



# Sluttrapport biokullprosjekt



Et samarbeidsprosjekt mellom  
Sirkula IKS og Hamar kommune





## Innhold

Innhold .....	ii
1 Innledning.....	3
1.1 Målet med prosjekt .....	3
2 Innsatsfaktorer .....	3
2.1 Kort om kvernet hage- park avfall og komposteringsprosessen.....	3
2.2 Kort om biomasse.....	4
2.3 Kort om biokull .....	4
3 Forsøksoppbygging og resultater.....	5
3.1 Oppbygging av forsøk.....	5
3.1.1 Utfordringer under hygienisering.....	5
3.2 Analyser og resultater .....	6
3.2.1 Krymping av rankene under hygieniseringsprosessen.....	6
3.2.2 Temperaturutvikling.....	6
3.2.3 Analysering av innholdet i kompost .....	7
Ammonium, nitritt og nitrat.....	8
C/N- forhold.....	9
pH- verdi .....	9
Fosfor (P) .....	10



# 1 Innledning

Sirkula IKS og Hamar kommune har gjennomført et «storskala»-forskningsprosjekt der det ble testet ut tilsetning av biokull i to ulike komposttyper i fase en. Fase to består av praktisk bruk av jord med biokull i Hamar kommunens park- og hageanlegg samt i dyrkingsprosjekter i skoler og barnehager i kommunen. Prosjektet er støttet med klimasatmidler fra Miljødirektoratet og er det første av sitt slag i Norge.

På Sirkula sitt kompostanlegg omdannes i dag både hageavfall fra private kunder samt hage- og parkavfall fra kommunene. En annen innsatsfaktor til komposteringen er biomassen fra Hias sitt rensesanlegg. Begge innsatsfaktorer kan defineres som kortreist «avfall» fra innbyggere i Hamarregionen. Kompostbaserte produkter fra Sirkula brukes i dag både i private hager og i offentlige anlegg i regionen.

Tilsatt biokull er lokalprodusert og kommer fra Norges første kommersielle biokullfabrikk, som åpnet i Ringsaker kommune høsten 2021.

## 1.1 Målet med prosjektet

Det er mange egenskaper og bruksområder biokull har. Ved tilsetning av biokull i kompost er målet å redusere klimaavtrykket, jordforbedring og karbonfangst. I prosjektet ble det undersøkt om innblanding av biokull blant annet påvirker

- hastigheten av hygieniseringsprosessen,
- reduserer evt. luktdannelse under hygienisering,
- har påvirkning på klimagassutslipp under komposteringen.

Biokull er rent, stabilisert karbon som ved lagring i jord bidrar til å binde karbon og dermed reduserer utslipp av CO<sub>2</sub>. En kubikk forkullet tørrgran har en CO<sub>2</sub> ekvivalente på 0,57 tonn. Ved tilsetning av 10% biokull i kompostblandingen tilsvarer dette for 1.500 kubikk kompost 85,5 CO<sub>2</sub> ekvivalenter.

# 2 Innsatsfaktorer

Det er brukt tre innsatsfaktorer i prosjektet. Kvernet hage- og parkavfall, biomasse og biokull.

## 2.1 Kort om kvernet hage- og parkavfall og komposteringsprosessen

På Sirkula sine fem gjenvinningsstasjoner tas det imot hage- og parkavfall fra private personer, kommuner og næringsvirksomheter. Hage- og parkavfall kvernes og gjenvinnes som råvare til kompostproduksjon. Etter cirka 12 til 15 måneder blir råkomposten siktet til krympefrie, kortreiste og næringsrike jord- og kompostprodukter.

For å ikke medføre risiko for miljøforstyrrelser, planter eller jordas helse varmebehandles alt kvernet hage- og parkavfall gjennom komposteringsprosessen. Varmebehandlingen uskadeliggjør rotugress, fremmede og smittefarlige arter, plantesykdommer og frø fra plantene som ble levert sammen med hage- og parkavfallet. Etter varmebehandlingen modnes komposten i minimum tolv måneder. I denne tiden får komposten tilført oksygen og vann slik at nedbrytningsprosessen og omdanning av bl.a. N- forbindelser foregår best mulig. Mot slutten av prosessen etableres de gode og ønskelige soppartene, som sammen med kompostens aktive mikroliv påvirker jordas helse positivt.



