser hvor ulike avfallsstrømmer ble undersøkt.

2.2 Målinger av temperatur i kompostranker

Alle temperaturmålinger ble utført manuelt i starten, men alle data representert i rapporten er fra nyinnkjøpte sensorer som måler kontinuerlig og sender verdiene til en database trådløst, se foto figur 5.



Figur 5. Trådløse temperatursensorer levert av Endress og Hauser plassert i forsøksranke for å modellere temperaturene i ranke før og under vending (Foto Elling Ødegaard, Maarud).

Utstyr for å overvåke temperaturer i kompostrankene er kjøpt av firma Endress og Hauser.

Maarud har kjøpt inn 42 stk (2 m lange) temperatursensorer av typen Thermometer TM131 Modulært termoelementer (M131-NC17/101) med Wireless HART Adapter SWA70. Dette overfører data trådløst til logger (Advanced Graphic Data Manager RSG45) og avleses på PC.

2.3 Analyser av næringsinnhold, tungmetaller og patogene mikroorganismer i råstoffet

Før vi startet komposteringen ble avfallsfraksjonene undersøkt for innhold av næringsstoffer, tungmetaller, evt. innhold av patogene mikroorganismer. Tabell 1 viser at råstoffet er rent og viser ulikt C/N forhold som vil være viktig for å komme fram til riktige blandings resepter. Slammet har mye nitrogen og næringsstoffer, men mindre karbon som vil være viktig energikilde i resepten slik at høye nok temperaturer oppnås i rankene. Derfor ble det utført en rekke laboratorieforsøk i liten skala for å komme fram til gode trygge resepter i stor skala rankene på Maarud. Her er innblanding av lagune stivelse, potetmiks og chips viktige kilder å blande slammet med.

Tabell 1. Analyser av PCN, patogene mikroorganismer, næringsinnhold og tungmetaller i råstoffet benyttet i komposteringen.

PARAMETER	ENHET	Ferskt slam	Lagret slam	Potetmiks jord	Lagune stivelse A	Start komp.miks 01.2022	Gjødselvarer klasse
Tørstoff	%	18	38	60	53	38	
pH		4,2	8,2	7,6	6,0		
Mikronæringsstoffer & Makronæringsstoffer							
Kalsium (Ca- AL)	g/kg TS	0,34	2,5	1,8	1,5		
Kalium (K-AL)	g/kg TS	2,3	1,5	3,1	0,6		
Magnesium (Mg-AL)	g/kg TS	0,42	0,48	0,53	0,17		
Natrium (Na- AL)	g/kg TS	0,3	0,32	0,15	0,14		
Fosfor (P-AL)	g/kg TS	0,4	1,1	0,90	0,23		
Total Fosfor (P)	g/kg TS	22	12	4,8	1,05		
Totalt organisk karbon (TOC)	% TS	18	27	22			
Total N (Kjeldahl)	g/kg TS	75	30	17	5,5		
Nitrat -N (2 MKCL)	g/kg TS	3,5	0,84	0,06	0,04		
Ammonium-N (2 MKCL)	g/kg TS	5,1	8,3	4,4	0,06		
C/N		2,4	9	13	11		
Metaller							
Sink	mg/kg TS	48	49	49	35		0
Kobber	mg/kg TS	38	23	19	8,5		0
Arsen	mg/kg TS	< 5,3	< 5,3	< 5,2			0
Kadmium	mg/kg TS	0,38	0,28	0,26	0,12		0
Krom	mg/kg TS	13	21,0	33,0	9,4		0
Bly	mg/kg TS	< 2,1	4,8	7,0	4,7		0
Kvikksølv	mg/kg TS	0,10	< 0,07	0,07	0,019		0
Nikkel	mg/kg TS	16	12	18	5,3		0
Parasitter							
PCN				ikke påvist			
Patogene bakterier **							
Salmonella	per 25 g	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	
Enterokokker	CFU/ g	< 100	< 100	>15000	< 100	9500	
Termotolerante coliforme (TKB)	MPN/ g	<20	<20	140	<20	20	
E. coli	MPN/ g	<20	<20	140	<20	20	

* AL = Analyse som gir info om Plantetilgjengelighet

MPN = most probably number

CFU = koloni formede enheter

** analysert jan 2022

2.4 Analyser av næringsinnhold, tungmetaller og patogene organismer i siktet kompost

Etter sikting av de ulike kompostranker ble det tatt ut gode bland prøver av hver ranke produsert i perioden sept. 2020 til 2021. De første rankene fra 2020 ble tørket og siktet med 8 og 10 mm sikt hos NIBIO for å se på næringsinnholdet i komposten, men først å fremst undersøkt om det ble påvist gul PCN cyster i sentrum og overflaten av ranke 6 og 7 (Batch 1). Sistnevnte tidlig produsert kompost ble også undersøkt ved spiretest hos NIBIO. Denne testen vil vise om avfallet som komposteres kan inneholde spirehemmende komponenter. Potter med siktet kompost ble inkubert med 10-20 frø fra raigras og vannet regelmessig i 30 dager.

De resterende kompost prøver ble siktet i stor skala hos Maarud sensommeren 2021.

I alt 10 til 20 uttak avhengig av hvor stor kompostbatchen var, ble godt blandet og sendt til analyse hos Eurofins AS.

Komposten ble analysert for næringsinnhold, tungmetaller, patogene mikroorganismer (*Salmonella* og TKB). Hver bland prøve var på ca. 500 g kompost. Siden slammet kan inneholde noe kloakk fra fabrikkens egne toaletter kan stikkprøver på *E.coli* være nyttig å ta med i analysen.

Komposten inneholder ikke animalsk avfall og skal følge gjødselverforskriften fra Landbruksdepartementet mars 2018.

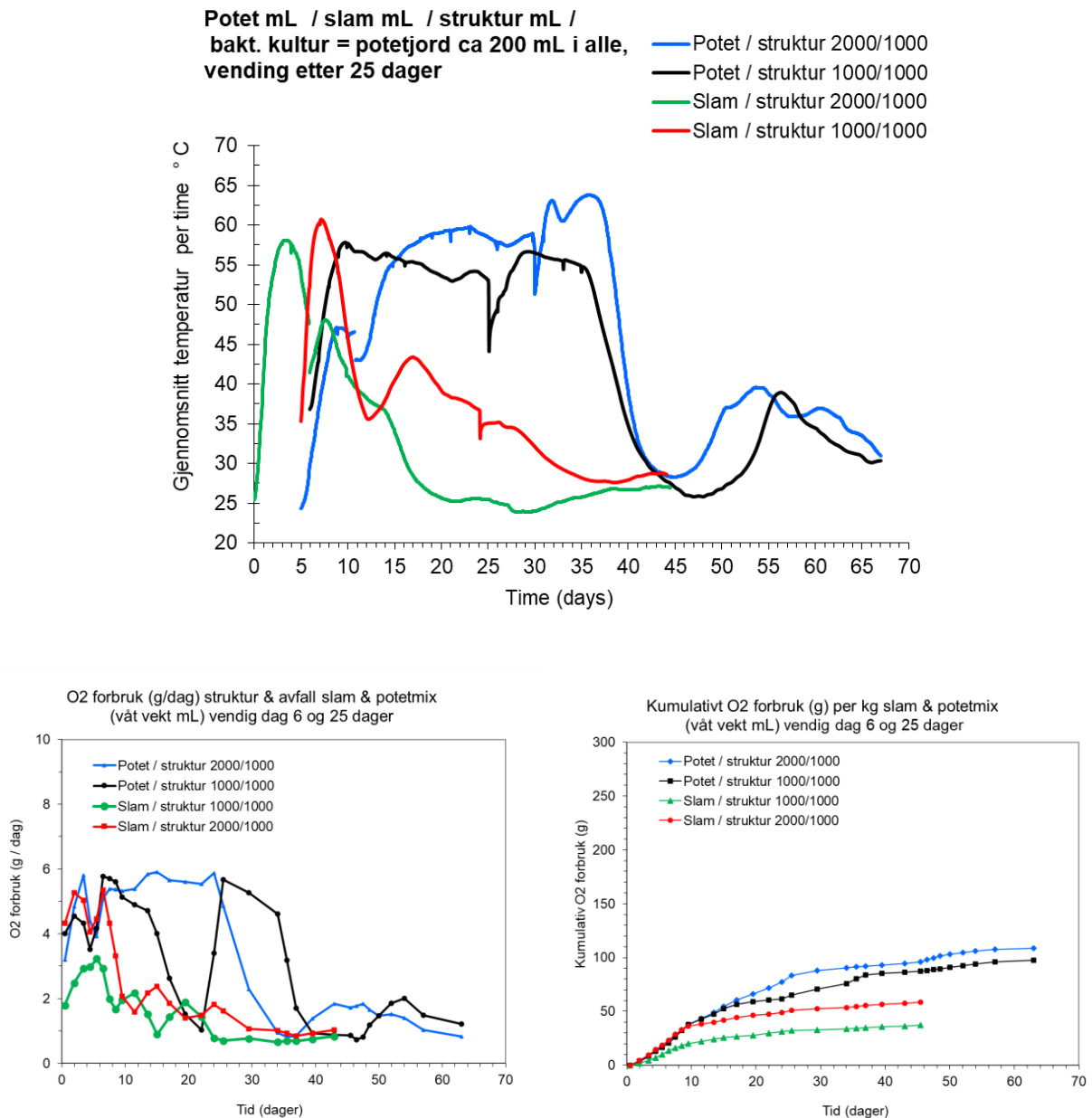
- *Salmonella skal ikke være påvist i 25 g kompost.*
- *Alle kompostranker hvor komposten er opphav fra er dokumentert med temperaturer over 55°C i mer enn 2 uker eller evt. lenger.*
- Gjeldende krav i forskrift om organisk gjødsel er maks 2500 termotolerante koliforme bakterier (TBK) per gram tørrstoff (TS), jf. § 10.3 i forskrift om organisk gjødsel.

All siktet komposten produsert i 2020 og 2021 er analysert for evt. påvisning av PCN ved NIBIO Plantehelsetjeneste. Jorden fra pottene ekstraheres iht til EPPO protokollen PM 7/119.

3 Resultater, diskusjon og anbefalinger

3.1 Dewar kompostering med slam, potetmiks og struktur

Det første forsøk på temperatur utvikling på ulike råstoffer ble utført på slam og potetmiks avfall hver for seg med ulike mengder struktur (Figur 6).



Figur 6. Temperaturutvikling over og respirasjon utviklet forbruk av oksygen og beregnet kumulativt (under) i forsøk med slam og potetmiks med ulik mengde strukturinnblanding. Potet /struktur 1000/1000mL ble vendt etter dag 22 og ga tydelig effekt.

Temperatur målinger viser at slam blandet med potetmiks tilfører betraktelig mere energi og gir god hygienisering over 55 °C i lengre perioder før temperaturen synker. Dette vil medføre lengre komposteringstid siden poteten er tyngre å bryte ned før man ender opp med stabil moden kompost. Slam alene, men med ulike mengder struktur ga rask temperatur oppgang, men også raskere temperatur fall. Slammet er lettere å bryte ned og gir betydelig kortere komposteringstid vist ved raskere temperatur nedgang (Figur 6). For mye struktur viste noe raskere temperatur fall som mest sannsynlig gir raskere varmetap pga. porøsere masse.

Oksygenforbruket beregnet i g/dag viser at potetmiks og slam hver for seg gir forskjellig nedbrytingsrate for disse råstoff. Slam alene er også surere og trenger mer struktur for å gi god prosess. Kumulativt O₂ forbruk ble beregnet 80 til 100 g O₂ per kg potetmiks og 30-50 g per kg slam (Figur 6).

Dette viser at ved bruk av potetafall og slam alene og ikke innblandet sammen i en resept medfører ustabile høye temperaturer, men også ujevn komposteringstid. Blandet sammen i riktig blandingsforhold vil gi en sikrer kompostering med stabilere høy temperatur.

3.2 Dewar kompostering med slam, potetskrell, potetgull, tortilla, potetskruer og struktur

For å undersøke andre mulige avfall strømmer hos Maarud ble potetskrell, ukrydret potetgull, og miks tortilla og skruer undersøkt for å se hvor god energi dette råstoff kan tilføre slammet i en komposteringsprosess. Dette ble undersøkt i flere forsøk og er et avfall Maarud ikke har mye av, men kan være et tilskudd for å forbedre og sikre høy temperatur utvikling og hygienisering over tid i en stor kompostranke. Temperatur utviklingen og oksygenforbruket (respirasjonen) er vist i figur 7 & 8)

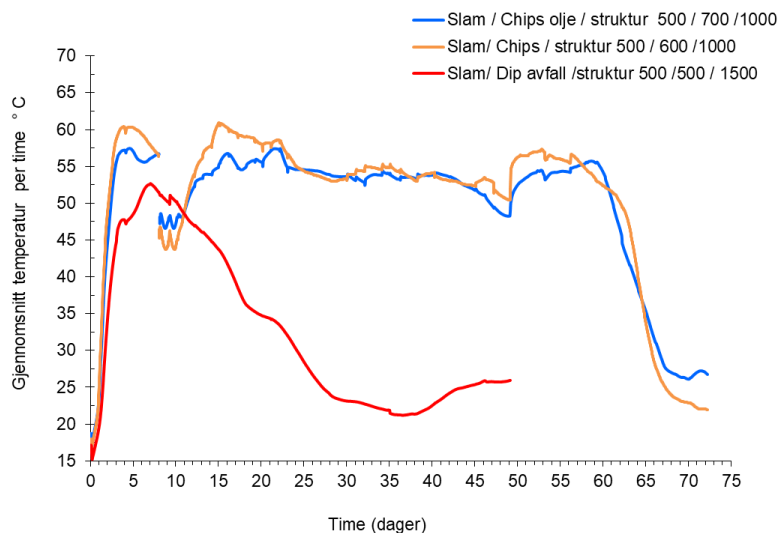
Temperaturmålinger viser at slam blandet med chipsavfall tilfører mere energi gir god hygienisering over 55 °C i lang periode, men lengre liggetid før prosessen går ned. Potet dip tilfører lite energi og temperaturen faller rasker (Figur 7).

Respirasjonen målt i g O₂ per dag er mye høyere når chips blandes inn og vedvarer i en lengre periode. Potetskrell dip faller raskt og brytes rasker ned (Figur 8). Kumulativt O₂ per kg slam og chips avfall ble beregnet til 250 g O₂ når kurven begynte å flate ut, mens potetskrell (dipp) flatet ut på 50 g O₂ nådde kun 70 g O₂ (Figur 8). Dippavfallet inneholder vått potetskrell med mye vann og hvor C - kilden ikke er noe mindre og kortere tilgjengelighet og er dermed ikke så god som langsiktig energikilde.

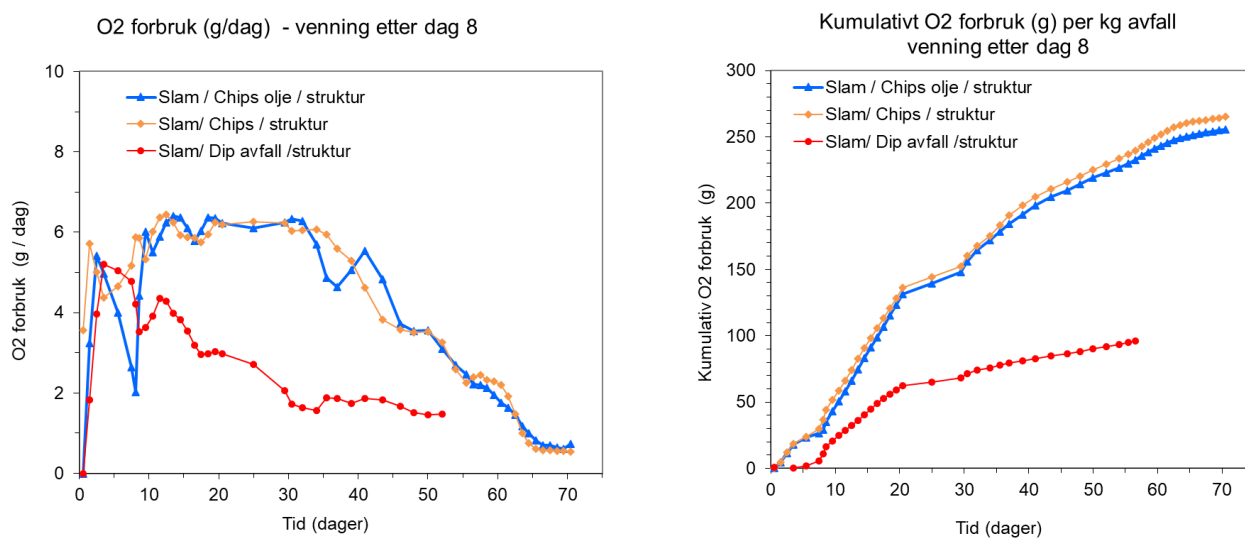
Dette viser at ved bruk av chips innblandet i avfallsresepten medfører høyere temperatur, men også lengre komposteringstid. Potetdipp eller skrell ga liten effekt. Chips er ikke så lett tilgjengelig og rask karbonkilde i nedbrytingen.

Blandingsforhold forsøk 4	Forhold Slam / energi kilde / struktur ml Våttvekt	Forhold substrat / struktur ml Våttvekt
Slam / Chips m olje / struktur	500 / 700 / 1000	1300 / 1000
Slam / Chips uten olje / struktur	500 / 600 / 1000	1100 / 1000
Slam / Dip avfall / struktur	500 / 500 / 1500	1000 / 1500

Volum forhold i mL. Chips eller potet Dip avfall
Etter vending ble slam chips miksene paralleller prøver og blandet med 400mL ekstra chips miks.



Figur 7. Viser blandingsforhold og temperaturutvikling i forsøket med slam i blandet med chips og potetskrellavfall



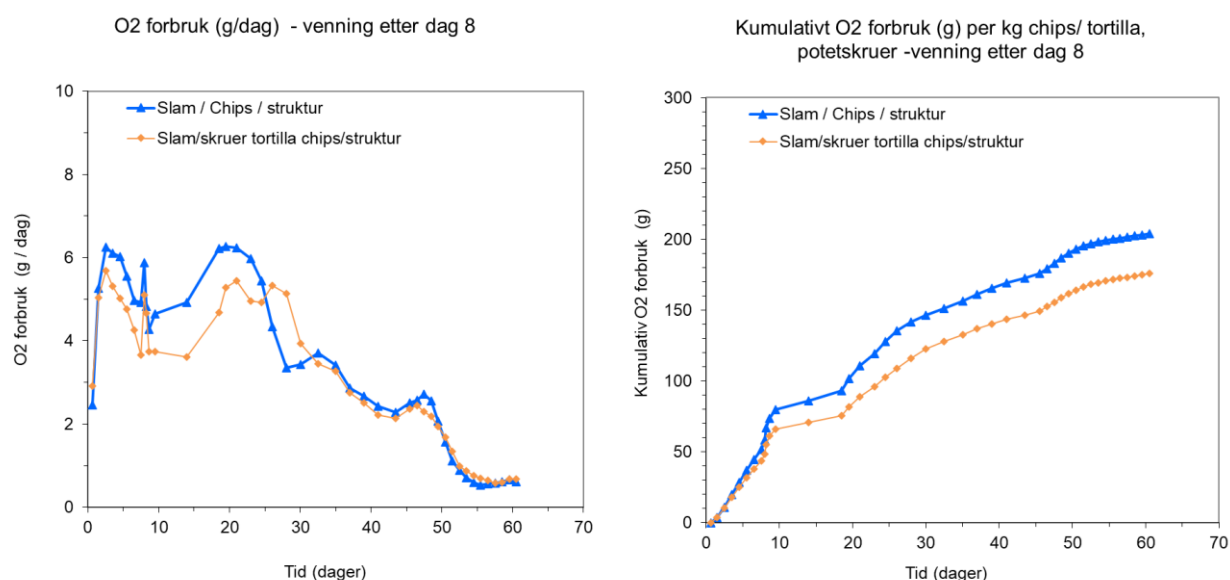
Figur 8. Respirasjon utviklet forbruk av oksygen og beregnet kumulativt i forsøk med slam blandet med chips og potetskrellavfall

Blandingsforhold ulike substrat	pH	Forhold Slam / energi kilde / struktur ml volum	Forhold substrat / struktur g vekt
Slam / Chips / struktur	6,40	500 / 500 / 1000	500 / 200 / 350
Slam / tortilla & potetskruer / struktur	6,60	500 / 800 / 200 / 800	500 / 180 / 80 / 300

Forsøk forhold (i gram) slam blandet m chips , potet skruer & tortilla råstoff og struktur



Figur 9. Viser blandingsforhold og temperaturutvikling i forsøk med slam blandet med chips, eller tortilla og potetskruer.



Figur 10. Respirasjon utviklet forbruk av oksygen og beregnet kumulativt forbruk (p per kg avfall) i forsøk med slam blandet med chips, eller tortilla og potetskruer

Temperaturmålinger viser at slam blandet med chips, eller potetskruer og tortilla avfall har energi og gir god hygienisering over 55 °C i lengre periode, men kan gi lengre liggetid før prosessen går ned (Figur 9). Liten forskjell mellom disse råvarene. Begge kilder vil tilføre ekstra energi når slam og struktur skal komposteres i større skala.

Respirasjonen målt i g O₂ per dag er litt høyere når chips blandes sammenlignet med tortilla og potetskruer i starten, men dette jevnes ut over tid. Kumulativt O₂ per kg slam og chips råstoff ble beregnet til ca 200 g O₂ for chips og 160 g O₂ for tortilla og potetskruer når kurven begynte å flate ut (Figur 10).