Sirkula produserer to forskjellige komposttyper:

- Hageavfallkompost som består av 100% hage- og parkavfall
- Biomassekompost som består av hage- og parkavfall og biomasse

## 2.2 Kort om biomasse

Biomassen er et videreforedlet produkt med opphav i avløps slammet fra Hias renseanlegg. Den varmes opp til 160 grader gjennom termisk hydrolyse som gjør at prioner, som kan overføre enkelte plante- og dyresykdommer, uskadeliggjøres.

Iht. gjødselvereforskriften skal biomasse ikke brukes til dyrking av grønnsaker, frukt og bær de tre første årene etter utlegging. Biomassen er imidlertid tillatt til dyrking av bl.a. korn og oljevekster i landbruket uten karenstid iht. gjødselvereforskriften.

## 2.3 Kort om biokull

Biokull kan lages av alle type organisk materiale, så lenge utgangsmaterialet er tørt nok og innfrir de kravene som stilles til biokull i henhold til bruksområde. I forskningsprosjektet ble det brukt biokull som har sitt opphav i tørrgran som er en av de tryggeste og reneste råvarene man kan bruke i produksjon av biokull. Kornstørrelsen av biokullet er meget små, slik at den er lite synlig samtidig som jorden får en mørkere farge.

- **Biokull for et bedre klimaavtrykk:** Biokull innblandet jord bidrar til karbonfangst. Det vil si at karbonet lagres i bakken istedenfor at det organiske materialet brytes ned til bl.a. CO<sub>2</sub>. Noe som er mye bedre for klimaavtrykket enn at CO<sub>2</sub> slippes ut i atmosfæren.
- **Biokull som jordforbedring:** Biokull har en meget stor overfald på grunn av porøsiteten av biokullet. Samtidig er biokullet meget stabilt og kan ligge i bakken i mange 100 år. Porøsiteten gjør at biokullet har evne til å ta opp over 90% av egenvekten med vann. Biokull har dermed stor potensiale for midlertidig vannopptak før vannet slippes fri igjen til en mindre vannholdig omgivelse. Den store overflaten i biokullet gir gode levevilkår for mikroorganismer som «gode bakterier og sopp».
- **Biokullet hinder utlekking av næringsstoffer til vann:** Næringsstoffer vil også binde seg til biokullet før disse gjøres tilgjengelig til plantene/ omgivelsen gjennom mikroorganismer. På denne måten reduseres utlekking til vann av viktige næringsstoffer. Mange av de vanlige forurensninger som tungmetaller i jord vil også bindes til biokullet. Det betyr at forurensningene hindres å lekke ut til vann og bli tilgjengelig for opptak av bl.a. organismer.
- **Biokullet hinder utlekking av klimaskadelige gasser til atmosfæren:** Næringsstoffer som ikke brukes av mikroorganismer vil også binde seg til biokull under komposteringsprosessen for å gjøres tilgjengelig igjen når mikrolivet har behov for disse næringsstoffer. Dermed reduseres utslipp av klimaskadelige gasser som metan, CO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> i de forskjellige faser av nedbrytningsprosessen av det organiske materiale.



## 3 Forsøksoppbygning og resultater



Fordeling av biokull (Foto: Sirkula IKS)



Ranke 19 under hygienisering (Foto: Sirkula IKS)

### 3.1 Oppbygging av forsøk

Biokull ble tilsatt både hageavfall- og biomassekompost med 5, 10 og 15 prosent. I tillegg ble det etablert en kontrollbatch. Hver batch består av omtrent 250 tonn organisk materiale fordelt over to ranker. For å sikre at ytre faktorer som temperatur, nedbør og vind påvirker nedbrytningsprosessen likt, ble forsøket gjennomført på samme tidspunkt for alle batcher.

En homogen fordeling av biokullet ble sikret ved at det organiske materiale ble lagt ut i ranke før biokullet ble fordelt på toppen, for så å bli blandet inn med rankevenderen. Det ble lagt ut en ranke om gangen for å sikre god tilgjengelighet med hullasteren under etablering av forsøket.

De 16 ranker ble snudd tre ganger i uken med rankevenderen over en tidsperiode på 6 uker. I denne perioden ble det målt temperatur tre ganger i uken, tatt prøver til analysering ukentlig, målt krymping av rankene under hygieniseringsprosessen samt at det ble tatt lukt- og klemprøver.

#### 3.1.1 Utfordringer under hygienisering

Etter oppstart av forsøket ble det registrert store nedbørsmengder. Hygieniseringsprosessen ble påvirket forskjellig ved de ulike blandingsforhold med biokullet.

##### Hageavfallkompost:

Det ble ikke oppnådd minimum +55 grader over en tidsperiode av 21 dager sammenhengende på kontrollranken. Dette pga. for store nedbørsmengder som sørget for at mikrolivet «druknet» i hulrommene mellom det organiske materiale. Kontrollbatchen er dermed ikke hygienisert og kan ikke brukes til jordproduksjon.

##### Biomassekompost

Biomassen inneholder polymerer som brukes til rensing av avløpsvannet. Polymere absorberer en del vann som blir frigitt igjen når det øvrige organiske materiale i kompoststraken er tørrere. Biomassekomposten er dermed mindre sårbar mot store nedbørsmengder. Samtidig holder vannet seg lengre i biomassekomposten enn i hageavfallkompost. Hulrommene er dermed lengre mettet med vann.



I starten av nedbrytningsprosessen har store nedbørsmengder ført til «mettede polymere» og hulrommene ble fylt med vann, slik at mikrolivet «druket». Kontrollranken utviklet en meget streng og råttent lukt som avtok ilt de første tre ukene. Lukten er et tegn på et anaerobt mikroliv, som betyr at bl.a. metan (CH<sub>4</sub>), karbondioksid (CO<sub>2</sub>) og andre NO<sub>x</sub>- forbindelser slippes ukontrollert ut i atmosfæren. Biomassekomposten innblandet 5 og 10 prosent biokull viste også luktutviklingen, men lukten var langt mindre og mer kortvarig enn på kontrollranken.

## Konklusjon

Når det forventes store nedbørsmengder de første tre ukene etter at ny produksjon av kompost er satt i gang, anbefales å tilsette biokull med for eksempel 7 prosent innblanding til det organiske materiale. På denne måten kan hygieniseringsprosessen sikres.

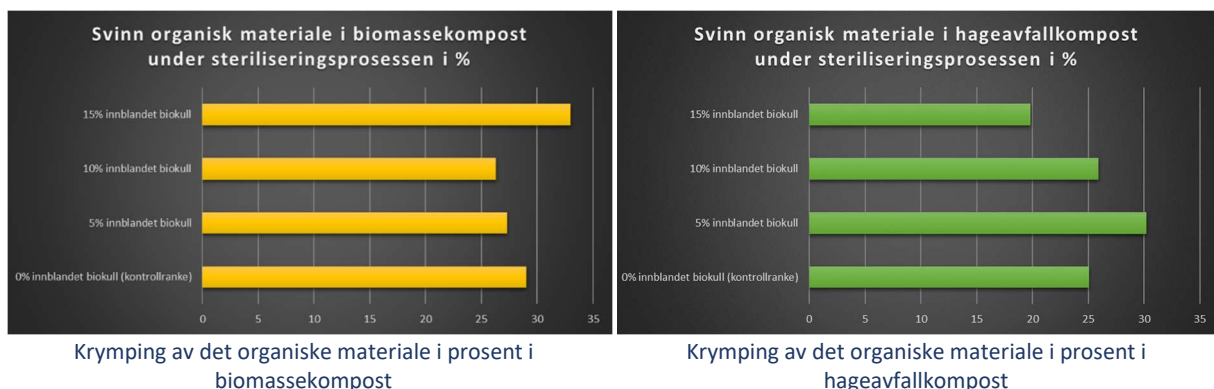
## 3.2 Analyser og resultater

### 3.2.1 Krymping av rankene under hygieniseringsprosessen

Nedbrytningsprosessen av organisk materiale er en mikrobiell prosess som medfører at det meste av karbonet blir omdannet til karbondioksid (CO<sub>2</sub>), mens fosfor (P), nitrogen (N), kalium (K) og andre næringsstoffer frigjøres. Hvor raskt det organiske materiale nedbrytes er avhenger av mange faktorer, men særlig oksygentilgang, temperatur, fuktighet og C/N- forholdet i materialet gir stort utslag.