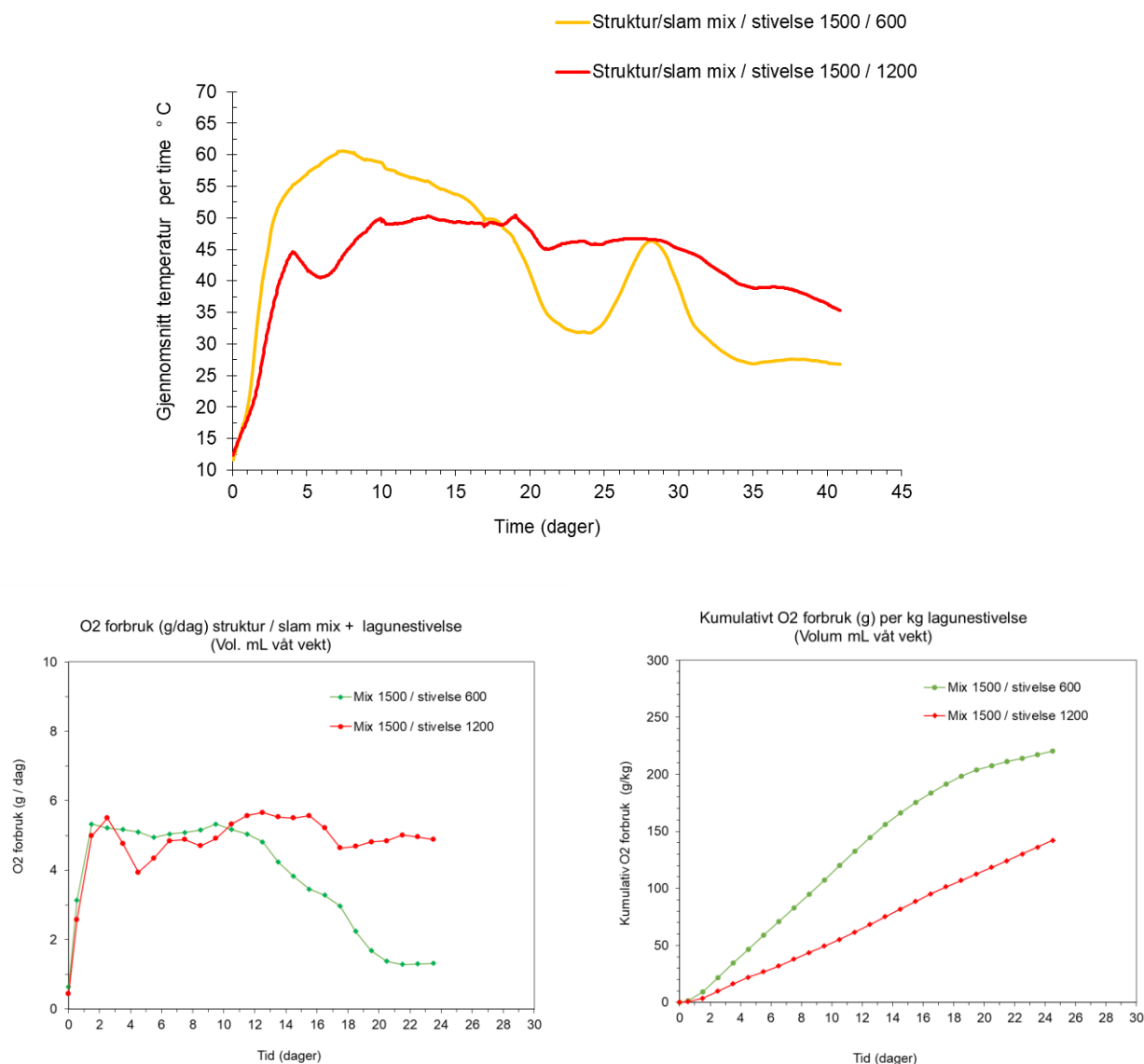
Dette viser at chips, tortilla og potetskruer innblandet i avfallsresepten hjelper prosessen å nå høyere temperatur, men gir også lengre hygieniseringstid eller komposteringstid. Alle disse ekstra råstoffene er ikke så lett tilgjengelige og raske karbonkilder i nedbrytingen.

3.3 Dewar kompostering med miks av struktur/ slam, blandet med lagunestivelse

Avfall fra sedimenteringsbasseng inneholder store mengder stivelse som vil være en god og nyttig energikilde for å få rankene opp i høy temperatur i lengre perioder. Andelen stivelse må ikke være for høy siden stivelsen er sur med pH lavere enn 4. Derfor ble det utført forsøk for å belyse dette. Temperaturmålinger viser avfallets energi og komposterbarhet i ulike mengder med lagunestivelse (Figur 11).

Blandingsforhold Mix / stivelse	Mix / lagune stivelse ml våtvekt	Mix / lagune stivelse gram våtvekt
Struktur og slam / lagune stivelse	1500 / 600	656 / 418
Struktur og slam / lagune stivelse	1500 / 1200	659 / 832

Vurdering slam & struktur/ lagunestivelse (Volum i mL)



Figur 11. Viser blandingsforhold og temperaturutvikling i forsøk med mix struktur/slam blandet med lagunestivelse (over). Respirasjon utviklet forbruk av oksygen og beregnet kumulativt forbruk per kg lagunestivelse (under).

Både slam og lagunestivelse er surt råstoff (pH på 3,9 og 3,6) i utgangspunktet og bør blandes med forsiktighet. For lite struktur i sluttblandingen av råstoff i forhold til struktur kan avgjøre om man når termofile forhold og hygieniseringstemperatur over 55 °C. Sistnevnte er vist i at komposteringsforsøk med surt matavfall (pH 4,3) hvor andel struktur i forhold til matavfall bør være og utgjorde 3 volum enheter til 2 (Bergersen et al., 2009). For mye lagune stivelse i forhold til slam og struktur kan være hemmende i oppstarten av komposteringsprosessen og bremse temperaturutviklingen fra 45-55 °C. Også hvis avfallet er vått vil dette virke mer giftig for de termofile bakteriene man ønsker i god kompostering.

I flere litteraturstudier stagnerer temperaturen på 45 °C Hvis avfallet er vått og surt. I dette forsøket ble ulike mengder lagune stivelse undersøkt med lik blanding struktur og slam. Resultatet viser tydelig at for stor andel lagunestivelse i forhold til struktur og slam reduserte utviklingen av temperatur i massen (Figur 11). Andelen volum stivelse (1200 mL) mere lik volum miksen av struktur og slam stoppet opp på 45 °C og kom ikke over 50 °C. En halvering av stivelses mengden ga motsatt effekt med temperatur opp mot 60 °C (Figur 11).

Respirasjonen målt i g O₂ per dag holdt en høyere respirasjons rate og vedvarte i en lengre periode når lagunestivelse blandes inn i større andel i forhold til slam og struktur. Mindre mengder lagunestivelse i blanding sank raskt etter dag 10 (Figur 11).

I 24 dager ble kumulativt O₂ per kg lagunestivelse beregnet til 230 og flatet ut når mindre volum ble blandet inn, mens med dobbelt volum ble kumulativt O₂ per kg lagunestivelse beregnet til 130 etter 24 dager. I variabelen med dobbel mengde lagunestivelse og lav temperaturutvikling flatet kurven ikke ut, men var stigende (Figur 11). Disse beregninger viser også at mye stivelse kan hemme de termofile mikroorganismene i startfasen til å nå over 55 °C, men samtidig tilfører lettomsattelig energi kilde til prosessen over tid. O₂ forbruk g per dag viser det.

Dette viser at ved bruk av for mye lagunestivelse innblandet i avfall resepten kan medfører lave temperaturer i startfasen og at hygieniseringstemperatur ikke oppnås, men også lengre komposteringstid ved lavere temperatur. Lagunestivelse er lett tilgjengelig og rask nedbrytbar karbonkilde til komposteringen av slam når det blandet i moderate mengder.

Disse innledende forsøkene i laboratorieskala beskrevet i kap. 3.1, 3.2 og 3.3 har gitt nyttig informasjon for å oppnå effektive stor skala ranker med temperaturer >55°C. Ulike resepter utprøvd i storskala rankekompostering er beskrevet videre i kap. 3.4 tom. 3.9.

3.4 Rankekompostering med blanding av slam, potetmiks og ulike mengder struktur

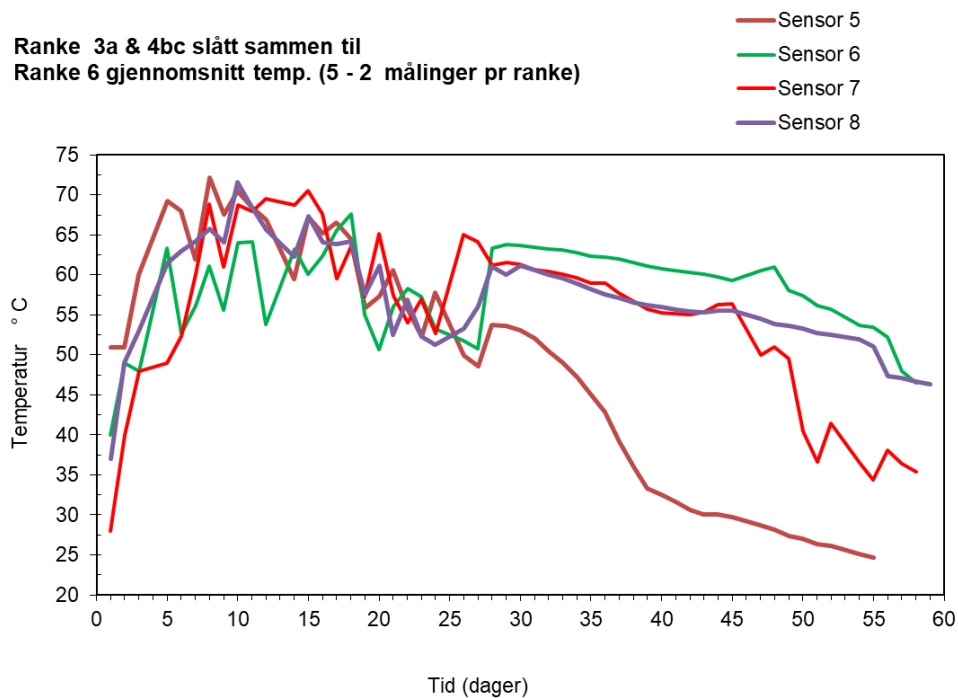
Ulike mengder avfall ble blandet i flere ranker som senere ble vendt og blandet for å få best mulig temperatur under vinterlige forhold (Tabell 2). Et godt eksempel på høye temperaturer er vist i ulike ranker 3A og 3B som ble slått sammen med ranke 4 A, B, C og D til ranke 6 og 7 (Figur 12). Begge ranker viser hygieniserings temperaturer godt over 55 °C gjennom 14 dager under kalde vinterlige forhold. Ved å kombinere varm ranke med ranker med noe lavere temperatur ender man opp med ranker som har jevnere og høy temperatur. I disse ranker ble det benyttet større andel potetråstoff (miks) enn slam. Potetråstoffet har mye mere energi (tilgjengelig karbon) slik at det vil ta lengere tid å bryte ned avfallet til moden kompost. Disse rankene sammen med ranke 10 har ligget lengst og er nå siktet til batch 1 på grønn ren sone. Denne resepten ga kompost med noe mindre næringsinnhold som for eksempel total N og P.

Tabell 2. Blandingsforholdet i 3ab (ranke 6) og 4abcd (ranke 7) ble slått sammen til en storranke for å oppnå høy temperatur under den kaldeste årstiden des 2020 og jan 2021

Blandingsforhold 3A 3B	Forhold substrat / struktur /energi kilde skuffer	Forhold substrat / struktur /energi kilde m3	Forhold struktur /substrat 55/ 45
Høggefis	22	33	42 %
Bark	7	11	13 %
Potetmix	17	26	32 %
Slam	7	11	13 %

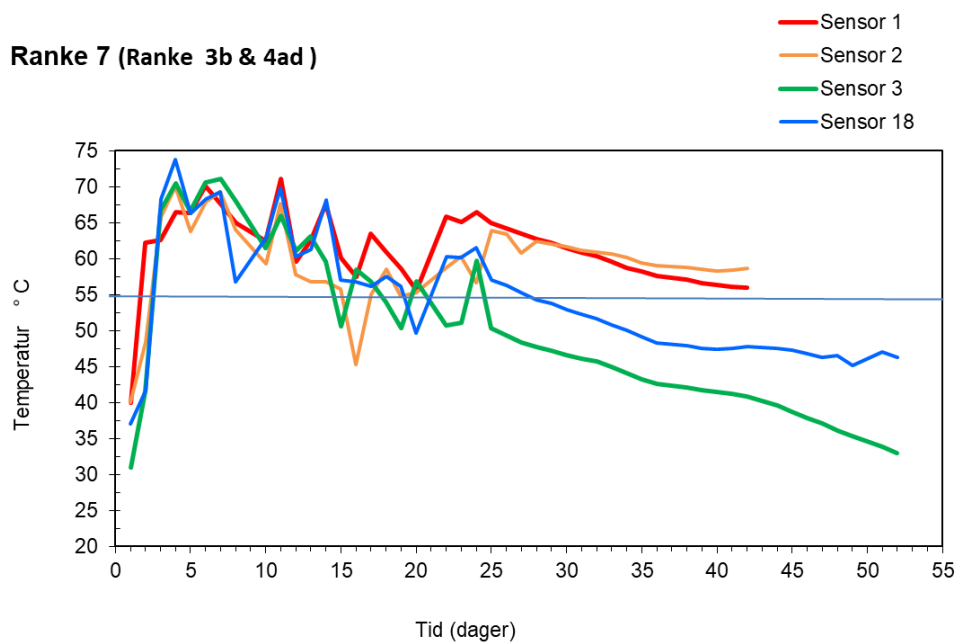
Blandingsforhold 4 A, B, C & D	Forhold substrat / struktur /energi kilde skuffer	Forhold substrat / struktur /energi kilde m3	Forhold struktur /substrat 67/ 33
Høggefis	49	74	35 %
Bark Furu	45	68	32 %
Potetmix	27	41	19 %
Slam	20	30	14 %

Ranke 3a & 4bc slått sammen til
 Ranke 6 gjennomsnitt temp. (5 - 2 målinger pr ranke)



Ranke 6	Gjennomsnitt	Median	Maks temp
26 dager	60	59	69
(8 & 4 sensorer)			

Ranke 7 (Ranke 3b & 4ad)



Ranke 7	Gjennomsnitt	Median	Maks temp
28 dager	59	60	71

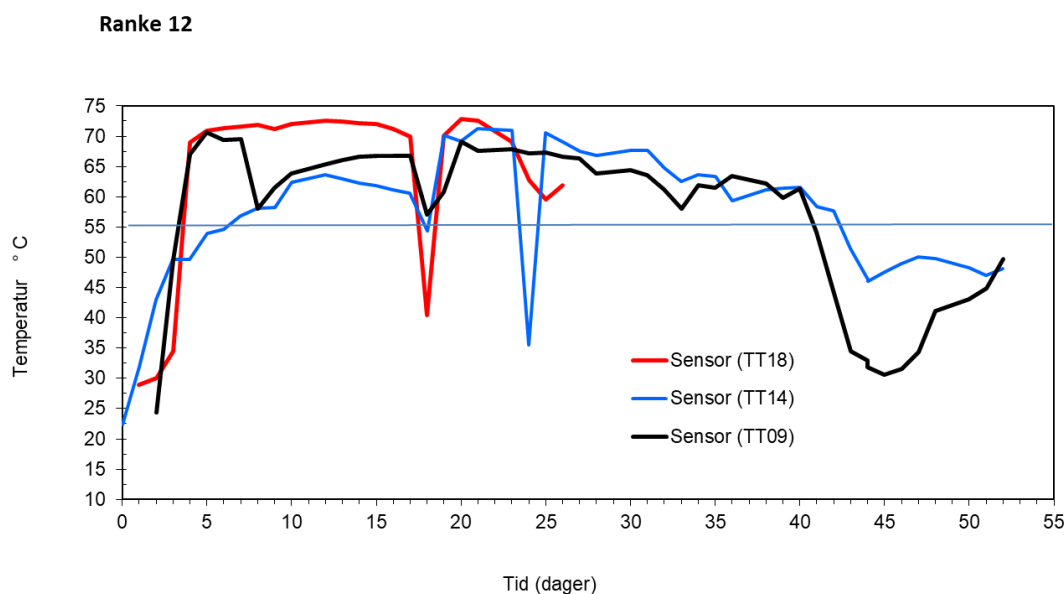
Figur 12. Temperaturer målt over 40 dager inne i ranke 6 og 7.

3.5 Rankekompostering med nytt og gammelt slam, chipsavfall, varm kompost og struktur

Rankene beskrevet i kap. 3.4 viste seg å gi hygienisering av avfallet, men komposten til slutt fikk noe lavere næringsinnhold. Derfor ble videre strategi å utprøve andre råstoff med karbonkilder som kan tilføre komposteringen av slammet ekstra energi. Det ble utført ranker hvor chipsavfall og slam ble kompostert sammen (ranke 12&13), men også chips og potetavfall ble blandet sammen (ranke 20). Ranke 12 &13 ga rask temperatur oppgang og høye gjennomsnitt temperaturer i 15 dager på 64 °C før vending og 64 °C i 24 dager etter vending (Tabell 3 og figur 13).

Tabell 3. Blandingsforholdet i (ranke 12) og (ranke 13) inneholder omtrent lik mengde slam og ekstra energi som chipsavfall ble konstruert for å oppnå høyt gjennomsnitt temperatur under den kaldeste årstiden vinter 2021

Blandingsforhold Ranke 12	Forhold substrat / struktur /energi kilde	Forhold substrat / struktur /energi kilde	Forhold struktur /substrat
	skuffer	m3	
Høggeflis	11	28	22
Bark (Gran)	5,5	14	11
Slam (nytt)	5	13	10
Chips avfall	5	13	10
Varm Kompost fra R.8	3	8	6
Fra R.5AB	21	52	42
Total		127	
Ranke 12	Gjennomsnitt	Median	Maks temp
15 dager før vending	64	66	74
24 dager etter vending	64	64	73

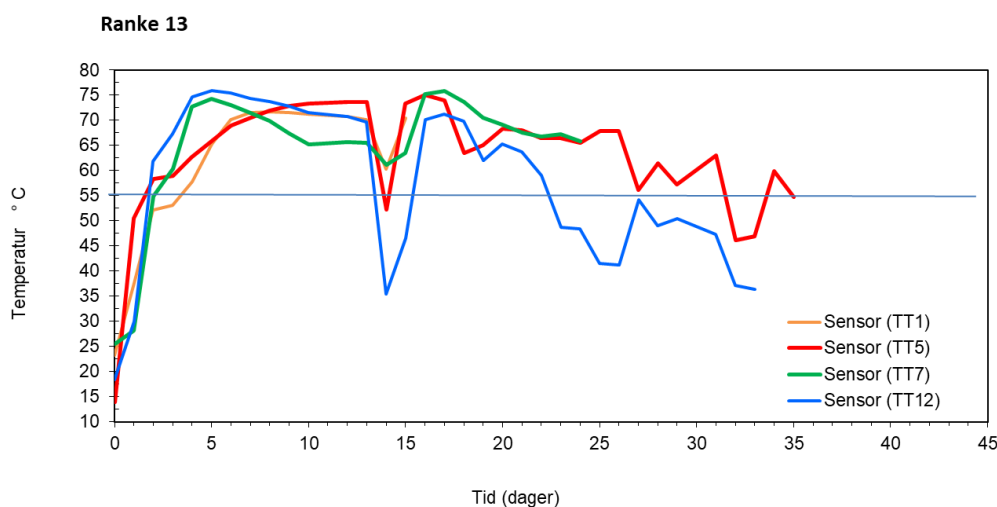


Figur 13. Temperaturer målt over 40 dager inne i ranke 12 før og etter vending.

De samme forhold ble også vist i ranke 13 (Tabell 4 og figur 14). Alle rankene ble tilsatt varm kompost for å oppnå høye temperaturer og trygge hygieniseringen av avfallet. Dette viser også at chipsavfall kan erstatte poteavfall som ekstra energikilde for å oppnå hygieniseringstemperaturer i kompostering av slam. I omtrent samme tidsrom ble det også utprøvd ranker hvor både chips og potetavfall ble blandet med slam inn i kompostranken. Dette ble utprøvd i (ranke 20). Alle ranker har rikelig med struktur i forhold til avfall råstoffet.