Det ble undersøkt om tilsetning av biokull gir signifikant utslag på «krymping» av det organiske materialet ilt de første seks ukene av nedbrytningsprosessen. Nedbrytingen vil fortsette utover de første seks uker etter hygieniseringsfasen, men vil foregå mye saktere.

Det kunne ikke påvises en signifikant påvirkning av nedbrytningsprosessen de første seks ukene ved tilsetning av ulike mengder biokull i kompost. Biokull gir gode levevilkår for forskjellige bakterier og sopparter gjennom en stor overflatestruktur. Disse gode levevilkårene kan påvirke nedbrytingen av det organiske materiale positivt ved et senere tidspunkt i prosessen. Dette ble ikke undersøkt ved dette prosjektet.



### 3.2.2 Temperaturutvikling

Mikrobielle aktiviteter under nedbryting av det organiske materiale fører til varmeutvikling i kompostranken. Temperaturene skal oppnå minimum +55 grader over en sammenhengende periode av 21 dager for å sikre at komposten hygieniseres. Oppnås ikke disse temperaturene anses komposten som ikke hygienisert og skal ikke brukes videre til jordproduksjon. Store nedbørsmengder i denne nedbrytingsfasen kan føre til at hulrommene mellom det organiske materiale mettes med

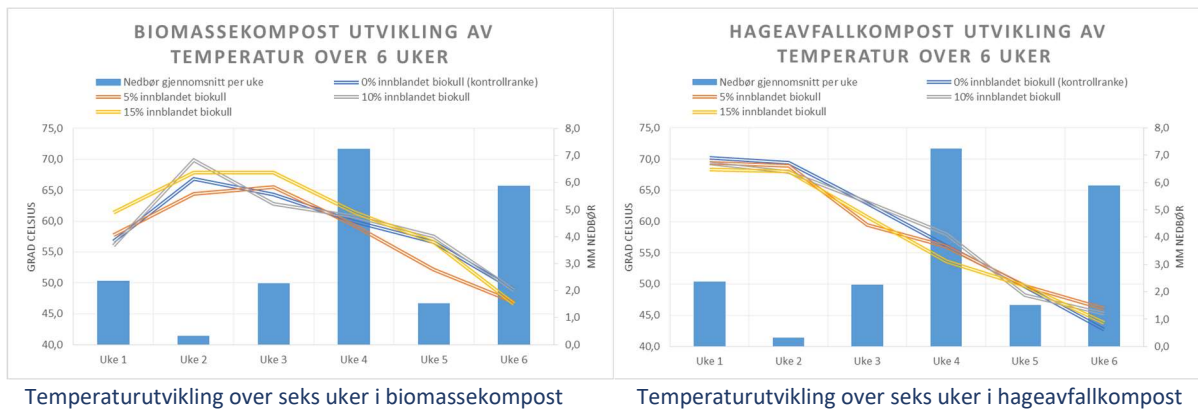


vann. Dette fører til et anaerobt miljø for bakterier og vesentlig saktere nedbryting opp mot ingen nedbryting av det organiske materiale. Som resultat vil temperaturene gå ned i kompostranken.

Ved for lite fuktighet i det organiske materiale går alt mikrobiell aktivitet ned til et minimum. Temperaturene går ned fram til det er nok fuktighet til stede for å sette nedbrytningsprosessen i gang på nytt.

Sammensetningen av de mikrobielle organismer vil endre seg over tid og er særlig avhengig av type tilgjengelige næringsstoffer, N- forbindelser og C/N forholdet i materialet. Det lett nedbrytbare organiske materiale brukes først opp av mikrolivet, og temperaturene i kompostranken går ned. Bakterier og sopparter som foretrekker mindre temperaturer vil overta nedbrytingen fram til et stabilt mikroliv etablerer seg i komposten.

Det kunne ikke påvises en signifikant forskjell i temperaturutviklingen de første seks uker ved tilsetning av ulike mengder biokull. Dette tyder på at innblanding av biokull ikke har noe effekt på nedbrytningshastigheten av det organiske materiale.



### 3.2.3 Analysering av innholdet i kompost

Nedbrytnings- og omdanningsprosesser av det organiske materialet til humus samt omdanning av ikke organiske forbindelser krever komplekse mikrobielle prosesser. Hvordan disse prosesser foregår er avhengig av det som er tilgjengelig i utgangspunkt og er forskjellig fra gang til gang. Prosessen påvirkes bl.a. av temperatur, tilgjengelig oksygen, vann og næringsstoffer samt C/N- forholdet. Tid er en viktig faktor for å oppnå «mer» stabile organiske forbindelser som humus. Døde organismer som bakterier og sopp som har vært med på nedbryting og omdanning av det organiske materiale, frigir nye næringsstoffer og andre kjemiske forbindelser som nyttiggjøres av nye organismer, deriblant planter.

Nitrifikasjon er en målbar parameter som viser hvor mye det organiske materiale er omdannet, dvs. hvor ferdig en kompost er før den kan tas inn i produksjon til ferdige jord- og kompostprodukter.

I prosjektet ble det tatt analyser av ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitritt ( $\text{NO}_2^-$ ) og nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) for måling om mengder tilsatt biokull vil påvirke hastigheten av nedbrytningsprosessen. I tillegg ble C/N- forholdet, pH- verdien og fosfor målt som viktige faktorer ved nedbryting/ ombygging av materialet.

*Nitrifikasjon: Aerob biologisk ombygging av ammonium via nitritt til nitrat ved hjelp av ammoniumoksiderende bakterier.*

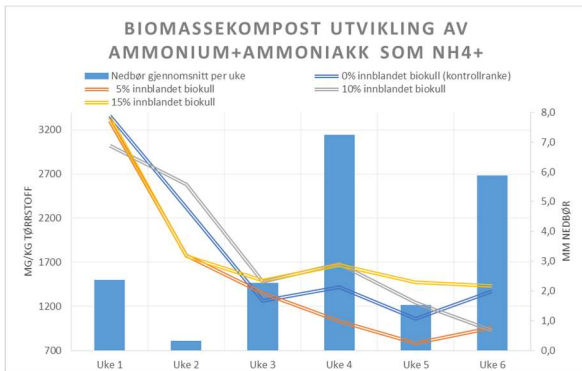
*Prosessen er viktig for nitrogensyklus i jorda.*



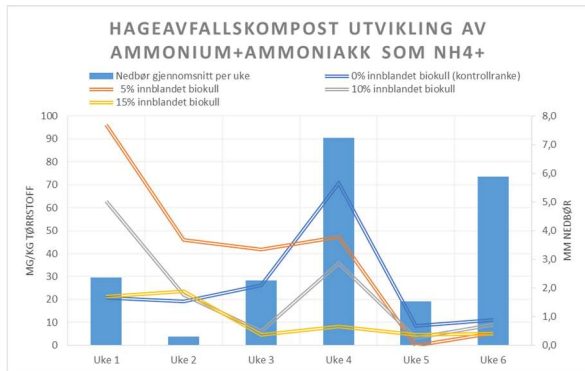
Ingen av resultatene viser en signifikant forskjell ved tilsetning av ulike mengder biokull i kompost ila. de første seks ukene av nedbrytningsprosessen.

### Ammonium, nitritt og nitrat

Større mengder ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) skal være målbare ved starten av mikrobiell nedbryting av organiske materiale. Mot slutten av nedbrytningsprosessen er det organiske materiale omdannet til mer stabile former som humus. Målbart ammonium skal tilnærmet være borte ved dette stadium.

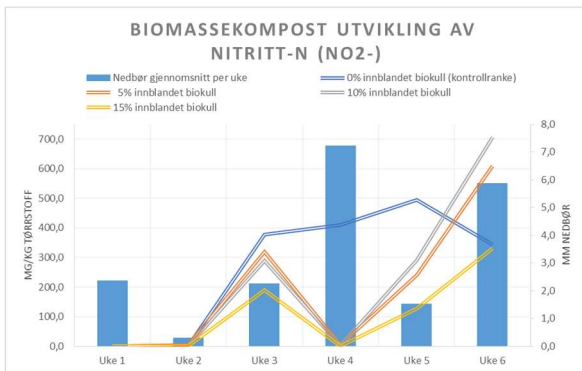


Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) over seks uker i biomassekompost