Tabell 4. Blandingsforholdet i ranke13 for ble konstruert for å oppnå høyt gjennomsnitt temperatur før og etter vending under den kaldeste årstiden vinter 2021

Blandingsforhold Ranke 13	Forhold substrat / struktur /energi kilde	Forhold substrat / struktur /energi kilde	Forhold struktur /substrat
	skuffer	m3	30 / 14
Høggeflis	22	55	19
Bark (Gran)	6	15	5
Slam (nytt 55%/ gammelt 45%)	7	18	6
Chips avfall	6	15	5
Varm Kompost fra R 10	4	10	3
Fra R.12	71	178	61
Total		290	
Ranke 13	Gjennomsnitt	Median	Maks temp
10 dager før vending	68	71	76
16 dager etter vending	63	66	76

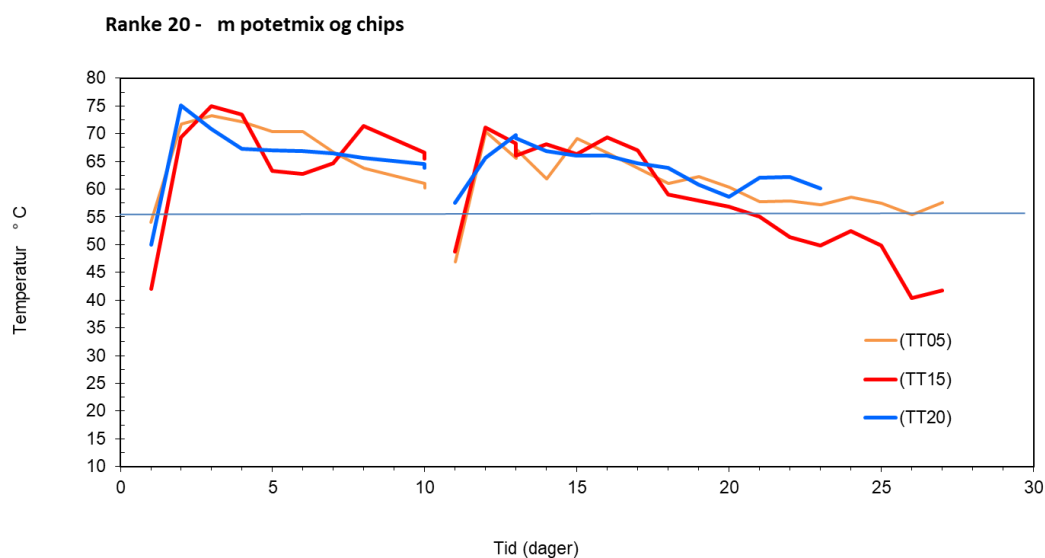


Figur 14. Temperaturer målt i 35 dager inne i ranke 13. 14 dager før vending og 16 dager etter vending

Ranke 20 med potetmiks og chips ga rask temperatur oppgang og høye gjennomsnitt temperaturer i 10 dager på 68 °C før vending og 65 °C i 15 dager etter vending (Tabell 5 og figur 15). Ranken inneholdt betydelig mer struktur i forhold til substrat. Denne kombinasjonen ga rask og høy temperaturutvikling før og etter vending. Andre energigilder ble diskutert med Maarud og stivelse fra fabrikk og fra sedimentet en lagune av prosessvann fra fabrikk ble foreslått. Sistnevnte substrat var et surt råstoff og sammen med slammet som også hadde lav pH måtte man komme fram til riktig blandingsforhold i forhold til nok struktur. For lite struktur til dette avfallet vil gi redusert mikrobiell aktivitet over 45 °C som vil være av stor betydning for hygieniseringen av avfallet. Resultater for denne resept er beskrevet i kap. 3.6.

Tabell 5. Blandingsforholdet i ranke 20 for å oppnå høy temperatur under den kaldeste årstiden vinter 2021

Blandingsforhold	Ranke 20	Forhold substrat / struktur /energi kilde	Forhold substrat / struktur /energi kilde	Forhold struktur /substrat
		skuffer	m3	47/21
Høggeflis		22	55	42
Bark (Gran)		3	7,5	6
Slam (nytt)		7	17,5	13
Potetmix		2	5	4
Cips avfall		2	5	4
Stivelse fra lagune		0	0	0
Kompost fra R14		11	27,5	21
Fra ranke 18		6	15	11
			0	0
Total			132,5	
Ranke 20		Gjennomsnitt	Median	Maks temp
10 dager før vending		68	67	75
11 dager etter vending		65	67	71



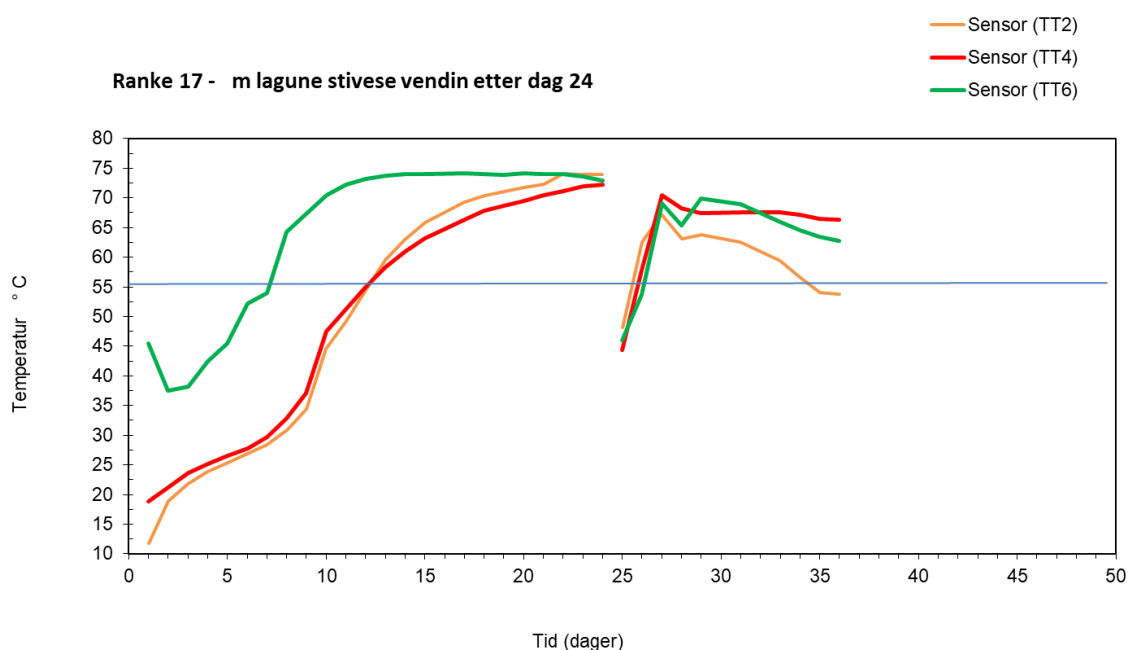
Figur 15. Temperaturer målt over 25 dager inne i ranke 20. Vending etter dag 10.

3.6 Rankekompostering med slam, chips, lagunestivelse, varm kompost og struktur

Ranke 17 og 22 ga noe redusert og saktere temperatur oppgang og lengre komposteringstid før vending kunne utføres. Gjennomsnitt temperaturer i 20 dager ble beregnet til 60°C, median på 68°C før vending og 64 °C i 11 dager etter vending (Tabell 6 og figur 16). Ranke 22 viste gjennomsnittstemperatur på 55°C, median på 58°C før vending og 64 °C i 17 dager etter vending (Tabell 7 og figur 17). Med en slik resept bør ranken vendes tidligere slik at man etablerer jevn høy temperatur i hele ranken. Ranke 17 og 22 burde vært vendt ved dag 10. Vending etter først 20 dager (ranke 17) vil gi lengre tid på rød sone før hygienisering i 100% av ranken er trygg. Ser ut til at det ble tilsatt for mye stivelse og slam i forhold til struktur og at kjølig materiale fra ranke 8 medførte lengre temperaturstigning. Etter vending ble ranken jevnere på temperatur over 60 grader i 10 dager.

Tabell 6. Blandingsforholdet i ranke 17 for å oppnå høy temperatur under den kaldeste årstiden vinter 2021

Blandingsforhold	Ranke 17	Forhold substrat / struktur /energi kilde	Forhold substrat / struktur /energi kilde	Forhold Struktur råstoff %
		skuffer	m3	29/ 19
Høggeflis		17	43	25
Bark (Furu)		3	8	4,4
Slam (nytt)		4	10	6
Lagune stivelse		6	15	9
Cips avfall		3	8	4
Kompost fra R 8		4	10	5
Fra R.8 NB kjølig		31	78	46
Total			170	
Ranke 17		Gjennomsnitt	Median	Maks temp
20 dager før vending		60	68	74
11dager etter vending		64	65	70



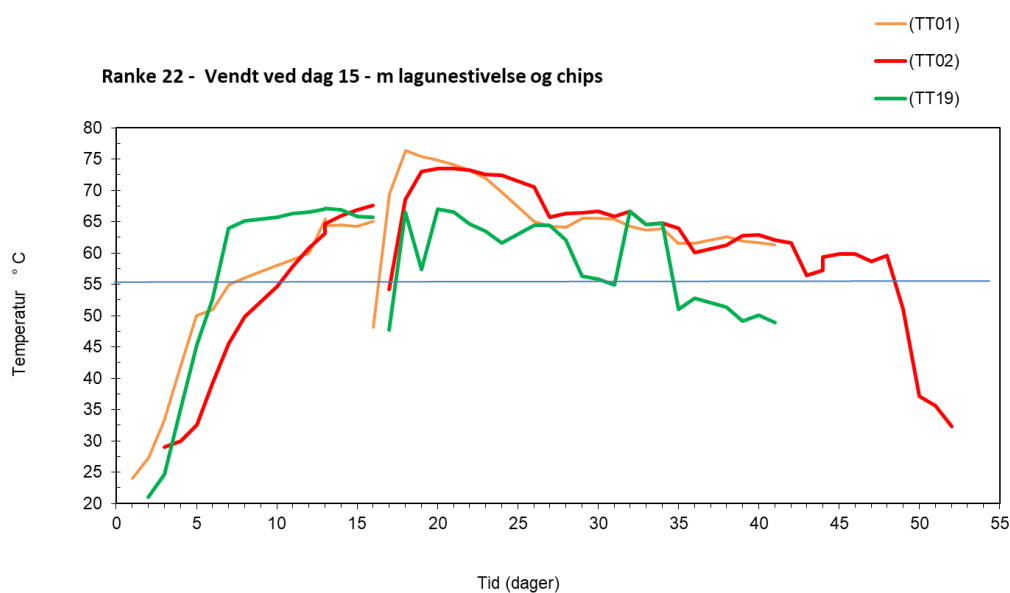
Figur 16. Temperaturer målt inne i ranke 17 over 35 dager med vending dag 24.

Ranke eksemplene vist i kap. 3.5 og 3.6 hvor chips og lagunestivelse er innblandet i resepten viser at liggetiden på rød sone kan bli lengre enn ønsket. Alle rankene produsert fra 12-22 inneholder chips og ble liggende noe kort tid på rød sone og etter flytting på gulsone fortsatte varmeutviklingen.

I fremtiden bør en kanskje blande inn noe mindre potetavfall, chips og lagunestivelse for å korte ned komposteringstiden, men dette avhenger når på året ranken bygges opp. Energi for god temperaturoppgang er viktig vinterstid.

Tabell 7. Blandingsforholdet i ranke 22 ble slått sammen til en storranke for å oppnå høy temperatur våren 2021

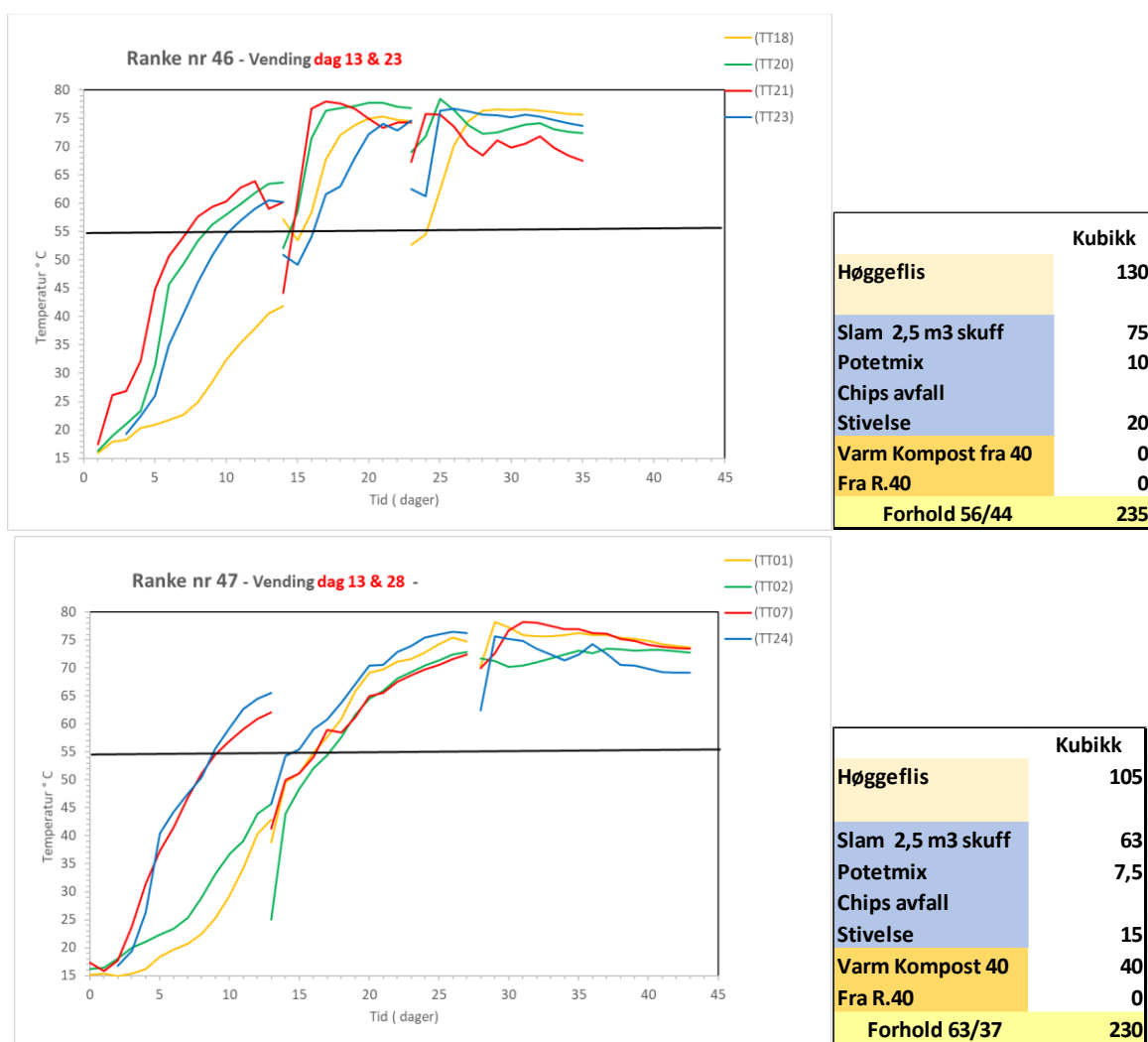
Blandingsforhold	Ranke 22	Forhold substrat /	Forhold substrat /	Forhold struktur
		struktur /energi kilde	struktur /energi kilde	/substrat
		skuffer	m3	28/26
Høggeflis		17	42,5	19,4
Bark (Gran 50%/ Furu 50%)		7,5	18,75	8,6
Slam (nytt 55% / gammelt 45%)		13	32,5	14,9
Chips avfall		6	15	6,9
Lagune stivelse		4	10	4,6
Varm Kompost fra R.13		5	12,5	5,7
Fra R.15		35	87,5	40,0
Total			218,8	
Ranke 22		Gjennomsnitt	Median	Maks temp
15 dager før vending		55	58	68
17 dager etter vending		64	64	76



Figur 17. Temperaturer målt inne i ranke 22 over 40 dager med vending dag 15.

3.7 Rankekompostering ny resept - høyere andel slam, råstoff og ulike mengder varm kompost og struktur

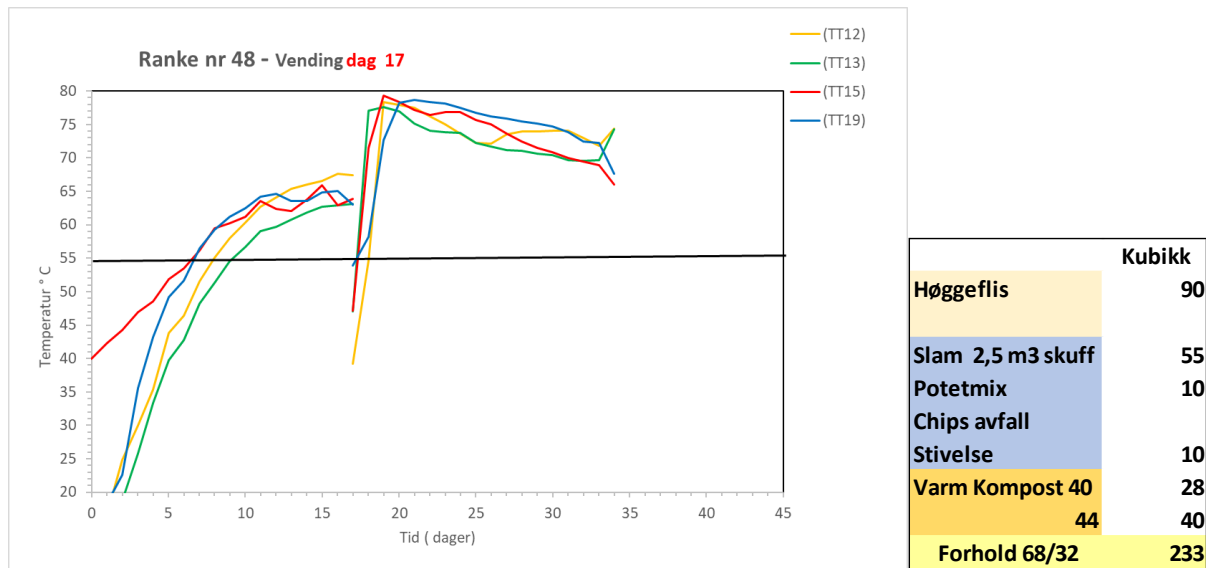
Denne forsøksranken illustrert i figur 18 viser viktigheten av å følge temperaturene daglig i nylagte ranker med 4 sensorer. Kunsten er å få jevne høye temperaturer slik at komposten hygieniseres. Temperaturforløpet viser tydelig at kjøligere deler av ranken blir varmere etter vending. Ranke 46 viser 75 % av ranken har temperaturer over 55 °C før den ble vendt (Figur 18). Vending av rankene er viktig og gir raskere stabile temperaturer over 60°C selv når bare 50 % av ranken er varm (se ranke 47) illustrert i figur 18. Begge disse rankene ble vendt en ekstra gang på rød sone og holdt temperaturen høyt etter vending.



Figur 18. Viser temperaturforløp fra 4 sensorer i ranker vendt to ganger. Eksempler vist her er ranker hvor 50 og 75% av rankene har nådd 55 grader før de vendes.

Etablerer temperaturen seg lik i hele ranken er det bedre for prosessen at den ikke forstyrres med for rask vending (Figur 19). I denne ranken oppnår en lange perioder på over 60 og 70 grader. Høye temperaturer opp mot 80 °C (ranke 48) sikrer god hygienisering av avfallet i hele ranken, men kan gi dårligere nedbrytning og lengre ligge- og komposteringstid. I vinterhalvåret kan liggetiden øke på rød sone, og mere innblandet varm kompost sikre rask temperaturoppgang i kjølig avfall. Figur 18 og 19 viser tydelig viktigheten av å benytte 4 sensorer i starten når rankene lages og flere uker fremover for å

sikre at prosessen og avfallet blir hygienisert. Vending viser at materialet i kant og bunn gjennomgår høye temperaturer etter vending.



Figur 19. Viser temperaturforløp fra 4 sensorer i ranker vendt en gang. 100% av ranken viste temperaturer over 55 grader etter 7 dager. Etter vending ble temperaturen målt over 70 grader i 12 dager.

En god og riktig blanding av avfallet som skal komposteres gir også en god komposteringsprosess med høye temperaturer. En forsøksranke for å studere og modellere temperaturutviklingen gjennom hele ranker før og etter vending ble utført juli 2021 (Figur 20 & 21). En detaljert beskrivelse av dette er beskrevet i mer detalj i delrapport 2. Fra 21 temperatursensorer plassert i ulike dyp og høyder viste matematiske beregninger at de høyeste temperaturene ble oppnådd de første 12 dager.

Beregningene viser at ranken før vending etter 7 dager viste:

68 % sannsynlighet av ranken overskrider 60 °C.

79 % sannsynlighet av ranken overskrider 55 °C

83 % sannsynlighet av ranken overskrider 50°C

Etter 12 dager

45 % sannsynlighet av ranken overskrider 60 °C.