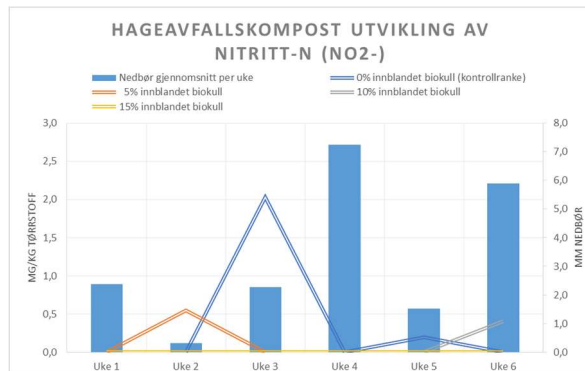


Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) over seks uker i hageavfallkompost

Diagrammene over viser en tydelig nedgang av målbart ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) de første seks ukene av nedbryting av det organiske materiale. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) bygges om til nitritt ( $\text{NO}_2^-$ ) gjennom komplekse mikrobielle prosesser.



Nitritt ( $\text{NO}_2^-$ ) over seks uker i biomassekompost



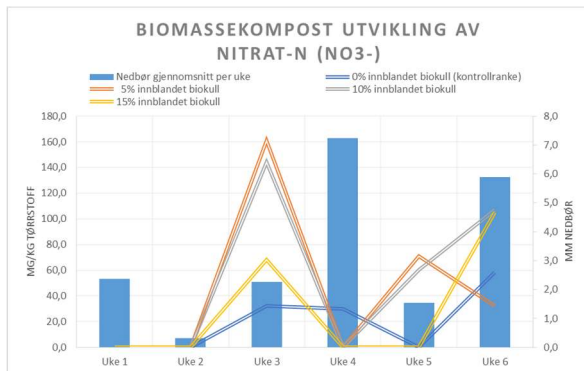
Nitritt ( $\text{NO}_2^-$ ) over seks uker i hageavfallkompost

I biomassekomposten er nitrifiseringen av ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) til nitritt ( $\text{NO}_2^-$ ) mer synlig enn i hageavfallkomposten. Det er generelt påvist større mengder målbare N- forbindelser i biomassekomposten. Dette kan tyde på større opptak av N- forbindelser av mikrobielle organismer. Men det kan også betyr utslipp av klimaskadelige gasser under nedbryting av hageavfallkomposten som samtidig har et høyere C/N- forhold enn biomassekompost.

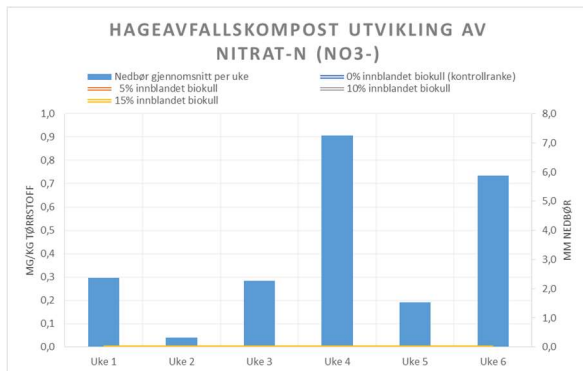




Er det nok oksygen til stede under omdanningen dannes nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) av nitritt ( $\text{NO}_2^-$ ). Det organiske og uorganiske materiale skal nå ha blitt omdannet til mer stabile former.



Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) over seks uker i biomassekompost

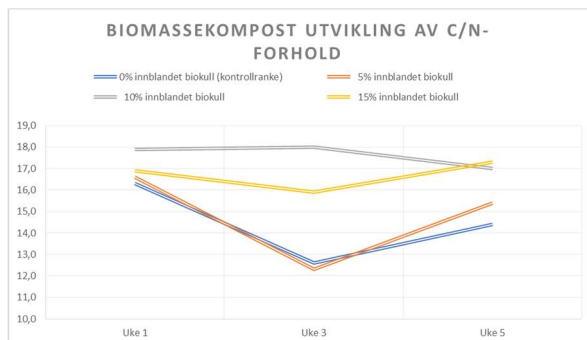


Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) over seks uker i hageavfallkompost

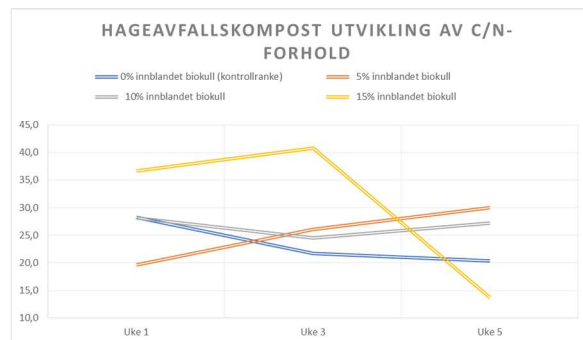
Nitrifiseringsprosessen vil alltid gå til en viss grad parallelt fram til det er oppnådd mer stabile former av det organiske og uorganiske materiale.