61 % sannsynlighet av ranken overskrider 55°C

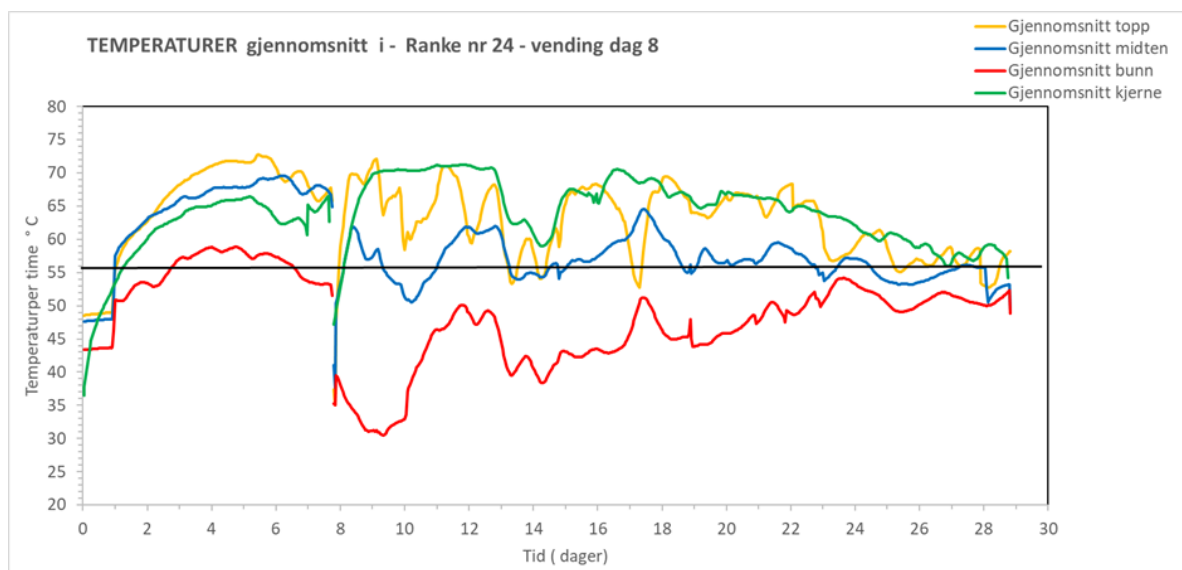
70 % sannsynlighet av ranken overskrider 50 °C

Etter 21 dager

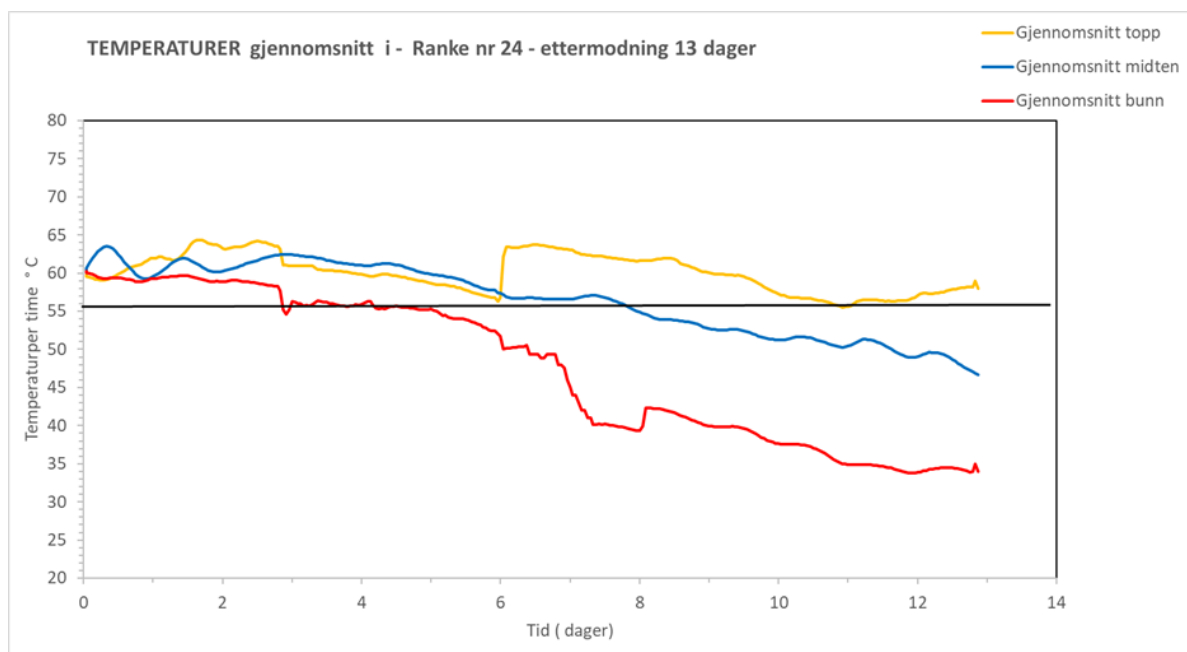
38 % sannsynlighet av ranken overskrider 60 °C

57 % sannsynlighet av ranken overskrider 55 °C

64 % sannsynlighet av ranken overskrider 50°C



Figur 20. Gjennomsnitt temperatur i testranke 24 i ulike høyder (topp, midten bunn og kjernetemperatur) og innover i ranken (0,5m, 1m og 1,5 m) i 29 dager.



Figur 21. Gjennomsnittstemperatur i ettermodnings ranke 24 etter 2 vendinger i ulike høyder (topp, midten og bunn) på 1,5 m dyp i 13 dager.

Etter 28 dager kompostering ble ranken vendt for andre gang og høye temperaturer ble målt både fra bunn, midten og toppen av ranken i 6 dager etter den ble lagt til ettermodning på gul sone (Figur 20).

Kompostprøver fra denne ranke ble også analysert for gul PCN cyster og viste at ingen cyster ble påvist (Tabell 8)

Tabell 8. Kompost fra ulike deler av modell ranken 24 (øvre, midten og nedre del) analysert for gul PCN cyster.

Blandprøver av siktet kompost fra test ranke 24 sommeren 2021

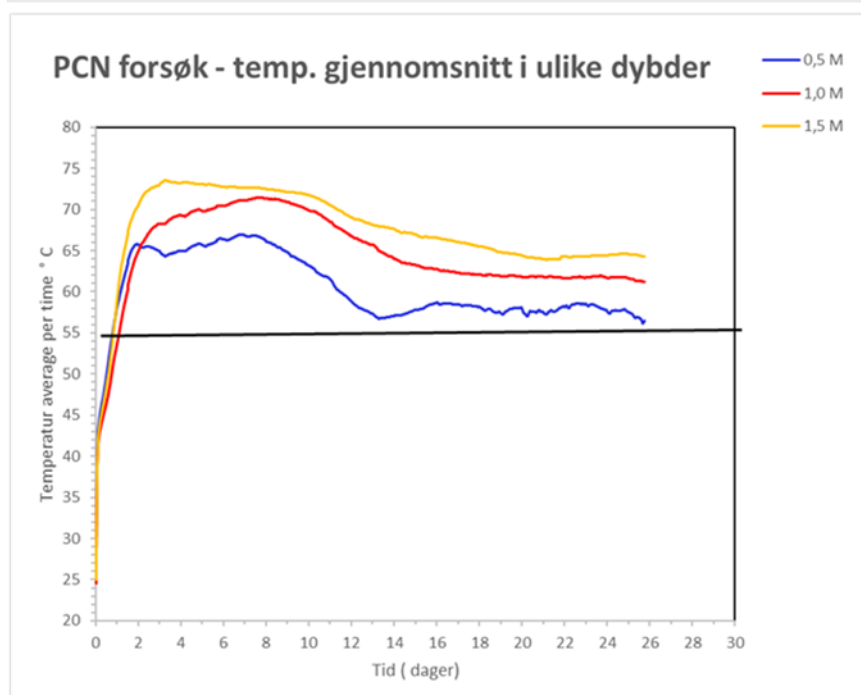
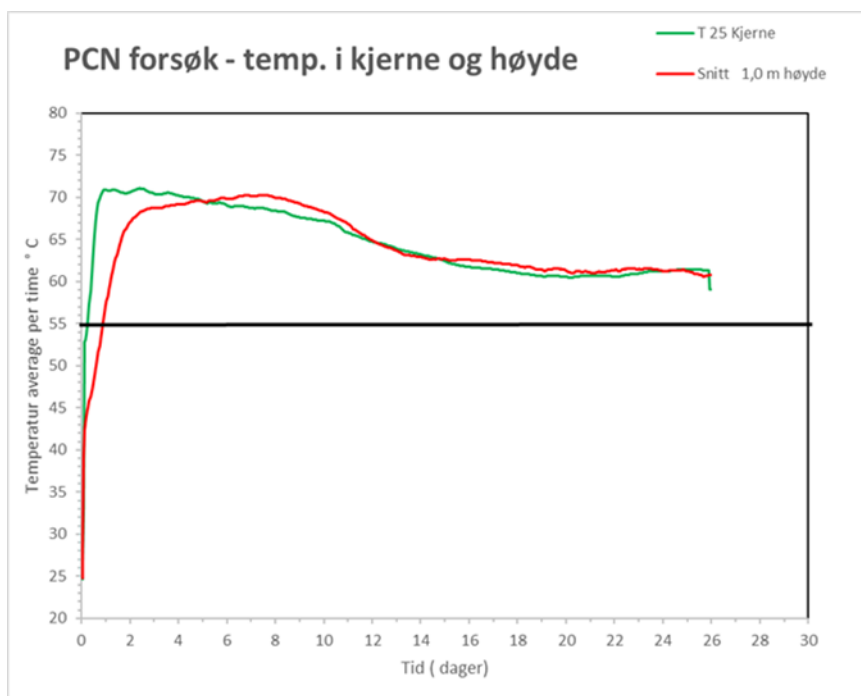
PARAMETER	Kompost siktet 1	Kompost siktet 2	Kompost siktet 3	Kompost siktet 4	Kompost siktet 5	Kompost siktet 6
Analysert	30.08.2021	30.08.2021	30.08.2021	30.08.2021	30.08.2021	30.08.2021
Potetcyste nematoder PCN	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist

I vinterhalvåret bør avfallet blandes med struktur i mindre hauger før ranken bygges opp. Dette er effektivt for å oppnå rask temperatur i hele ranken. Høye temperaturer i hele ranken >50°C er viktig i destruksjon av evt. PCN fra avfall som skal komposteres.

Studier på overlevelse av gul PCN er utført i Dewar termos i laboratorieskala (beskrevet i delrapport 3 forsøk 1). I termos 1, 2 og 6 ble det ikke funnet levende larver. I termos 3, 4 og 5 ble det funnet levende larver, som var svært preget av varmebehandlingen. Beregnet eksponeringstid på temperaturer over 50 °C (4-5 døgn), 55 °C (3-4 døgn) og 60 °C (2-3 døgn). I infeksjonsforsøket på mandelpotet ble det ikke funnet nye cyster på potet røtter med cyster og kompost fra termosene. Resultatet etter infeksjonsforsøket viste dermed ingen evne til reproduksjon. Gul potetcystenematoder (PCN) kompostert i termos sammen med slam og potetavfall mistet evnen til å infisere potetplanter hvis de eksponeres over 50 °C i 3-5 døgn. Sistnevnte er også påvist i komposteringsforsøk med matavfall i 8 døgn (Bøen et.al. 2006).

Storskala komposteringsforsøk med gul PCN ble også utført sommeren 2021 (beskrevet i detalj i delrapport 3 forsøk 2). Høye temperaturer sentralt, og i ulike dybder fra 0,5 m og innover i ranken i 26 dager uten vending er illustrert i figur 22. Denne ranken ble bygget opp fra en forvarmet haug før den ble lagt opp. Ingen overlevelse av gul PCN egg og larver ble påvist i 3 ulike områder på ranken og fra tre ulike dyp (1,5 - 1,0 - og 0,5 meter). I 26 dager lå temperaturen i gjennomsnitt 60 - 69 °C ved 0,5, 1.0 og 1.5 meters dyp. Maks temperaturen ble beregnet til 69°C på 0,5 m dyp, 72-73°C 1 m inn i ranken og 72-75°C 1,5 m inn i ranken. I tillegg til sistnevnte forsøk ble temperaturforløpet fra denne ranken simulert i varmeskap hvor kompostmikts fra Maarud ble tilført nylonposer med fuktete cyster av gul PCN (Forsøk 3). Detaljer av forsøk 3 er beskrevet i delrapport 3.

Det ble ikke funne levende fertile larver i materialet kompostert ved temperaturer >55°C (27 døgn), >60°C (21 døgn) og 65°C i (10 døgn) etter eksponering i rot ekstrakt fra potet i 6 uker. Til sammenligning ble det i kontrollene påvist klekking av stort antall fertile larver.

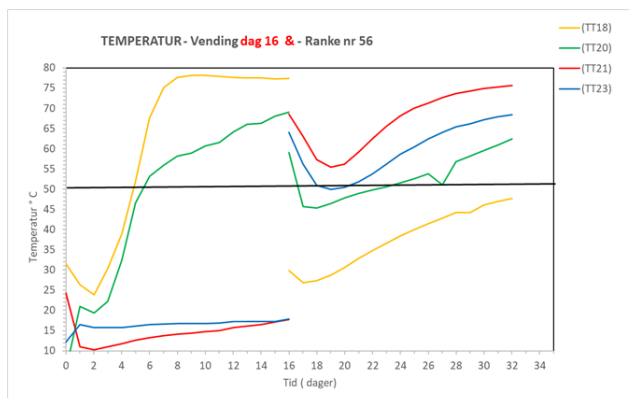


	Kubikk
Høggeflis	25
Slam 2,5 m3 skuff	15
Potetmix	6,3
Chips avfall	
Stivelse	6,3
Varm Kompost 31	15
31	15
Forhold 67/33	83

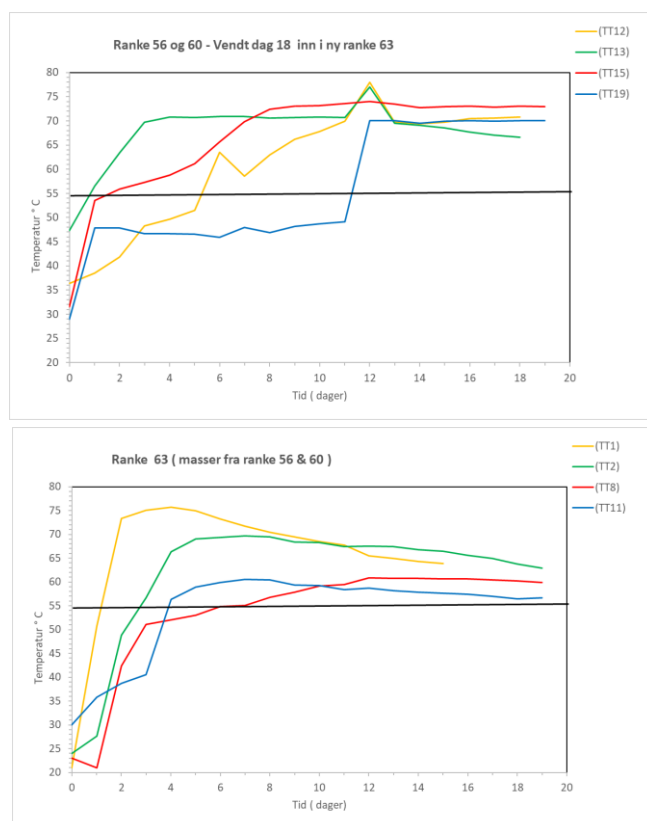
Figur 22. Viser temperaturforløp fra test ranke med PCN (fra delrapport 3 forsøk 2). Her ble avfall og struktur blandet en uke slik at prosessen kom godt i gang for den ble lagt opp. Ingen vending ble utført og viste at alle temperaturer over 55 grader i 26 dager både i kjerne og ulike dybder av ranken.

3.8 Kombinasjon av ranker med ujevne temperaturer etter vending

Rankene 56 var ujevne i temperaturer før og etter vending (Figur 23). Rutinen da er å benytte disse som varm kompost til nye ranker iblandet nytt avfall. Ranke 56 ble blandet med nytt avfall til ranke 60 og videre til ranke 63, illustrert i figur 24. Begge disse ranker ble litt for seint vendt og temperaturen slet med å stige. Slik strategi er viktig for å sikre at alt avfallet har gjennomgått hygienisering over 55 og 60 °C i nok antall dager i hele ranken. Denne strategi er også viktig under vinterforhold slikt at man har hele tiden varme ranker på rød soner. Man tilfører varme, men også viktige mengder termofile bakterier som starter temperaturutviklingen raskt og jevnt i nytt kjølig avfall. Materialet i over 50% av ranken gjennomgår også flere vendinger før endelig ferdig ranke ligger lenge nok med stabile temperaturer i nok antall dager. Ranke 56, 60 og 63 er etablert i jan 2022.



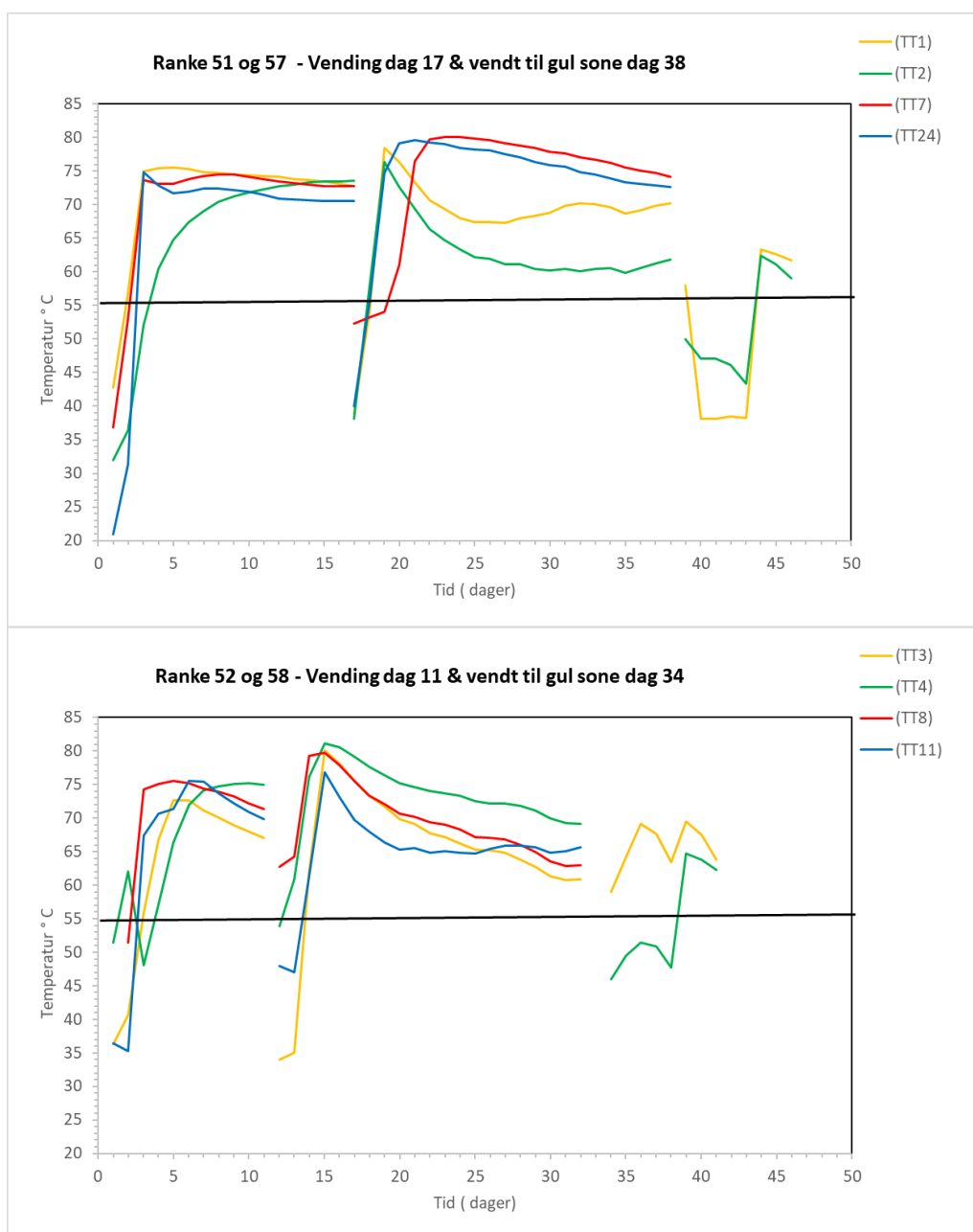
Figur 23. Viser ujevn temperaturforløp fra ranke 56 før og etter vending. Denne ranken hadde 50% hygienisering i starten og 75% etter vending.



Figur 24. Viser temperaturforløp fra ranke 56 bygd opp til ranke 60 etter at masse fra ranke 56 med ujevne temperaturer ble blandet med nytt avfall. Temperaturen ble stabil over 65°C i 100% av ranken. Denne ranken (56 & 60) inngikk i neste ranke 63. Det vil si over 50 % av ranken er vendt 2 ganger før ranke 63 bygges opp.

3.9 Kombinasjon av ranker ved tilførsel av 50% varm kompost innblandet nytt avfall fra start

Et godt eksempel på den ideelle resept i ranke utviklet desember 2021 er ranke 57 og 58 illustrert i figur 25. Disse ble laget av nytt avfall og med 50% varm kompost fra rankene 51 og 52, som var ujevne i temperatur fra starten av. Dette er en viktig strategi på de kaldeste perioder av vinterhalvåret. Dette vil også sikre at ranker med stabil temperatur i 28 dager før de flyttes til gul sone for ettermodning. Flere vendinger og videre temperatur målinger på gul sone sikrer god behandling av avfallet.



Figur 25. Viser temperaturforløp fra ranke 57 og 58 etter at 50% varm masse fra ranke 51 og 52 ble blandet med nytt avfall. Disse lå 28 dager over 60°C i 100% av ranken før de ble lagt på gul sone for ettermodnings hvor temperaturen ble overvåket over 55 grader videre. Disse ranker ble vendt en gang på rød sone og en gang til på gul sone for ikke å ødelegge de høye temperaturer oppnådd vinterstid.

Hvis slam med høyere vanninnhold og gammel struktur blir for våt er det viktig at det blandes inn mer ny fersk struktur. Våt gammel struktur har ikke like god spenst som ny hoggeflis til å holde ranken oppe. Slikt ble påvist i noen ranker vinteren 2022. I tillegg ble rankene laget dobbelt så store (450 m³). Det førte til dårlig gassutveksling av CO₂ ut og O₂ inn og den normale temperatur-stigningen flatet ut på 30- 40 grader. Disse ranker fikk normal temperaturforløp med ekstra ny flis og halvering av volum og ekstra tilførsel av energirikt avfall som chips, potet og mais.

3.10 Driftsinstruks til anlegget

Basert på erfaring og utprøving av ulike avfallsstrømmer i forskjellige ranker er det utarbeidet en kortversjon av driftsinstruks for trygg drift til anlegget som vist nedenfor.

INSTRUKS KOMPOSTERING DATO 27.12.2021	Liggetid sensorer 55 - 60 °C	Liggetid sensorer 60 - 70 °C	Sensorer over 70 °C i flere dager
	Vending etter	Vending etter	Vending etter
Første fase Rød sone	Min. 10 dager (mål 100% 4 sensorer)	10 dager (mål 100% 4 sensorer)	5 dager (mål 100% 4 sensorer)
1. vending Rød sone	Etter 1. vending bør ranka helst ha 15 dager med hygienisering over 55 °C (mål 100%) eller 10 dager med hygienisering over 60 °C eller 70 °C (mål 100% men 75% er ok på slutten). 3 - 4 sensorer. Ranka flyttes så til Gul sone.		
Ettermodning Gul sone	Temperaturen måles på Gul sone med 2 sensorer 1 - 2 uker inntil vi har samlet minst 28 dager over 55 °C (mål 100%). Ranken snus deretter på Gul sone dersom temperaturen er over 70 °C så gunstig temperatur for ettermodning under 45 °C kan oppnås.		
Sikting Gul sone	Temperaturen bør være under 40 °C ved sikting. Ranken snus hvis temperaturen er over 50 °C.		
Ferdig kompost Grønn sone	Ferdig kompost bør være under 30 °C og lukte jord. Komposten snus hvis den er over 40 °C.		

I mer detalj er driftsinstruksen beskrevet for blå og rød uren sone, ettermodning på gul sone og til slutt ren sone med siktet kompostbatcher. I tillegg er det utarbeidet to resepter sommer og vinter på blandingsforholdet mellom struktur og ulikt avfall. Begge resepter inneholder mere slam for å øke næringsinnholdet til ferdig kompost.

Blå sone (avfall sone)

Avfallet som skal komposteres er følgende:

- Hovedtyngden er avvannet slam fra prosessvann fra fabrikken.
- Energi tilskudd - potetstivelsen fra vasking av potet som samles i en lagune.
- Energi tilskudd - potetmiks, ødelagt potet fra potetlager som varierer i volum
- Ekstra ukrydret chipsavfall som vanligvis går til dyrefôr, kan være en god erstatning som ekstra energikilde i vinterhalvåret hvis stivelse og potetavfall mangler.
- Det kan benyttes noe ny flis sammen med gammel siktet struktur. Dette avhenger av om hvor god siktet treflis holder strukturen. Siktet flis fra tidligere ranker vil over tid bli myk og miste sin spenst til å holde ranker oppe. Utflating av ranker bør unngås. Driftsoperatør bør se på struktur kvaliteten etter sikting før gjenbruk.
- NB Potetavfall bør males opp flere ganger med alu skuffe slik at man unngår hel potet i rankene. Dette er viktig for å lykkes med rask og effektiv kompostering. Siste trinn kan skje med slam og stivelse som er lettere å blande inn med ali skuffe.
- Strukturen, og varm kompost blandes med råstoff i **soldeskuffe** så godt som mulig. Godt blandet struktur, varm kompost og råstoff vil gi raskere kompostering og temperaturstigning og dermed kortere behandlingstid.
- NB ! Soldeskuffe og alu skuffe skal kun brukes på blå og rød sone.

Maarud importerer 3 typer potet fra Skandinavia eller benyttes potet fra norske produsenter:

*All importert potet er vasket og frigjort for jord. Kvalitetskravene på de tre sorter Maarud importerer er klarert på grensen med info sendt Mattilsynet. Potetsortene er Lady Clear, Lady Britta og Kiebitz. Disse er resistente for potetkreft *Ralstonia solanacearum*. I prinsippet er det sporer som følger potetene enten i svake infeksjoner (normalt synlige) eller i jord som ikke er vasket godt nok av potetene.*

Ifølge plantehelse på NIBIO, Ås er Lady Clear og Kiebitz resistente mot Rase 1 av potetkreft (som ble påvist i Norge for mange år siden). Lady Britta er resistent mot Rase 1, men også mot noen flere raser.

Dette sikrer at det ikke følger potetkreft med avfallet før kompostering.

Maaruds ansatte sammen med NIBIO, har etter ett års drift kommet fram til en sommer og vinter resept. Disse har god del slam i seg for å sikre høyt næringsinnhold i komposten.

Alternativ 1 sommer med potetavfall og stivelse:

Innhold	Ant. Skuffer	m3	Andeler %		
Høggeflis	52	130	52,0	Struktur %:	52,0
Slam (nytt 55%/ gammelt 45%)	30	75	30,0	Råstoff %:	38,0
Potetmix	4	10	4,0		
Chips avfall		0	0,0		
Stivelse	4	10	4,0		
Varm kompost fra ranke (mixing avfall)	10	25	10,0	Tidl. R. %:	10,0
Varm kompost fra ranke (oppbygging av ny ranke)		0	0,00		
Total	100	250			62/ 38

Forholdet
Struktur / slam

Alternativ 2 høst vinter med potetavfall og stivelse:

Innhold	Ant. Skuffer	m3	Andeler %		
Høggeflis	36	90	28,6	Struktur %:	28,6
		0	0,0		
Slam	22	55	17,5	Råstoff %:	23,8
Potetmix	4	10	3,2		
Chips avfall		0	0,0		
Stivelse	4	10	3,2		
Varm kompost fra ranke (mixing avfall)	25	62,5	19,8	Tidl. R. %:	47,6
Varm kompost fra ranke (oppbygging av ny ranke)	35	87,5	27,8		
Total	126	315			75/ 24

Forholdet
Struktur / slam

For mye tyngre nedbrytbart substrat kan medføre lengre behandlingstid og kan føre til for høye temperaturer over 70 grader som ikke er ønsket over lengre perioder. Alle disse resepter vil øke næringsinnholdet i slutt produktet med større andel slam.

Rød sone (uren sone og hygeniserings sone)



Aktiv fase Rød sone. Varm damp fra rankene sees godt om vinteren (Foto Elling Ødegaard Maarud)

- Bygg opp ranke når det ikke er nedbør (hvis praktisk mulig), da vil asfalten holdes lettere ren og man spare tid til kosting og rengjøring. Solleskuffe benyttes når nye ranker bygges opp.
- Først legges en madrass (dreneringslag) som er ca. 4 meter bred og 10 cm høy med grov ny flis.
- Ranker bygges maks 3-4 meter bred, 3-4 meter høy (kan variere etter hvordan ranken konstrueres) og 20 m lang (maks 25m). Her skal temp. sensorer bli plassert ca. ved hver 4 meter fra enden, 8, 12 og 16 m ca. 4m til ytterkant (totalt volum ikke større enn 250m³).
- Hver ny ranke bygd opp skal ha 4 temp. sensorer de 10 første dager før ranken vendes. Daglig avlesing av temperatur er viktig for å følge temperaturutviklingen på alle sensorer.
- Etter min. 10 dager og temperaturer over 55 °C i mer enn 75% av sensorene kan første vending utføres. Rundt 80% av rankas volum er da forventet varmebehandlet over 55 °C. **NB! Ren vanlig skuff benyttes.** Ranken vendes hvor varm del blandes med kjøligere del. Kantsoner og bunn legges i sentrum av ny ranke med varm kompost. Våre erfaringer til nå viser at ranken får jevnere temperaturer etter første vending. Når temperaturen blir jevnt høy over 60 – 70 °C i 100 % av rankes sensorer (se side 5 ranke 46,47 og 48).
- Temperatur data avleses daglig fra hver ranke i Excel ark med kurver for hver sensor. Da sees tydeligere evt. ujevnheter i temperatur utvikling før vending. Etter vending får ranken stabilere temperaturer (se eks ranke 47). **NB! Ved vending skal ren vanlig skuff benyttes.** Da jobber man raskere og man reduserer varmetap (særlig viktig i vinterhalvåret).
- Hvis mulig plass bør rankene på rød sone ligge lengst mulig over 55 °C der og ikke flyttes for raskt. Sistnevnte kan være utfordrende vinterstid. Dette sikrer hygienisering av komposten før den blir fraktet til gul sone for lengre ettermodning.
- Ranker som flyttes til gul sone skal unngås hvis ranken har mye snø på seg. Ranken skal ha varme i seg.
- NB Viktig i vinterhalvåret. Ranker på rød sone **skal ikke** vendes hvis de blir liggende lenge og blir kjøligere med mye snø etter dager med mye nedbør. I aktive ranker med høy temperatur vil snøen smelte og være god indikasjon på om ranken kan vendes eller ikke.
- Ranker som ikke har holdt temperaturer over 55 °C i 20 dager eller mer, skal ikke flyttes til gul sone.
- Har ranken temp over 60 til 70 °C på alle sensorer etter vending bør 10-15 dager liggetid være nok.
- Ranker som blir liggende opp mot 80 grader kan kjøles noe ned ved ekstra vending. Forskning viser at temp mellom 60 til 65 grader er mest effektivt nedbryting.

Gul sone (ettermodnings sone)



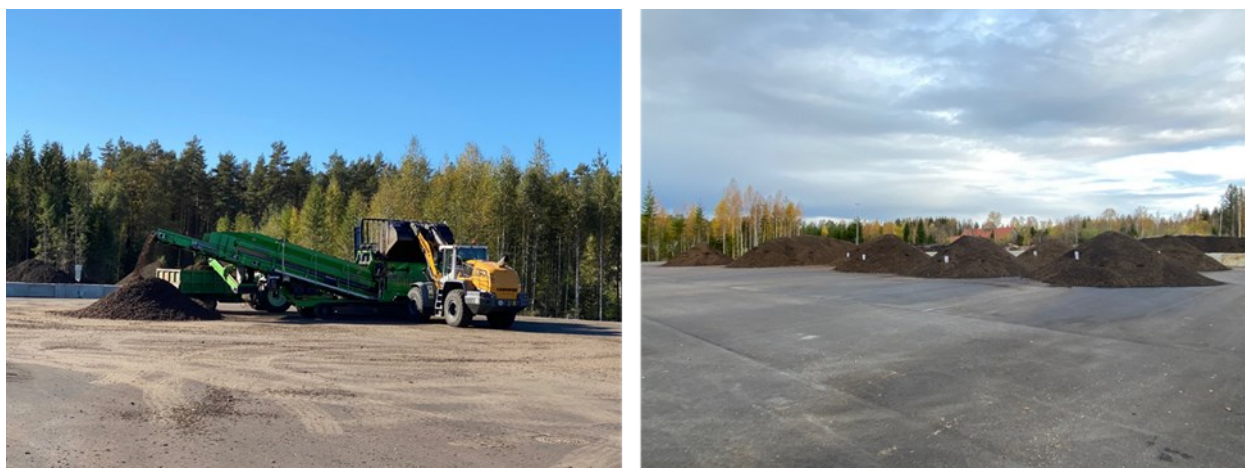
Ettermodnings ranker på Gul sone (Foto Elling Ødegaard Maarud)

- Når kompostranker fra rød sone flyttes til gul sone, er 2. vending utført.
- **Rengjør skuff** før kompost flyttes fra rød sone til gul sone.
- To ranker fra Rød sone slås sammen til en større ranke på gul sone for langtids ettermodning. Rankene vil holde seg varm i lengre periode. Temperaturer bør registreres de første 2 uker. Det loggføres temperaturer som man har dokumentert at ranken totalt er hygienisert over 55 °C i minst 28 dager.

NB! Historikken fra rankene på rød sone merkes på nye ranker som slås sammen (Ranke 46/48 – 46 innerst og 48 ytterst).

- Ekstra vending av ranker på gul sone bør skje hvis temperaturen overstiger 70 °C. Dette for å starte ettermodningsprosessen raskere. Derfor vil det være nyttig å følge temperatur utviklingen i disse også. Dette er viktig for at komposten raskere skal blir moden, ranken får da tilført mer luft og mulige soner som ikke er like godt brutt ned vil blir kompostert.
- Ranker på gul sone bør ligge lenge nok slik at energien er redusert og råstoffet kompostert ferdig for sikting. Blir rankene her liggende lenge over 70 °C, modnes ikke komposten godt nok.
- Ranker med kompost over 40 - 50 °C bør ikke siktes. Ideal temperatur 30 grader.
- Dette bør være mulig å få til igjennom lengre lagring over vinteren på gul sone.
- Rankene på gul sone bør ha skilt med dato slik at de eldste ranker alltid siktes til grønn sone først. Maarud har fra første stund merket alle ranker godt synlig slik at sporing kan gjøres.

Grønn sone (ren sone - lagring av siktet kompost)



Sikting av kompost og ferdig siktet kompost batcher Grønn sone (Foto Elling Ødegaard Maarud)

- **NB Alt utstyr, hjullaster, skuffer som benyttes på grønn sone skal være rengjort før bruk inne på grønn sone.**
- Hvis ranker med siktet kompost utvikler varme, bør de vendes og kjøles ned.
- All ny siktet kompost lagres i ulike batcher (ikke for store ranker). Kald ferdig modnet kompost kan lagres i større batcher. Fra disse skal det tas ut gode bland prøver (10 - 15 uttak) som blandes godt til ca. 500g. Hver bland prøve skal analyseres for næringsinnhold, tungmetaller, salmonella, TKB (termotolerante bakterier), sendes Eurofins miljø div. for analyse etter gjødselvereforskriften, kryss av for A, D og F (se skjema fra Eurofins under). *E.coli* kan analyseres i tillegg om nødvendig som sikrer ekstra svar på hygienisering. Enkelt analyser er mulig med spesifisering på skjema.
- I tillegg 500 g kompost sendes til NIBIO Plantehelse for analyse av PCN (potetcystenematoder).

Analyser (koder fra tilbud, evt. bare navn for analyser som ikke er spesifisert i tilbudet): ^α			
Nr ^α	Analysenavn ^α	Nr ^α	Analysenavn ^α
A ^α	PMM9Q-Kompost-næring [¶] (TS, org.innhold, pH, konduktivitet, densitet, P, N, Fe, Al, Ca, B, Mn, NH4-N, NO3-N, P-AL, K-AL, Ca-AL, Mg-AL, Na-AL, S, Cd, Hg, Pb, Ni, Cr, Zn, Cu, As) – metoder iht NS2890 ^α	C ^α	PMM9B-Tungmetaller-kompost [¶] (Cd, Pb, Hg, Ni, Zn, Cu, Cr) ^α
		D ^α	PMM9A-Hygienepakke (Gjødselv.forskr.) [¶] (TKB, Salmonella, TS) ^α
		E ^α	UMQIF-Enterokokker ^α
B ^α	PMM9C-Kompost-næring, enkel [¶] (TS, glødetap, pH, konduktivitet, N, P, NH4-N, NO3-N, P-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, Na-AL) ^α	F ^α	UMTU7-E.Coli ^α
		G ^α	^α

3.11 Evaluering av kompostjord fra siktede ranker

Alle de ulike kompostrankene produsert i perioden 2020 til 2021 viste noen ulikheter i næringsinnhold og er derfor blitt slått sammen til 4 hovedbatcher hvor hver fikk sin egen varedeklarasjon. De fire batcher av siktet kompost er her vurdert i 4 ulike varedeklarasjoner (Vedlegg 5).

For å sikre at komposten har godt næringsinnhold og er moden ble data fra alle ranker fra gul sone siktet høsten 2021 modellert av Elling Ødegaard. En slik modell vist i figur 26. En slik modell vil gi en pekepinn på hvor lang tid det tar fra avfallet blandes til man har moden kompost. Den viser at det vil ta ca 33 uker. Dette er ingen fasit siden moden kompost avhenger hvor godt nedbrytningsprosessen er i starten (aktiv hygeniserings periode. Er f.eks. temperaturen for høy over 70°C i lengre perioder vil avfallet brytes saktere ned. Ideell temp er 60 -65°C. Hvis avfallet også varierer noe i tungt nedbrytbart materiale, vil tida til ferdig modnet kompost bli noe lengre.

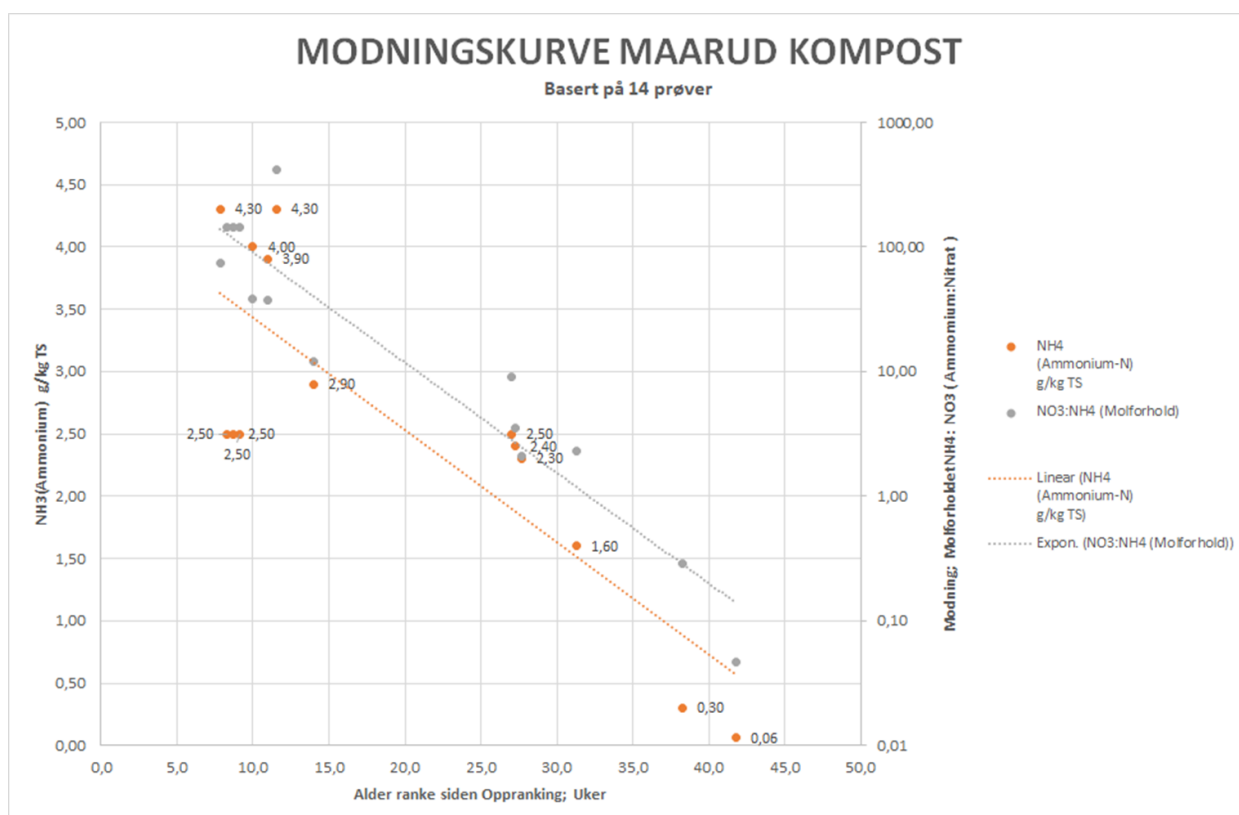
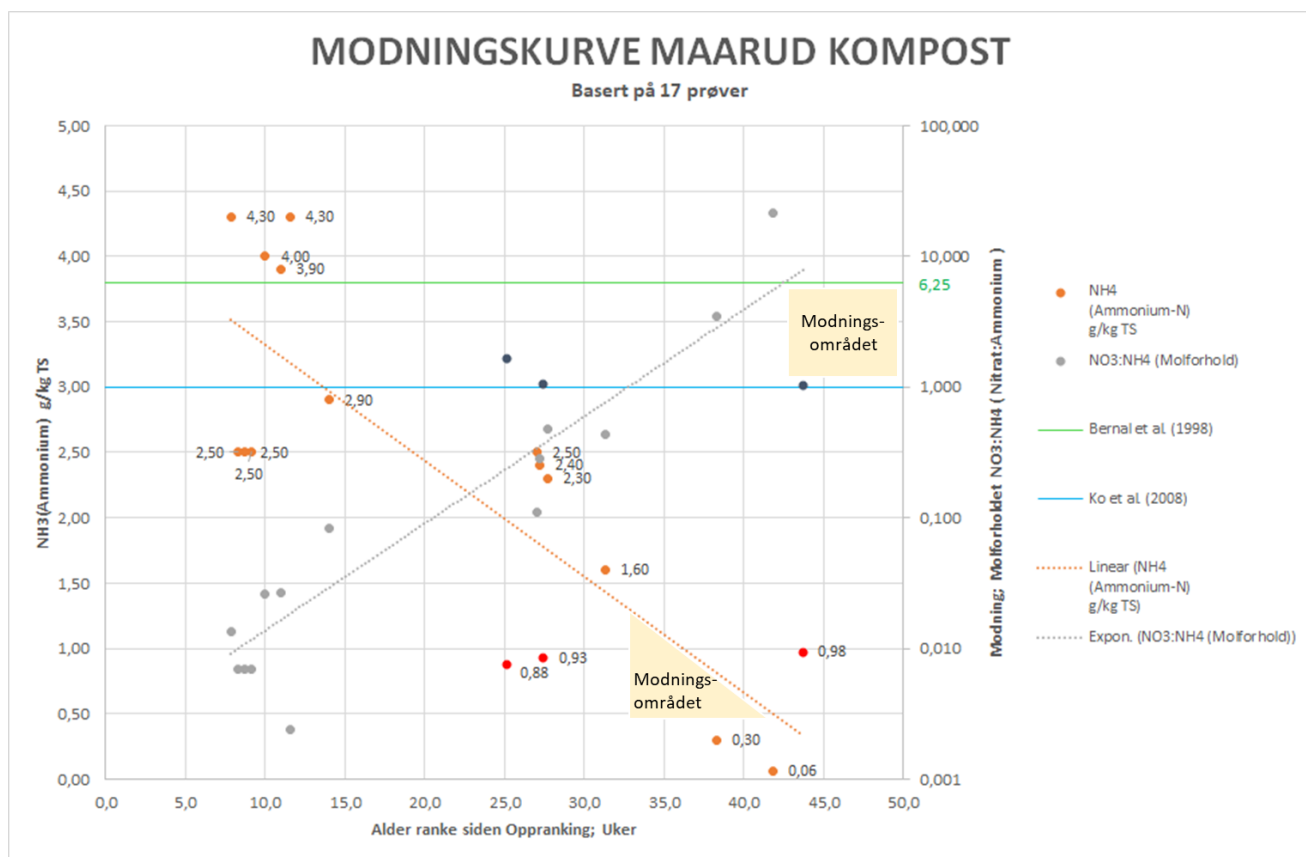
Dataene for denne modellen er hentet fra (Tabell 9 og 10). Moden hage kompost er definert ut fra ASCP 2001 retningslinjer beskrevet av (Wichuk og MacCartney, 2010) i en review artikkel. Flere kriterier er summert opp i denne artikkelen og de viktigste er:

- NH₄-N (mg/kg TS) <75 ekstra moden, 75-500 moden
- Forholdet mellom NO₃-N: NH₄-N skal være > 2
- Forholdet mellom NH₄- N: NO₃-N skal være < 0,5-3,0.
- (NB! Dette gjelder kun hvis totalt innhold av NH₄ og NO₃ -N er >100mg/kg TS)
- Dewar test (selvoppvarming) skal være klasse index V: ikke over 30 °C
- pH < eller lik 8
- Dewar test (rottegrad) selvoppvarmings test.