### C/N- forhold

Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N- forhold) er indirekte tall på hvor lett nedbrytbart det organiske material er. Tallet står for forholdet mellom opptakbart karbon (C) og nitrogen (N).



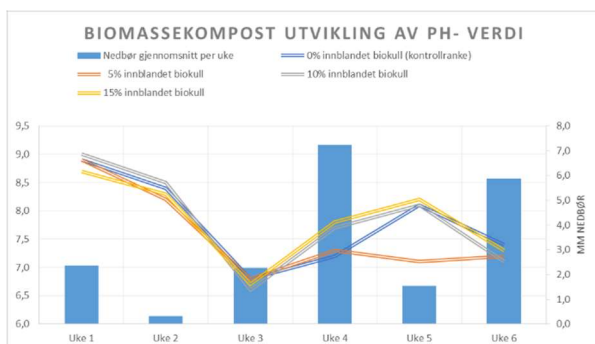
C/N- forhold over seks uker i biomassekompost



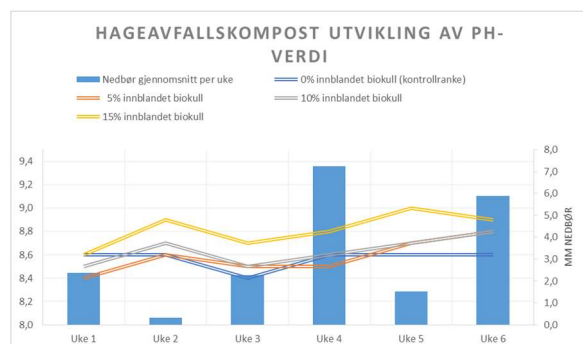
C/N- forhold over seks uker i hageavfallkompost

### pH- verdi

pH er en måleenhet for surhetsgraden. En nøytral løsning, rent vann, har en pH på 7. Løsninger med pH under 7 er sure, de som har pH over 7 er alkaliske. Organisk materiale som er «ferdig» nedbrutt vil alltid ha en pH- verdi rundt 7.



pH- verdi over seks uker i biomassekompost

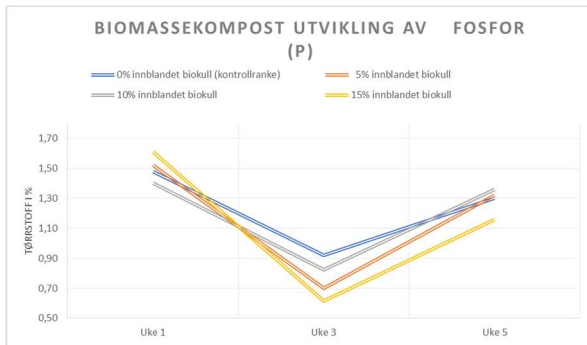


pH- verdi over seks uker i hageavfallkompost

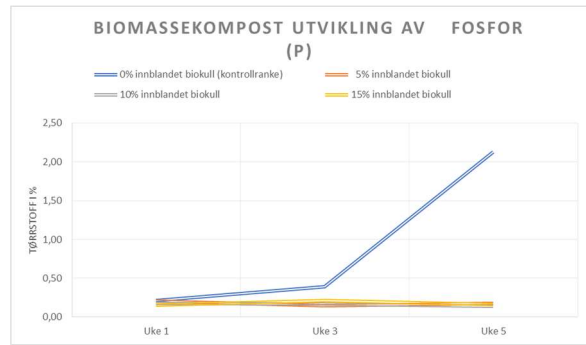


## Fosfor (P)

Fosfor er et essensielt næringsstoff for organismer. Mengde fosfor har direkte påvirkning på hvor lett det organiske materiale nedbrytes.



Fosfor utvikling over seks uker i biomassekompost



Fosfor utvikling over seks uker i hageavfallkompost