Tabell 9. Beregninger av nitrat og ammonium innhold i siktet kompost, forholdet mellom dem beregnet på mol ut fra liggetid i uker som ligger til grunn i figur 24. All kompost ble slått sammen til 4 kompostbatcher hvor 10-20 prøver ble blandet godt og slått sammen. Analysert høst 2021 og jan 2022

ANALYSERESULTATER FRA SIKTING

Ranker siktet/analysert i samme haug	Uker fra oppranging til sikting samme haug	NO ₃ (Nitrat-N) g/kg TS	NH ₄ (Ammonium-N) g/kg TS	NO ₃ :NH ₄ (Molforhold)	NH ₄ :NO ₃ (Molforhold)
35	7,9	0,02	4,30	0,014	73,43
33	8,3	0,01	2,50	0,007	145,16
Batch 4. (Ranke 32, 33) 1. prøve	8,7	0,005	2,50	0,007	145,16
32	9,1	0,01	2,50	0,007	145,16
30	10,0	0,03	4,00	0,026	38,71
Batch 3. (Ranke 24, 26, 27, 30, 35) 1. prøve	11,0	0,03	3,90	0,026	37,74
26, 27	11,6	0,003	4,30	0,002	416,13
24	14,0	0,07	2,90	0,083	12,03
Batch 4. (Ranke 32, 33) 2. prøve	25,1	0,43	0,88	1,683	0,59
8, 9, 13, 18, 19, 20	27,0	0,08	2,50	0,110	9,07
Batch 2. (Ranke 8, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20) 1. prøve	27,2	0,20	2,40	0,287	3,48
Batch 3. (Ranke 24, 26, 27, 30, 35) 2. prøve	27,4	0,29	0,93	1,074	0,93
12, 16, 17	27,7	0,32	2,30	0,479	2,09
10	31,3	0,20	1,60	0,431	2,32
Batch 1. (Ranke 6, 7, 10)	38,3	0,30	0,30	3,444	0,29
6, 7	41,8	0,37	0,06	21,241	0,05
Batch 2. (Ranke 8, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20)	43,7	0,30	0,98	1,054	0,95

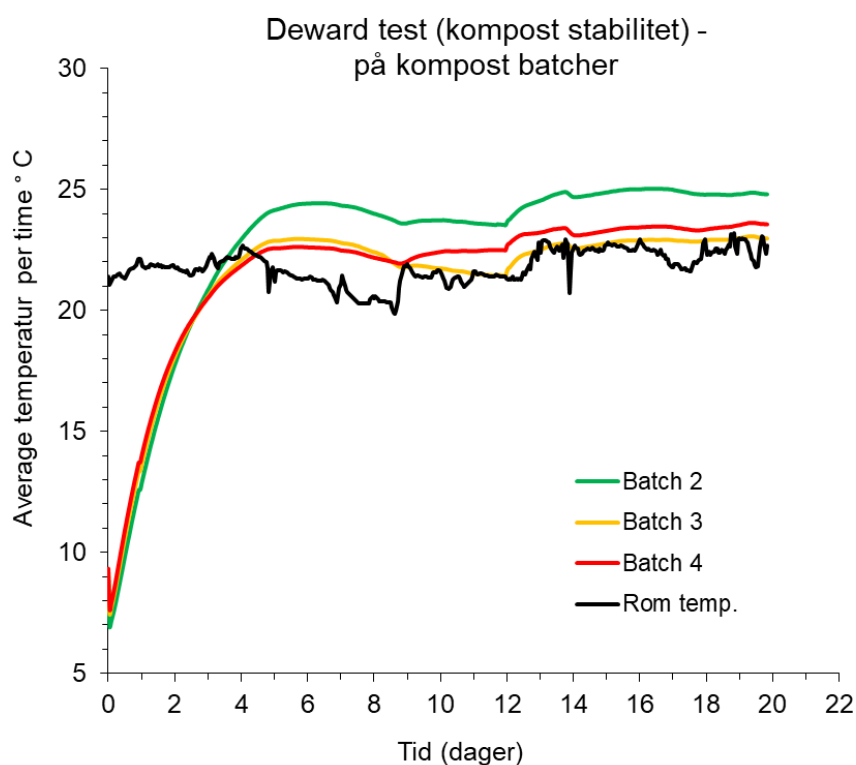


Figur 26. Data fra tabell 9 er modellert av Elling Ødegaard og komposten forventes å være modnet etter 33 uker (ca. 7,5 mnd.) * (Ko, et al. (2005) og fullmodent (ca. 10mnd) * Bernal, et al. (1998) fra ranken ble lagt opp.

Tabell 10. Modenhet av de ulike kompost ranker etter sikting og analyser. All kompost ble slått sammen til 4 kompost batcher hvor 10-20 prøver ble blandet godt og slått sammen. Analysert høst 2021 og jan 2022.

Vurdering parameter		Batch 1 Ranke 6/7 og 10	Batch 2 Ranke 8/9/13/16/17/18/20	Batch 3 Ranke 24/26/27/30 og 35	Batch 4 Ranke 32 og 33
pH		6,0	8,3	8,1	7,95
NO3 : NH4 ratio	mol forhold	3,44	1,1	1,1	1,7
NH4 : NO3 ratio	mol forhold	0,3	0,95	0,93	0,59
NO3	g/kg TS	0,3	0,3	0,29	0,43
NH4	g/kg TS	0,3	0,98	0,93	0,59
Dewar test (selvoppvarming) Modningsgrad		moden	V moden	V moden	V moden

Alle kompostbatcher var moden, jan 2022. Det viser også en ekstra selvoppvarmingstest utført i jan 2022 (Figur 27). Ingen av de tre batchene med kompost ga økt temperatur i 20 dager. Alle lå godt under 30 grader som er grensetemperaturen for stabilitetsklasse 5 (V).



Figur 27. Dewar stabilitet test i termoser av kompost batch 2,3 & 4

3.12 Næringsinnhold av siktet kompostbatcher

Alle kompostbatcher er beskrevet i 4 varedeklarasjoner vist i vedlegg 5.

Batch 1: (Ranke 6, 7 & 10)

Plantetilgjengelig fosfor (P) ligger på 0,5 g/kg TS. Plantetilgjengelig N (nitrat + ammonium) er 0,6 g/kg TS. Totalt nitrogen N er 11 g/kg TS eller 8,4 kg/tonn kompost. Komposten inneholder totalt fosfor (P) på 2,9 g/kg TS. Organisk innhold 15% og pH på 5,9.

Batch 2: (Ranke 8,9,12,13,16,17,18,19,20)

Plantetilgjengelig N (nitrat + ammonium) er 2,6 g/kg TS. Plantetilgjengelig fosfor (P) ligger på 0,5 g/kg TS. Totalt nitrogen N er 20g/kg TS eller 13kg/tonn kompost. Komposten inneholder totalt fosfor (P) på 6,3 g/kg TS. Organisk innhold 18 % og pH på 8,3

Batch 3: (Ranke 24,26,27,30 & 35)

Plantetilgjengelig N (nitrat + ammonium) er 3,9 g/kg TS. Plantetilgjengelig fosfor (P) ligger på 0,7 g/kg TS. Totalt nitrogen N er 20 g/kg TS eller 14 kg/tonn kompost. Komposten inneholder totalt fosfor (P) på 7,4 g/kg TS. Organisk innhold 18 % og pH på 8.1.

Batch 4: (Ranke 32 & 33)

Plantetilgjengelig N (nitrat + ammonium) er 2,6 g/kg TS. Plantetilgjengelig fosfor (P) ligger på 0,7 g/kg TS. Totalt nitrogen N er 17g/kg TS eller 12kg/tonn kompost. Komposten inneholder totalt fosfor (P) på 5,6 g/kg TS. Organisk innhold 21% og pH på 7,9

Kompostbatchene beskriver historien på avfallet som er kompostert fra flere ulike ranker slik at næringsinnholdet målt som total N, men også modenheten til komposten skulle bli så lik som mulig (Tabell 11). Avfallet før kompostering ble klassifisert i klasse 0 på tungmetaller og all siktet kompost produsert i tidsrommet har klasse 0 og er vurdert med godt næringsinnhold (Tabell 12).

Tabell 11. Næringsinnhold i de ulike kompostbatcher etter sikting og analyser høsten 2021 og jan. 2022.

Næringsinnhold	Enhet	Batch 1	Batch 2	Batch 3	Batch 4
Tørrstoff (TS)	%	63	65	70	71
TS analyse jan. 2022	%		51	51	52
Glødetap (GT)	%	33,5	40	31	32
GT analyse jan. 2022	%		35	36	41
Volum vekt	kg / m ³	588	535	565	590
Ledningsevne	ms/S	41	67	99	115
analyse jan. 2022	ms/S		42	45	41
pH		5,9	6,4	6,9	5,25
pH analyse jan. 2022			8,3	8,1	8,0
Total N	g/kg TS	10,7	19,5	20	17
Total P	g/kg TS	2,9	6,25	7,4	5,6
TOC	%	15	18	18	21
C/N		14	10	10	12
NO ₃ : NH ₄	mol forhold	3,4	0,3	0,03	0,01
analyse jan. 2022			1,1	1,1	1,7
Nitrat - Nitritt N	g/kg TS	0,3	0,20	0,03	0,005
analyse jan. 2022			0,30	0,29	0,430
Ammonium-N	g/kg TS	0,3	2,4	3,9	2,5
analyse jan. 2022			0,98	0,9	0,88
Fosfor (P-AL)	g/kg TS	0,5	0,5	0,7	0,7
Kalium (K-AL)	g/kg TS	3,2	3,3	3,0	2,9
Kalsium (Ca- AL)	g/kg TS	1,6	2,1	1,3	0,6
Natrium (Na- AL)	g/kg TS	0,1	1,6	0,2	0,16
Magmesium (Mg-AL)	g/kg TS	0,5	0,6	0,6	0,5

AL = Analyse som gir info om plantetilgjengelighet

Alle kompostbatcher 1,2,3 og 4 er alle rene produkter og har lavt tungmetallinnhold til klasse 0 (Tabell 12).

Tabell 12. Innhold av ulike tungmetaller og kvalitetsklasse i de ulike kompostbatcher etter sikting og analyser høsten 2021.

Tungmetaller	Enhet	Batch 1	Batch 2	Batch 3	Batch 4	Klasse
Arsen	mg/kg TS	1,6	1,1	1,0	1,0	0
Kadmium	mg/kg TS	0,3	0,4	0,3	0,3	0
Krom	mg/kg TS	29	14	15	12	0
Kobber	mg/kg TS	17	17	19	16	0
Bly	mg/kg TS	7,7	6	6,3	5,6	0
Sink	mg/kg TS	70	99	76	66	0
Kvikksølv	mg/kg TS	0,05	0,05	0,04	0,03	0
Nikkel	mg/kg TS	13	8,6	9,2	8	0

Gjennomsnitt av 4-9 prøver analysert

3.13 PCN cyster i siktet kompost

Maarud har nå siktet flere tusen kubikk med kompost. Disse er merket og kan etterspores. Prøver fra alle kompostranker produsert fra september 2020 til september 2021 er sendt til analyse for evt, påvise cyster av (PCN). Alle prøver viste negative svar (Tabell 13). I alle disse ranker er det loggført temperaturer godt over 60 °C i 20 dager eller mer og ved 2-3 vendinger, slik at kantsoner og bunnmateriale får temperaturer over 55 °C i aktive ranker, både på uren rød sone, men også i ettermodningsranker på gul sone. Det ble heller ikke påvist *Salmonella* i noen av prøvene.

Tabell 13. Analyser av kompost prøver fra ranke 6 og 7 er tørket og siktet hos NIBIO*. Disse er hentet fra overflate og sentrum av rankene (vår 2021). I tillegg ble nye (blandprøver 9 stk.) av siktet kompost fra ranker på gul sone produsert i 2020 og 2021 analysert for PCN hos NIBIO, plante helse.

PARAMETER		Kompost ranke 6 & 7 siktet *	Kompost ranke 24 siktet	Kompost ranke 10 siktet	Kompost ranke 8, 9 , 13, 18,19 & 20 siktet	Kompost ranke 12, 16,& 17 siktet
Analysert		24.04.2021	28.09.2021	28.09.2021	28.09.2021	28.09.2021
Salmonella	25g	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
Potetcyste nematoder PCN		Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist

PARAMETER		Kompost ranke 26 & 27 siktet	Kompost ranke 30 siktet	Kompost ranke 32 siktet	Kompost ranke 33 siktet	Kompost ranke 35 siktet
Analysert		28.09.2021	29.09.2021	29.09.2021	29.09.2021	29.09.2021
Salmonella	25g	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
Potetcyste nematoder PCN		Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist	Negativ ikke påvist

Rankene ble slått sammen til nye siktede kompostbatcher 1-4. PCN-analyser ble også utført på blandprøver av de 4 kompost batchene slått sammen på ren grønn sone. Alle disse viste negativt resultat og ingen cyster av (PCN) ble påvist (Tabell 14). Tabell 14 viser også analyser på *Salmonella* og TKB (jan. 2022). Uønskede patogene mikroorganismer ble heller ikke påvist.

Batch 1: Ranke 6, 7 & 10

Batch 2: Ranke 8,9,12,13,16,17,18,19,20

Batch 3: Ranke 24,26,27,30 & 35

Batch 4: Ranke 32 & 33

Tabell 14. Analyser av bakterier og cyster av PCN i de ulike kompostbatcher 1-4 etter sikting januar 2022.

Organisme	Enhet	Batch 1	Batch 2	Batch 3	Batch 4
Cyster av PCN		neg. Ikke påvist	neg. Ikke påvist	neg. Ikke påvist	neg. Ikke påvist
<i>Salmonella</i>	per 25 g	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
Termostabile (TKB)	MPN/g	81	<20	<20	<20

4 Konklusjoner

Konklusjon fra hovedrapport:

Forsøk viser at ved bruk av potetaavfall og slam alene og ikke innblandet sammen i en resept medfører ustabile høye temperaturer, men også ujevn komposteringstid. Blandet sammen i riktig blandingsforhold vil gi en sikrere kompostering med mer stabil og høy temperatur.

Forsøk viser at bruk av for mye lagunestivelse innblandet i avfallsresepten kan medfører lave temperaturer i startfasen og at hygieniseringstemperatur ikke oppnås, men også lengre komposteringstid ved lavere temperatur. Lagunestivelse er en lett tilgjengelig og rask nedbrytbar karbonkilde til komposteringen av slam når det blandes inn i moderate mengder.

Forsøk viser at chips, tortilla og potetskruer innblandet i avfallsresepten hjelper prosessen å nå høyere temperatur, men gir også lengre hygieniseringstid eller komposteringstid. Disse ekstra råstoffene er ikke så lett tilgjengelige og raske karbonkilder i nedbrytingen.

Forsøk viser at ved bruk av chips innblandet i avfallsresepten medfører høyere temperaturer, men også lengre komposteringstid. Potetdipp eller skrell ga liten effekt. Chips er ikke så lett tilgjengelig og rask karbonkilde i nedbrytingen.

Innledende forsøk i laboratorieskala (beskrevet i kap. 3,1-3 har gitt nyttig informasjon for å oppnå effektive storskala ranker med temperaturer >55°C. Alle ranker overvåkes kontinuerlig med 4 trådløse temperaturfølere som sender data tilbake til kontrollrommet hvor informasjon kan logges på monitor og overføres til en database på PC. Operatørene følger daglig opp på prosessen slik at 100% av ranken holder seg over 55-70 °C både før og etter vendinger i 28 dager. Dette sikrer god og trygg hygienisering av avfallet i hele ranken.

Ulike blandingsforhold på Maaruds avfall er utprøvd i storrankekompostering (beskrevet i kap. 3.4 t.o.m. 3.9) og ut fra disse undersøkelsene er det beskrevet en sommer og vinterresept. Underveis i prosjektet er det tilsatt en større mengde slam for å øke næringsinnholdet i komposten til Total N på 20 g/kg TS og Total P på 6-7 g/kg TS. En empirisk modell er laget for å følge avfallet fra start til moden siktet kompost. Beregninger i modellen viser at prosessen trenger 33 uker fra avfallet blandes til komposten er ferdig modnet.

Totalt ble det i prosjektet produsert 600 m³ kompost fra høsten 2020 til sommeren 2021 fordelt på 4 ulike batcher. Varedeklarasjoner for disse er laget og alle kompostbatchene har høy næringsverdi, kvalitets klasse 0 for innhold av tungmetaller og inneholder ingen fremmed-legemer. Ingen cyster av nematoden PCN og patogene mikroorganismer er blitt påvist i noen av kompostrankene.

Det er gjennom dette prosjektet utviklet rutiner og resepter etter gjødselvareforskriften for å produsere trygg kompost fra næringsmiddelavfall som tidligere ble deponert. Komposten har gode egenskaper i forhold til næringsinnhold, struktur og hygiene. NIBIO mener at dokumentasjon som kommer frem i denne rapporten viser at komposten fra Maarud egner seg som jordforbedring og dyrkingsmedium til matproduksjon, men produktet bør ikke benyttes til kommersiell potetproduksjon.

Konklusjon delrapport 2

Undersøkelsene av kompostblandinger i storranke med 22 temperatursensorer i ulike dyp ble utført på anlegget til Maarud AS Disenå i 2020-2022. Resultatene viste at total tid med hygienisering over 55°C i ranke er forventet å være 45-50 dager for 3 vendinger. Flere perioder var temperaturen høyere en 60°C både i ytterkant og nærmere bunnen etter flere vendinger. Dette sikrer at materialet i ranken som er godt eller mindre nedbrutt får oppsving i temperaturen.

Forsøket viste at for tidlig vending kan forstyrre temperaturutviklingen i ranken og at nok struktur og varm kompost i blandet avfallet gir god effekt på temperaturutvikling og hygienisering av avfallet fra fabrikken.

I forsøksranken ble gjennomsnittstemperaturen modellert med høyest sannsynlig temperaturpåvirkning over tid. Modelleringen viste at det i ranken oppnås tilstrekkelig høye temperaturer i lange periode. Flere vendinger sikrer dette slik at alt materialet får en ønsket varmebehandling.

Riktig blandingsforhold mellom nok struktur og sure råvarer som Maarud behandler er essensielt for å lykkes i god og trygg behandling under rankekompostering sommer og vinter. Vi har erfart og gjennom sesongen 2020 og 2022 at gode resepter gir kompostranker med høye temperaturer som gir god kompostering og hygienisering av avfallet, noe som er viktig for eliminering av planteskadegjørere som potetcystenematode gul (PCN).

Konklusjon delrapport 3

Ulike komposteringsforsøk er utført for å se på overlevelse av gul potetcyste nematode (PCN). Temperatur eksponering over 50°C i mer enn 5 døgn ser ut til å skade larver i å infisere potetrøtter. Resultater viste at PCN cyster kompostert i 6 termoser sammen med slam og potet avfall mister evnen til å infisere mandel potetplanter hvis de eksponeres over 50 °C i 3-5 døgn. Høye temperaturer og lengre døgn eksponering viste ingen funn av levende fertile larver i 5 ulike enheter fra cyster kompostert ved temperaturer >55 (27 døgn), >60 (21 døgn) og 65°C (10 døgn) etter eksponering i rot ekstrakt fra potet i 6 uker. Kontrollene viste flere klekking av høyt antall fertile larver.

Det ble ikke funne levende egg eller larver fra cyster, ved mikroskop analyse etter kompostering i stor ranke i 26 dager med temperaturer fra 60 - 69°C ved 0,5m, 1.0m og 1.5 m dyp i ranken. Dette viser at en god kompostranke med høye temperaturer i senter og ut mot overflaten vil kunne inaktivere PCN cyster.

Alle analyser i ulike bland prøver fra 16 kompostbatcher produsert mellom 2020 og 2021 analysert for PCN cyster viste negative svar som trykker komposten for videre bruk.

Litteratur

VKM rapport (2021). Beatrix Alsanius, Christer Magnusson, Mogens Nicolaisen, Sandra A.I. Wright, Micael Wendell, Beatrix Alsanius, Paal Krokene, Johan Stenberg, Iben M. Thomsen and Trond Rafoss (2021). Assessment of treatment methods and validation criteria for composting and biogas facilities in relation to plant health risks and the risk of spreading alien organisms. Scientific Opinion of the Panel on Plant Health of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment. VKM Report 2021:19, ISBN: 978-82-8259-374-8, ISSN: 2535-4019. Norwegian Scientific Committee for Food and Environment (VKM), Oslo, Norway

Bergersen, O. (2018). *Miljørapport for ORIGO Skibotn sitt kompostanlegg i Storffjord kommune*. Retrieved 11.08.21 from https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2592727/NIBIO_RAPPORT_2019_5_47.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bergersen, O., Boen, A. S., & Sorheim, R. (2009, Jan). Strategies to reduce short-chain organic acids and synchronously establish high-rate composting in acidic household waste. *Bioresour Technol*, 100(2), 521-526. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.044>

Bergersen, O., & Briseid, T. (2019). Kompostering av biorest fra biogass-produksjon – mulig økte metanutslipp?. *Poster fra NIBIO konferanse (2019)*.

Bergersen, O., Briseid, T., & Holdhus., O. (1992). *Aerob rotasjonskompostering av kloakkslam*. SI. (Senter for industriforskning). ISBN 82-411-0372-7

Bergersen, O. & Elling Ødegaard (2022) Modellerings av temperaturutvikling i store kompostranker før og etter vending hos Maarud 2022 – Delrapport 2. NIBIO Delrapport 2 Vol 8 (69) 2022.

Bergersen, O., Vennatrø S. M. & Elling Ødegaard (2022) Validering på overlevelse av gul potetecyste nematode PCN under kompostering av potetavfall hos Maarud i laboratorieskala og storskala ranker 2021. NIBIO Delrapport 3 Vol 8 (78) 2022.

Blytt, L. D. et al. (2016). Use of *S. senftenberg* 775w H₂S negative to identify CCP for hygiene verification of the composting process Validation according to the animal by-product regulations.

Bøen A., Hammeraas B., Magnusson C., Aasen R. (2006) Fate of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* during composting. *Compost science & utilization* 14:142-146.

Boutasknit, A., Anli, M., Tahiri, A., Raklami, A., Ait-El-Mokhtar, M., Ben-Laouane, R., Ait Rahou, Y., Boutaj, H., Oufdou, K., Wahbi, S., El Modafar, C., & Meddich, A. (2020). Potential Effect of Horse Manure-green Waste and Olive Pomace-green Waste Composts on Physiology and Yield Of Garlic (*Allium sativum*L.) and Soil Fertility. *Gesunde Pflanzen*, 72(3), 285-295. <https://doi.org/10.1007/s10343-020-00511-9>

Estrada-Bonilla, G. A., Durrer, A., & Cardoso, E. J. B. N. (2021). Use of compost and phosphate-solubilizing bacteria affect sugarcane mineral nutrition, phosphorus availability, and the soil bacterial community. *Applied soil ecology : a section of Agriculture, ecosystems & environment*, 157, 103760. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103760>

Føreid, B., Bergersen, O., & Sørheim, J. (2018). *Kompostens virkning i dyrket jord*. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2580896/NIBIO_POP_2018_4_29.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Hanslin, H. M., Sæbø, A., & Bergersen, O. (2005). Estimation of oxygen concentration in the soil gas phase beneath compost mulch by means of a simple method. *Urban forestry & urban greening*, 4(1), 37-40. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2005.05.001>

Lovdata. (2021). *Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav*. Retrieved 11.03.21 from <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>

Oldfield, T. L., Sikirica, N., Mondini, C., López, G., Kuikman, P. J., & Holden, N. M. (2018). Biochar, compost and biochar-compost blend as options to recover nutrients and sequester carbon. *J Environ Manage*, 218, 465-476. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.061>

O`Toole, A., & Bergersen, O. (2020). *Reaktorkompostering og jordproduksjon. Utvikling av råvarer, produksjonsprosesser og teknologi*. Retrieved 11.08.21 from <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2657516>

Vasskog, T., Bergersen, O., Anderssen, T., Jensen, E., & Eggen, T. (2009, Nov). Depletion of selective serotonin reuptake inhibitors during sewage sludge composting. *Waste Manag*, 29(11), 2808-2815. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.010>

Wichuk K.M. and McCartney D. (2010). Compost stability and maturity evaluation- a litterature review. *Can. J. Civ. Eng.* **37** 1505-1523.

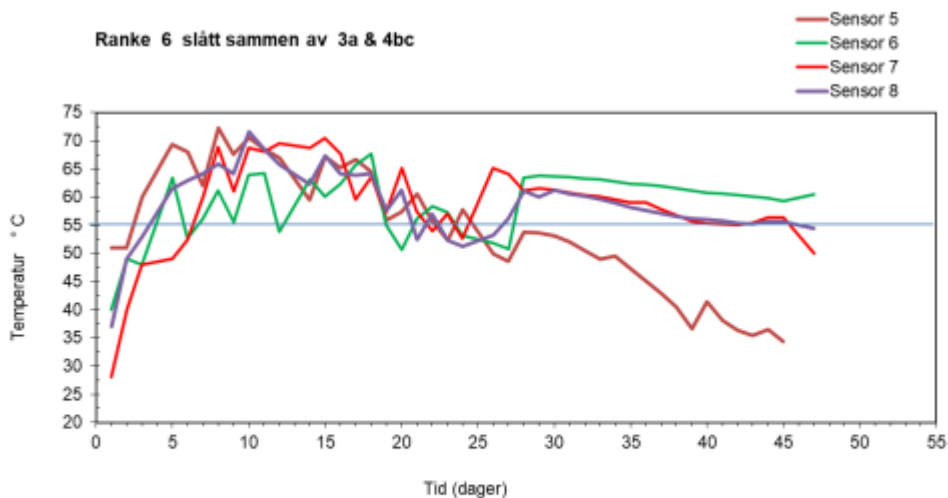
Vedlegg

Oversikt over vedlegg

Nr.	Emne
1	Hygienisering temperaturer fra kompostbatch 1
2	Hygienisering temperaturer fra kompostbatch 2
3	Hygienisering temperaturer fra kompostbatch 3
4	Hygienisering temperaturer fra kompostbatch 4 Foto skilting av området
5	Varedeklarasjon på kompostbatchene 1-4

Vedlegg 1

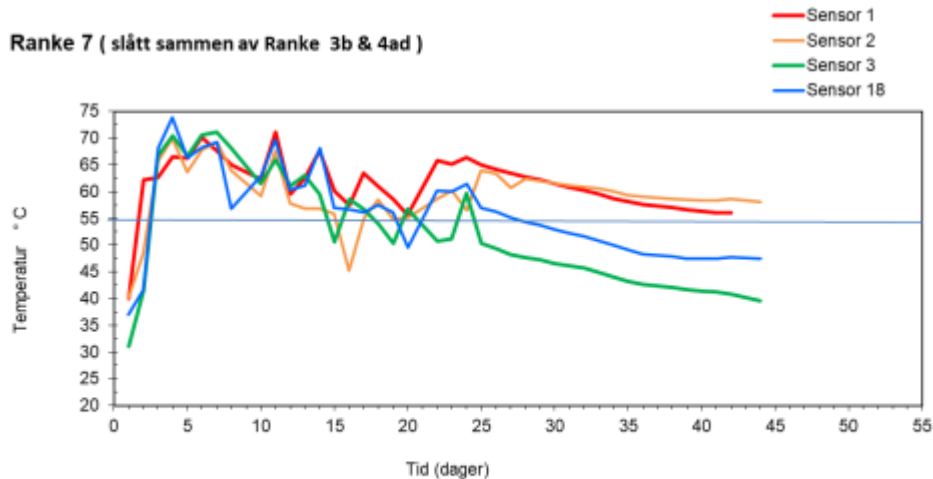
Temperatur log kompost Batch 1



Ranke 6	Gjennomsnitt	Median	Maks temp
26 dager	60	59	69

Temperaturforløp i Ranke 6 og beregnet gjennomsnitt, median og maks temperatur i °C.

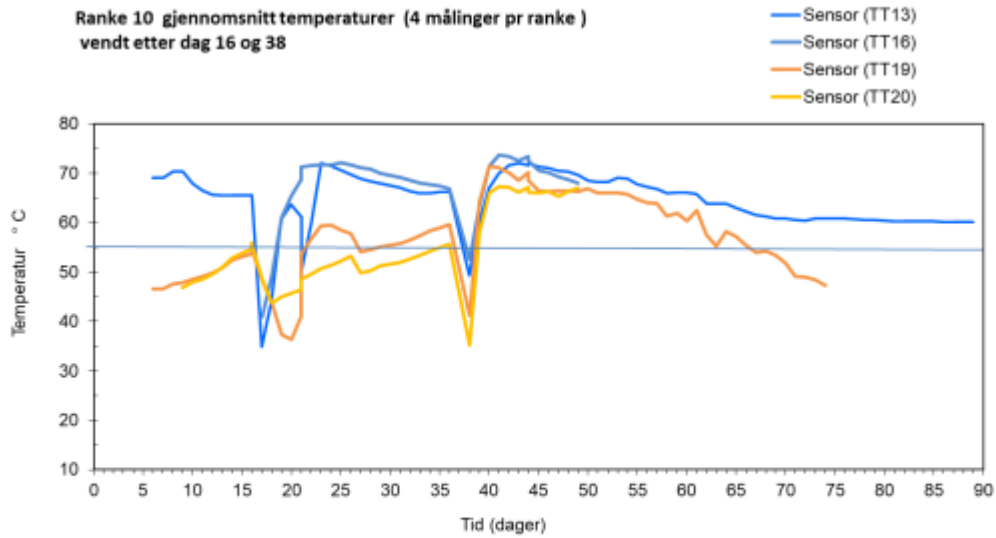
Ranken er vendt 4-5 ganger



Ranke 7	Gjennomsnitt	Median	Maks temp
28 dager	59	60	71

Temperaturforløp i Ranke 7 og beregnet gjennomsnitt, median og maks temperatur i °C.

Ranken er vendt 4-5 ganger



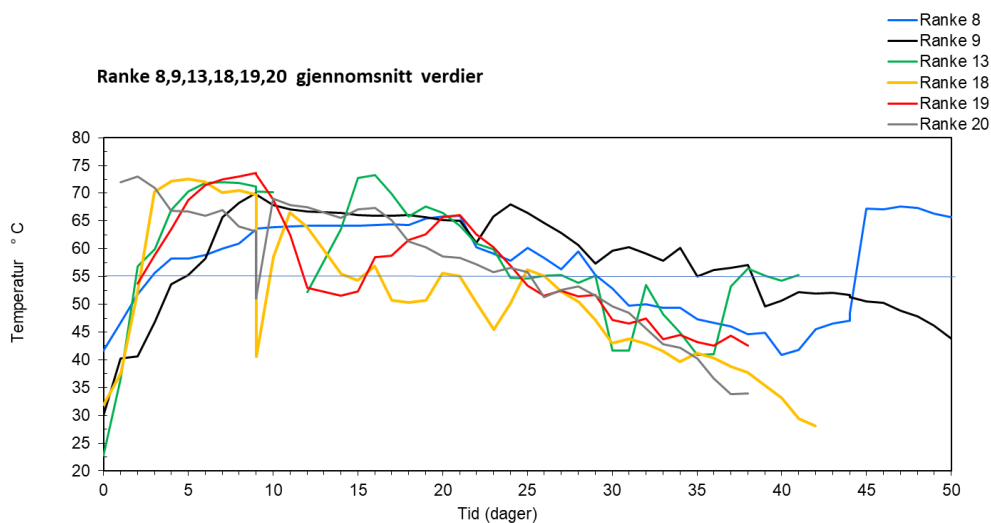
Ranke 10	Gjennomsnitt	Median	Maks temp
20 dager før vending	64	56	72
50 dager etter vending	64	66	74

Temperaturforløp i Ranke 10 og beregnet gjennomsnitt, median og maks temperatur i °C. Ranken er vendt 2-4 ganger.

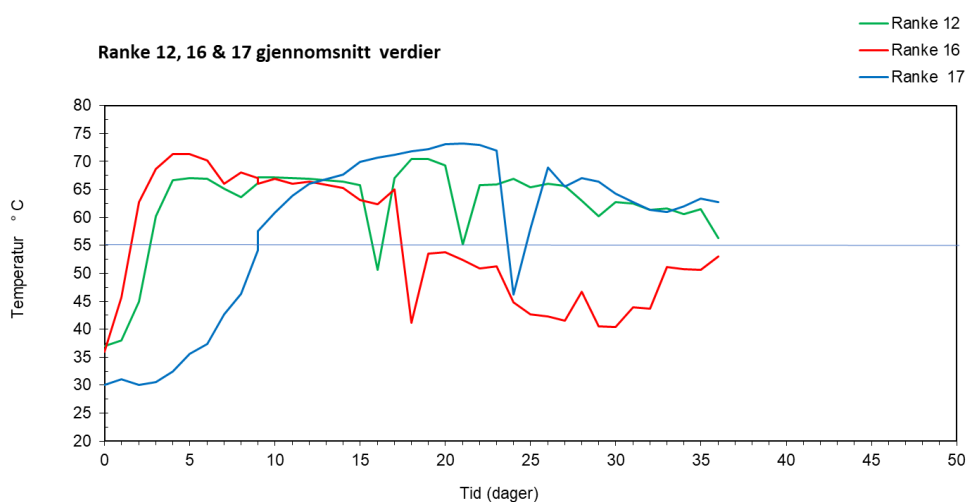
Rankene har vist temperatur over 55-60 °C i flere uker. Disse ranken er vendt og flyttet flere ganger og hold over 60 grader på gul ettermodningssone i 2 mnd. før den ble siktet.

Vedlegg 2

Temperatur log kompost Batch 2



	Gjennomsnitt Temperatur °C	Median Temperatur °C	Maks Temperatur °C
Ranke 8	57	59	68
Ranke 9	57	58	70
Ranke 13	58	56	73
Ranke 18	51	51	73
Ranke 19	57	57	74
Ranke 20	57	59	73

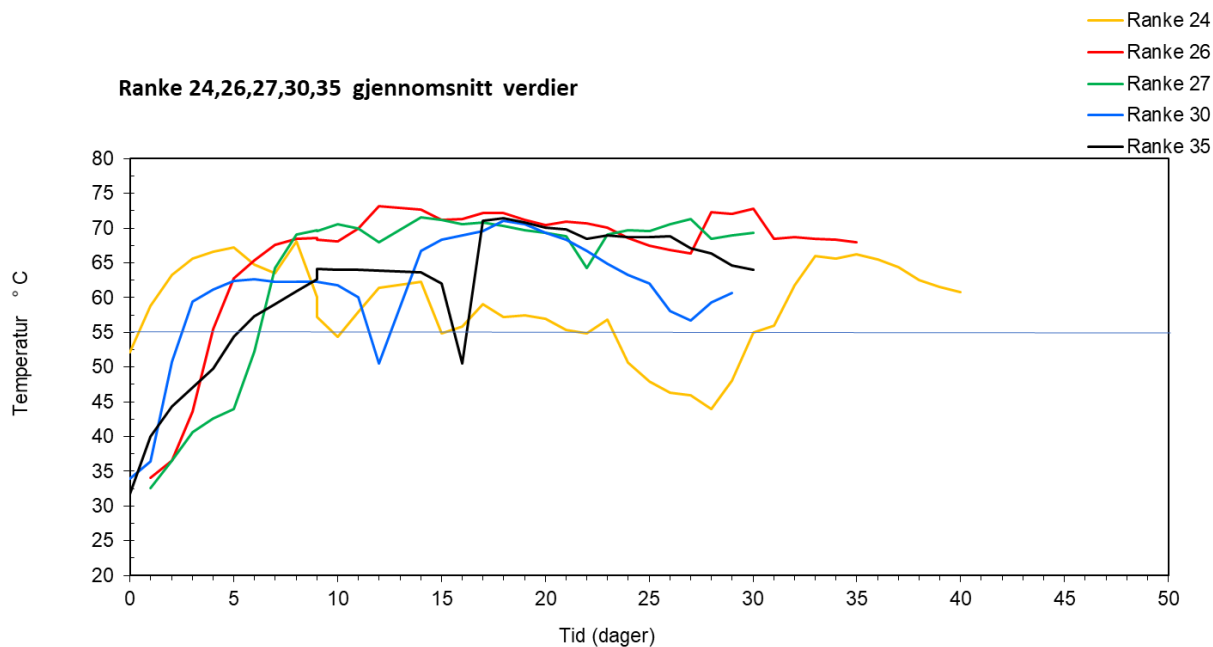


	Gjennomsnitt Temperatur °C	Median Temperatur °C	Maks Temperatur °C
Ranke 12	62	66	70
Ranke 16	55	53	71
Ranke 17	58	63	73

Temperaturforløp i Ranke 8, 9, 13, 18, 19 & 20 (over) og Ranke 12, 17 & 18 (under) beregnet gjennomsnitt, median og maks temperatur i °C. Rankene er vendt 2-3 ganger

Vedlegg 3

Temperatur log kompost Batch 3



	Gjennomsnitt Temperatur °C	Median Temperatur °C	Maks Temperatur °C
Ranke 24	59	59	68
Ranke 26	66	69	73
Ranke 27	64	69	72
Ranke 30	61	62	71
Ranke 35	61	64	71

Temperaturforløp i Ranke 24, 26, 27, 30 & 35 og beregnet gjennomsnitt, median og maks temperatur i °C. Ranken er vendt 4-5 ganger

Rankene har vist temperatur over 55-60 °C i flere uker. Disse ranken er vendt og flyttet flere ganger og hold over 60 °C på gul ettermodnings sone i 2 mnd. før den ble siktet.

Vedlegg 4

Temperatur log kompost Batch 4



	Gjennomsnitt Temperatur °C	Median Temperatur °C	Maks Temperatur °C
Ranke 32	64	66	70
Ranke 33	66	68	72

Temperaturforløp i Ranke 6 og beregnet gjennomsnitt, median og maks temperatur i °C. Ranken er vendt 4-5 ganger.

Rankene har vist temperatur over 55-60 °C i flere uker. Disse ranken er vendt og flyttet flere ganger og hold over 60 °C på gul ettermodnings sone i 2 mnd. før den ble siktet.

Skilting av området



Vedlegg 5

Varedeklarasjon for kompost batch 1

Varetype: Kompost batch 1 produsert i 2020 og 2021, etter modnet og analysert etter sikting 10 mm

Bruksområde: Jordforbedringsmiddel

INFO til mottaker av kompost: Komposten er produsert fra renseanleggets slam og potetavfall fra Maarud fabrikk. Komposten har hatt oppholdstid i flere faser, med flere vendinger. Komposten viser ingen identifisering av PCN og klasse O på tungmetaller etter Gjødselforeforskrift fra Mattilsynet og Landbruksdepartementet mars 2018 (vedlegg).

Forventet volum kompost ca. **170 m³ beregnet 84 m³**.

Ranke 6, 7 og 10 er slått sammen fra flere ranker produsert høsten 2020, og våren 2021. Alle har vist høye temperaturer etter flere vendinger i flere uker se temperaturkurver.

Ranke 6 og 7 var ca. 510 m³

I kubikk 328 m³ struktur / 100 m³ potetmiks / 80 m³ slam

Ranke forhold i struktur / råstoff **65 / 35**

Ranke 10 var ca. 230 m³

I kubikk 176 m³ struktur / 65 m³ potetmiks / 35 m³ slam

Ranke forhold i struktur / råstoff **64 / 36**

Hygienisering:

Temperaturforløp i **Ranke 6:** 26 dager og beregnet gjennomsnitt 60°C, median 59°C og maks temperatur i 61°C fra 4 sensorer. Ranken er vendt 4-5 ganger og beregnet gjennomsnitt, median og maks temperatur i °C. Ranken er vendt 4-5 ganger tom. ettermodning

Temperaturforløp i **Ranke 7:** 70 dager og beregnet gjennomsnitt 59°C, median 60°C og maks temperatur i 71°C fra 4 sensorer. Ranken er vendt 4-5 ganger tom. Ettermodning

Temperaturforløp i **Ranke 10:** 70 dager beregnet gjennomsnitt 64°C, median 66°C og maks temperatur i 74°C. Ranken er vendt 2-4 ganger

Disse ranken er vendt og flyttet flere ganger og viste over 60 grader på gul ettermodnings sone i 2 mnd. før den ble siktet.

Kjemiske, fysiske næringsinnhold egenskaper av flere kompost prøver batch 1 fra ranke 6, 7 og 10

Bland prøver (bland prøver 10 - 20 stk.) av kompost batch 1 produsert i 2020 og 2021 analysert hos Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 6,7 & 10
		produsert i 2020 & 2021
Tørrstoff	%	63
Fuktighet	%	37
pH		6,0
Ledningsevne	mS/m	41,3
Volum vekt	kg / m ³	588
Askeinnhold	%	67,6
Glødetap	%	33,5
TOC	% av TS	15,3
C/N forhold		14
Total N (Kjeldahl)	g/kg TS	10,7
Total N (Kjeldahl)	kg / tonn	8,4
Total N (Kjeldahl)	kg / m ³	5,5
Nitrat - Nitritt N (2 M KCL)	g/kg TS	0,3
Ammonium-N (2 M KCL)	g/kg TS	0,3
Ammonium-N (2 M KCL)	kg / m ³	0,7
NO₃/NH₄ forhold mineralsk N	mol/ kgTS	3,4
Total Fosfor (P)	g/kg TS	2,9
Fosfor (P-AL)	g/kg TS	0,5
Kalium (K-AL)	g/kg TS	3,2
Kalsium (Ca- AL)	g/kg TS	1,6
Magnesium (Mg-AL)	g/kg TS	0,5
Natrium (Na- AL)	g/kg TS	0,1
Svovel	g/kg TS	1,6

AL = Analyse som gir info om Plantetilgjengelighet

Bland prøver (bland prøver 10 - 20 stk.) av kompost batch 1 produsert i 2020 og 2021 analysert hos NIBIO Plantehelse og Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 6,7 & 10
produsert i 2020 & 2021		
Potetcystenematoder PCN		Negativ ikke påvist
Salmonella	25g	ikke påvist
Presumtive E. coli	MPN/g	860
Termotolerange koliforme (TKB)	MPN/g	81

Gjennomsnitt av 9 analyser

Innhold av tungmetaller og kvalitetsklasse i Batch 1 (ranke 6,7 og 10)

Ut fra tungmetallinnhold overholder avfall komposten kvalitetsklasse 0

*Bland prøver (bland prøver 10 - 20 stk.) fra kompost batch 1 produsert i 2020 og 2021.
Analysert hos Eurofins AS.*

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 6,7 & 10	Kvalitetsklasse
Analysert			
Arsen	mg/kg TS	1,6	0
Kadmium	mg/kg TS	0,3	0
Krom	mg/kg TS	28,8	0
Kobber	mg/kg TS	16,9	0
Bly	mg/kg TS	7,7	0
Sink	mg/kg TS	70,0	0
Kvikksølv	mg/kg TS	0,05	0
Nikkel	mg/kg TS	12,8	0

Gjennomsnitt av 9 separate analyser

		Kvalitetsklasse			
		0	1	2	3
Nye grenseverdier Mars 2018					
Arsen	mg/kg TS	5	8	16	32
Kadmium	mg/kg TS	0,4	0,8	2	5
Krom	mg/kg TS	50	70	100	150
Kobber	mg/kg TS	50	150	650	1000
Bly	mg/kg TS	40	60	80	200
Sink	mg/kg TS	150	400	800	1500
Kvikksølv	mg/kg TS	0,2	0,6	3	5
Nikkel	mg/kg TS	20	30	50	80

Spiretest

Tidlig produsert kompost vinteren 2020/2021 fra (ranke 6 og 7) ble siktet og undersøkt ved spire test. Denne testen vil vise om komposten inneholder spirehemmende komponenter (se foto under). Potter med siktet kompost ble inkubert med 10-20 frø fra raigras og vannet regelmessig i 20 dager. Resultat: Spire test av kompost 6 & 7 viste ingen spirehemming



Komposten betegnes som moden ut fra forholdet mellom plantetilgjengelig nitrat og ammonium er 2,8. Moden kompost bør ha nitrat/ammonium innhold $>$ eller lik 1. Plantetilgjengelig fosfor (P) ligger på 0,5 g/kg TS. Plantetilgjengelig N (nitrat + ammonium) er 0,6 g/kg TS. Totalt nitrogen N er 11 g/kg TS eller 8,4 kg/tonn kompost. Komposten inneholder totalt fosfor (P) på 2,9 g/kg TS. Organisk innhold 33 % (glødetap).

Komposten ga ingen spirehemming ved vekstforsøk med Raigras.

Komposten er et rent produkt klasse 0 etter tungmetall innhold. Innhold av potetecyste nematoder (PCN) ble ikke påvist. Uønskede patogene mikroorganismer ble heller ikke påvist i stort antall. Komposten betegnes som moden ut fra forholdet mellom plantetilgjengelig nitrat og ammonium er $>$ eller lik 1. Næringsinnholdet ser bra ut i kompostprøven. Komposten inneholder ikke for høye fosfor og nitrogen verdier slik at man trenger ikke å fortynne komposten pr dekar bruksareal. Komposten er godt egnet som gjødsel/jordforbedringsmiddel. Bør ikke brukes til konvensjonell potetdyrking.

Varedeklarasjon for kompost batch 2

Varetype: Kompost batch 2 produsert i 2021, etter modnet og analysert etter sikting 10 mm

Bruksområde: Jordforbedringsmiddel

INFO til mottaker av kompost: Komposten er produsert fra renseanleggets slam og potetavfall fra Maarud fabrikker. Komposten har hatt oppholdstid i flere faser, med flere vendinger.

Komposten viser ingen identifisering av PCN og klasse O på tungmetaller etter Gjødsekvareforskrift fra Mattilsynet og Landbruksdepartementet mars 2018

Ranke 8,9,12,13,16,17,18,19&20 er slått sammen til en batch siktet 2021. Alle har vist høye temperaturer etter flere vendinger i flere uker.

Totalt rankevolum ca. **1780 m³**

Forventet siktet kompost ca. **310 m³** - **beregnet 259 m³**.

Blandingsforhold:

Ranke 8,9,13,18,19&20: struktur / varm kompost/ avfall (slam og chips) var 50m³/60m³/30 m³

Ranke forhold i struktur / råstoff **110 / 30**

Ranke 12,16 &17: struktur / varm kompost / avfall (slam og chips) var ca.40m³/60m³/30 m³ Ranke forhold i struktur / råstoff **100 / 30**

Hygienisering:

Temperaturforløp i **rankene 8,9,12,13,16,17,18,19 & 20:** 35-45 dager beregnet gjennomsnitt 58°C, median 60°C og maks temperatur i 73°C. Disse rankene er vendt og flyttet flere ganger og viste over 60 grader på gul ettermodnings sone i 1-2 mnd. før den ble siktet.

Kjemiske, fysiske næringsinnhold egenskaper av flere bland prøver av kompost batch 2 prøver fra ranke 8,9,12,13,16,17,18,19&20

Blandprøver (10 - 20 stk.) av kompost batch 2 produsert i 2021 analysert hos Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 8 til 20 siktet
Analysert		Batch 2
Tørrstoff	%	51
Fuktighet	%	49
pH		8,3
Ledningsevne	mS/m	42
Volum vekt	kg / m ³	535
TOC	%	18
Askeinnhold	%	44
Glødetap	%	35
C/N forhold		10
Total N (Kjeldahl)	g/kg TS	19,5
Total N (Kjeldahl)	kg / tonn	13
Total N (Kjeldahl)	kg / m ³	7
Nitrat - Nitritt N (2 M KCL)	g/kg TS	0,29
Ammonium-N (2 M KCL)	g/kg TS	0,98
Ammonium-N (2 M KCL)	kg / m ³	0,85
NO₃/NH₄ forhold mineralsk N	mol/kg TS	1,1
Total Fosfor (P)	g/kg TS	6,25
Fosfor (P-AL)	g/kg TS	0.5
Kalium (K-AL)	g/kg TS	3,3
Kalsium (Ca- AL)	g/kg TS	2,1
Magmesium (Mg-AL)	g/kg TS	0,6
Natrium (Na- AL)	g/kg TS	1,6

AL = Analyse som gir info om Plantetilgjengelighet

Blandprøver (10 - 20 stk.) av kompost batch 2 produsert i 2021 analysert hos NIBIO Plantehelse og Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 8 til 20 siktet Batch 2
Potetcystenematode (PCN)		Negativ ikke påvist
Salmonella	25g	ikke påvist
Termotolerange koliforme (TKB)	MPN/g	<20

Innhold av tungmetaller og kvalitetsklasse i ranke 8,9,12,13,16,17,18 og 20

Ut fra tungmetallinnhold overholder avfall komposten batch 2 kvalitetsklasse 0

Blandprøver (10 - 20 stk.) fra kompost batch 2 produsert i 2021. Analysert hos Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 8 til 20 28.09.2021	Kvalitetsklasse
Analysert			
Arsen	mg/kg TS	1,1	0
Kadmium	mg/kg TS	0,4	0
Krom	mg/kg TS	13,5	0
Kobber	mg/kg TS	17,0	0
Bly	mg/kg TS	6,0	0
Sink	mg/kg TS	98,5	0
Kvikksølv	mg/kg TS	0,05	0
Nikkel	mg/kg TS	8,6	0

Gjennomsnitt av 9 separate analyser

		Kvalitetsklasse			
		0	1	2	3
Nye grenseverdier Mars 2018					
Arsen	mg/kg TS	5	8	16	32
Kadmium	mg/kg TS	0,4	0,8	2	5
Krom	mg/kg TS	50	70	100	150
Kobber	mg/kg TS	50	150	650	1000
Bly	mg/kg TS	40	60	80	200
Sink	mg/kg TS	150	400	800	1500
Kvikksølv	mg/kg TS	0,2	0,6	3	5
Nikkel	mg/kg TS	20	30	50	80

Komposten betegnes som moden ut fra forholdet mellom plantetilgjengelig nitrat og ammonium er 0,30. Moden kompost bør ha nitrat/ammonium innhold > eller lik 1. (Wichuk & McCartney,2010). Plantetilgjengelig N (nitrat +ammonium) er 2,5 g/kg TS. Plantetilgjengelig fosfor (P) ligger på 0,5 g/kg TS.

Totalt nitrogen N er 20g/kg TS eller 13kg/tonn kompost. Komposten inneholder totalt fosfor (P) på 6,3 g/kg TS. Organisk innhold 40 %.

Komposten er et rent produkt klasse 0 etter tungmetall innhold. Innhold av potetecyste nematoder (PCN) ble ikke påvist. Uønskede patogene mikroorganismer ble heller ikke påvist i stort antall. Næringsinnholdet ser bra ut i kompostprøvene. Komposten inneholder ikke før høye fosfor og nitrogen verdier slik at man trenger ikke å fortynne komposten pr dekar bruksareal. Komposten er godt egnet som gjødsel/jordforbedringsmiddel. Bør ikke brukes til konvensjonell potetdyrking. Komposten kan fortynnes 50 % pr dekar bruksareal. (Se info § 18 Gjødselvereforskrift fra Mattilsynet og Landbruksdepartementet mars 2018).

Varedeklarasjon for kompost batch 3

Varetype: Kompost batch 3 produsert i 2020 og 2021, etter modnet og analysert etter sikting 10 mm

Bruksområde: Jordforbedringsmiddel

INFO til mottaker av kompost: Komposten er produsert fra renseanleggets slam og potetavfall fra Maarud fabrikk. Komposten har hatt oppholdstid i flere faser, med flere vendinger. Komposten viser ingen identifisering av PCN og klasse O på tungmetaller etter Gjødsekvareforskrift fra Mattilsynet og Landbruksdepartementet mars 2018 .

Ranke 24,26,27,30 & 35 er slått sammen til en batch siktet 2021 fra flere ranker produsert sommeren 2021. Alle har vist høye temperaturer etter flere vendinger i flere uker.

Totalt rankevolum ca. **1175 m³**

Forventet beregnet siktet kompost ca. **390 m³ - beregnet 182 m³**.

Blandingsforhold:

Ranke 24,26,27,30 & 35: struktur / varm kompost/ råstoff (slam, stivelse og potetmiks) var 80m³/75m³/80 m³

Ranke forhold i struktur / råstoff **155 / 80**

Hygienisering:

Temperaturforløp i **rankene 24,26,27,30 & 35:** 30-40 dager beregnet gjennomsnitt 62°C, median 65°C og maks temperatur i 72°C. Disse ranken er vendt og flyttet flere ganger og viste over 60 grader på gul ettermodnings sone i 1-2 mnd. før de ble siktet.

Kjemiske, fysiske næringsinnhold egenskaper av kompost batch 3 prøver fra ranke 24,26,27,30 & 35

Blandprøver (10 - 20 stk.) av kompost batch 3 produsert sommeren 2021 analysert hos Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 24,26,27,30&35 siktet
Analysert		Batch 3
Tørrstoff	%	51
Fuktighet	%	49
pH		8,1
Ledningsevne	mS/m	45,0
Volum vekt	kg / m ³	565
TOC	%	18
Askeinnhold	%	45
Glødetap	%	36
C/N forhold		10
Total N (Kjeldahl)	g/kg TS	20
Total N (Kjeldahl)	kg / tonn	13,8
Total N (Kjeldahl)	kg / m ³	7,8
Nitrat - Nitritt N (2 M KCL)	g/kg TS	0,3
Ammonium-N (2 M KCL)	g/kg TS	0,9
Ammonium-N (2 M KCL)	kg / m ³	1,5
NO₃/NH₄ forhold mineralsk N	mol/kg TS	1,1
Total Fosfor (P)	g/kg TS	7,4
Fosfor (P-AL)	g/kg TS	0,7
Kalium (K-AL)	g/kg TS	3,0
Kalsium (Ca- AL)	g/kg TS	1,3
Magmesium (Mg-AL)	g/kg TS	0,6
Natrium (Na- AL)	g/kg TS	0,2

AL = Analyse som gir info om plantetilgjengelighet

Blandprøver (10 - 20 stk.) av kompost batch 3 produsert sommeren analysert hos NIBIO Plantehelsete og Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 24,26,27,30&35 siktet Batch 3
Potetcystenematode (PCN)		Negativ ikke påvist
Salmonella	25g	ikke påvist
Termotolerante koliforme (TKB)	MPN/g	<20

Innhold av tungmetaller og kvalitetsklasse i kompost prøver batch 3 fra ranke 24,26,27,30 & 35

Ut fra tungmetallinnhold overholder avfall komposten kvalitetsklasse 0

Blandprøver (10 - 20 stk.) fra kompost batch 3 produsert sommeren 2021. Analysert hos Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 24,26,27,30 & 35 29.09.2021	Kvalitetsklasse
Analysert			
Arsen	mg/kg TS	1,0	0
Kadmium	mg/kg TS	0,3	0
Krom	mg/kg TS	15,3	0
Kobber	mg/kg TS	19,3	0
Bly	mg/kg TS	6,3	0
Sink	mg/kg TS	76,0	0
Kvikksølv	mg/kg TS	0,04	0
Nikkel	mg/kg TS	9,2	0

Gjennomsnitt av 9 separate analyser

Nye grenseverdier Mars 2018		Kvalitetsklasse			
		0	1	2	3
Arsen	mg/kg TS	5	8	16	32
Kadmium	mg/kg TS	0,4	0,8	2	5
Krom	mg/kg TS	50	70	100	150
Kobber	mg/kg TS	50	150	650	1000
Bly	mg/kg TS	40	60	80	200
Sink	mg/kg TS	150	400	800	1500
Kvikksølv	mg/kg TS	0,2	0,6	3	5
Nikkel	mg/kg TS	20	30	50	80

Komposten betegnes som moden ut fra forholdet mellom plantetilgjengelig nitrat og ammonium er 0,03. Moden kompost bør ha nitrat/ammonium innhold $>$ eller lik 1. Plantetilgjengelig N (nitrat + ammonium) er 3,9 g/kg TS. Plantetilgjengelig fosfor (P) ligger på 0,7 g/kg TS. Totalt nitrogen N er 20 g/kg TS eller 14 kg/tonn kompost. Komposten inneholder totalt fosfor (P) på 7,4 g/kg TS. Organisk innhold (glødetap) 31 %.

Komposten er et rent produkt klasse 0 etter tungmetall innhold. Innhold av potetecyste nematoder (PCN) ble ikke påvist. Uønskede patogene mikroorganismer ble heller ikke påvist i stort antall. Komposten er godt egnet som gjødsel/jordforbedringsmiddel Bør ikke brukes til konvensjonell potetdyrking. Komposten kan fortynnes 50 % pr dekar bruksareal. (Se info § 18 Gjødselvereforskrift fra Mattilsynet og Landbruksdepartementet mars 2018).

Varedeklarasjon for kompost batch 4

Varetype: Kompost batch 4 produsert i 2021, etter modnet og analysert etter sikting 10 mm

Bruksområde: Jordforbedringsmiddel

INFO til mottaker av kompost: Komposten er produsert fra renseanleggets slam og potetavfall fra Maarud fabrikk. Komposten har hatt oppholdstid i flere faser, med flere vendinger. Komposten viser ingen identifisering av PCN og klasse O på tungmetaller etter Gjødselforeforskrift fra Mattilsynet og Landbruksdepartementet mars 2018

Ranke 32 og 33 er slått sammen produsert sommer 2021. Alle har vist høye temperaturer etter flere vendinger i flere uker.

Totalt rankevolum ca. **475 m³**

Forventet volum siktet kompost ca. **80 m³- beregnet 63 m³**.

Blandingsforhold:

Ranke 32 & 33: struktur / varm kompost/ avfall (slam, stivelse og chips) var 80m³/75m³/86 m³

Ranke forhold i struktur / avfall **155 / 86**

Hygienisering:

Temperaturforløp i **rankene 32 & 33:** 45 dager beregnet gjennomsnitt 65°C, median 67°C og maks temperatur i 71°C. Disse rankene er vendt og flyttet flere ganger og viste over 60 grader på gul ettermodnings sone i 1 mnd. før de ble siktet

Kjemiske, fysiske næringsinnhold egenskaper i kompost batch 4 prøver fra ranke 32 & 33

Blandprøver (10 - 20 stk.) av kompost batch 4 produsert i 2021 analysert hos Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 32 & 33 siktet
Analysert		Batch 4
Tørrstoff	%	52
Fuktighet	%	48
pH		8,0
Ledningsevne	mS/m	41
Volum vekt	kg / m ³	590
TOC	%	21
Askeinnhold	%	41
Glødetap	%	32
C/N forhold		12
Total N (Kjeldahl)	g/kg TS	17
Total N (Kjeldahl)	kg / tonn	12
Total N (Kjeldahl)	kg / m ³	7,1
Nitrat - Nitritt N (2 M KCL)	g/kg TS	0,43
Ammonium-N (2 M KCL)	g/kg TS	0,88
Ammonium-N (2 M KCL)	kg / m ³	1,05
NO₃/NH₄ forhold mineralsk N	mol/kg TS	1,7
Total Fosfor (P)	g/kg TS	5,6
Fosfor (P-AL)	g/kg TS	0,7
Kalium (K-AL)	g/kg TS	2,9
Kalsium (Ca- AL)	g/kg TS	0,6
Magesium (Mg-AL)	g/kg TS	0,5
Natrium (Na- AL)	g/kg TS	0,16

AL = Analyse som gir info om Plantetilgjengelighet

Blandprøver (10 - 20 stk.) av kompost batch 4 produsert i 2021 analysert hos NIBIO Plantehelse og Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 32 & 33 siktet Batch 4
Potetcystenematode (PCN)		Negativ ikke påvist
Salmonella	25g	ikke påvist
Termotolerante koliforme (TKB)	MPN/g	<20

Innhold av tungmetaller og kvalitetsklasse i batch 4 (ranke 32 & 33)

Ut fra tungmetallinnhold overholder avfall komposten batch 4 kvalitetsklasse 0

Bland prøver (bland prøver 10 - 20 stk.) fra kompost batch 4 produsert i 2021. Analysert hos Eurofins AS.

PARAMETER	ENHET	Kompost ranke 32 til 33 29.09.2021	Kvalitetsklasse
Analysert			
Arsen	mg/kg TS	1,0	0
Kadmium	mg/kg TS	0,3	0
Krom	mg/kg TS	11,5	0
Kobber	mg/kg TS	15,5	0
Bly	mg/kg TS	5,6	0
Sink	mg/kg TS	65,5	0
Kvikksølv	mg/kg TS	0,03	0
Nikkel	mg/kg TS	7,7	0

Gjennomsnitt av 9 separate analyser

		Kvalitetsklasse			
		0	1	2	3
Nye grenseverdier Mars 2018					
Arsen	mg/kg TS	5	8	16	32
Kadmium	mg/kg TS	0,4	0,8	2	5
Krom	mg/kg TS	50	70	100	150
Kobber	mg/kg TS	50	150	650	1000
Bly	mg/kg TS	40	60	80	200
Sink	mg/kg TS	150	400	800	1500
Kvikksølv	mg/kg TS	0,2	0,6	3	5
Nikkel	mg/kg TS	20	30	50	80

Komposten betegnes som moden ut fra forholdet mellom plantetilgjengelig nitrat og ammonium er 0,01. Moden kompost bør ha nitrat/ammonium innhold > eller lik 1. Plantetilgjengelig N (nitrat + ammonium) er 2,6 g/kg TS. Plantetilgjengelig fosfor (P) ligger på 0,7 g/kg TS. Totalt nitrogen N er 17g/kg TS eller 12kg/tonn kompost. Komposten inneholder totalt fosfor (P) på 5,6 g/kg TS. Organisk innhold (glødetap) 32 %.

Komposten er et rent produkt klasse 0 etter tungmetall innhold. Innhold av potetecyste nematoder (PCN) ble ikke påvist. Uønskede patogene mikroorganismer ble heller ikke påvist i stort antall. Næringsinnholdet ser bra ut i kompostprøvene. Komposten kan fortynnes 50 % pr dekar bruksareal. Komposten er godt egnet som gjødsel/jordforbedringsmiddel. Bør ikke brukes til konvensjonell potetdyrking. (Se info § 18 Gjødselvereforskrift fra Mattilsynet og Landbruksdepartementet mars 2018).

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til bruk i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.