

# Utnyttelse av biorest i en sirkulærøkonomisk kontekst

En analyse av biorestens potensiale som  
gjødsel og jordforbedringsmiddel

**Anders Waldemar Olsen**

Helse, miljø og sikkerhet

Innlevert: august 2018

Hovedveileder: John Eilif Hermansen, IØT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse



## Forord

Dette dokumentet er en avsluttende masteroppgave i faget Helse, Miljø- og Sikkerhet ved Institutt for Teknologi og Økonomiledelse (IØT) ved NTNU i Trondheim. Oppgaven er for det meste skrevet under et utenlandsopphold i perioden januar til og med juni 2018 under veiledning fra IØT.

Jeg har en Cand. Scient grad i biologi fra tidligere studie ved NTNU og har en arbeidsbakgrunn innenfor havbruk. Bioøkonomi og bærekraftig produksjon har slik sett vært et interesseområde for meg lenge. I forbindelse med en deltidsjobb innenfor renovasjon har interessen for avfallshåndtering og sirkulærøkonomi kommet naturlig. Etter min mening er avfallshåndtering en viktig del av et bærekraftig samfunn, og det har derfor vært en glede å kunne skrive en oppgave innenfor nettopp dette temaet, og jeg er fornøyd med å kunne fullføre en mastergrad med dette fokuset.

Jeg vil benytte anledningen til å takke min veileder John Hermansen for konstruktive tilbakemeldinger og positivt engasjement. Jeg vil også takke Knut Jørgen Bakkejord i Trondheim kommune for konstruktiv dialog i forbindelse med problemstillingen for oppgaven. Til slutt bringer jeg en takk til min kone som gjennom skriveprosessen har gitt meg positive innspill og feedback.

Lillehammer, 13.08.2018

## Struktur på oppgaven

Oppgaven har sju kapitler. Kapittel 1, Innledning, forklarer konteksten for oppgaven. Kapittel 2 inneholder hensikten med oppgaven og hvilke forskningsspørsmål (problemstillinger) som skal besvares. Kapittel 3 gir en gjennomgang av metodikken som er benyttet i oppgaven. Kapitlet går gjennom hvordan litteraturstudiet er utført, hvilke intervjuer og samtaler som er utført og den undersøkelsesmodellen som er benyttet i oppgaven. Kapittel 4 gjennomgår det teoretiske rammeverket for oppgaven. Her vil de ulike temaene som er relevante for analysen, kapittel 5, bli gjennomgått. Kapittel 5 inneholder analysen der teorien blir diskutert opp mot funn i forskningslitteraturen. I kapittel 6 kommer konklusjonen og anbefalinger. I kapittel 7 kommer en kortfattet konklusjon. Etter litteraturlista kommer det ett vedlegg med en analysemodell. Den består av en tabell og grafiske illustrasjoner som oppsummerer funnene i rapporten.

## Resumé

Bio residual is a residual product of biogas production from various types of organic waste. In a Norwegian context the biogas is mainly made from wet organic waste and sewage sludge.

The purpose of this paper is to examine through a literature study what theoretical usage the bio residual could have in the context of a circular economy and how suitable the bio residual is in this context.

This literature study points out that bio residual of biogas production from wet organic waste and sewage sludge is considered to have two different usages. It could either be used as a fertilizer in agriculture or as part of a soil improver or cultivator. In theory the bio residual used in agriculture could replace the use of synthetic fertilizer and the usage of bio residual in soil improvers and cultivators could replace the usage of peat. Both of which is an important way of reducing greenhouse gas emissions.

Based on published research, it could be demonstrated that the amounts of heavy metals and contaminants as plastics and glass could make the bio residual unsuited for usage as a fertilizer. However, one can still conclude that the bio residual has a good potential as a fertilizer in agriculture based on its nitrogen effect. The bio residual could function as a replacement and a supplement for both synthetic fertilizer in conventional farming and for green manure in organic farming.

Bio residual may also have good usage as a component in soil improvers and cultivators, but the physical and chemical qualities of bio residual differ from the qualities of peat, which it is meant to replace. Bio residual has too high nutrient concentration, has too high pH-value, and have less structure than peat. Bio residual can therefore only be used in small amounts in soil improvers and cultivators combined with other product that in total should give good structure, lower pH-value and small amounts of nutrients. The bio residual as a product cannot replace the usage of peat in soil improvers and cultivators.

## Sammendrag

Biorest er et restprodukt som oppstår ved produksjonen av biogass fra ulike organiske avfallsprodukter. I norsk kontekst er det først og fremst det våtorganiske avfallet og avløpsslam som benyttes til biogassproduksjon.

Målsetningen med denne oppgaven har vært å undersøke gjennom en litteraturstudie spesifikt hvilke produkter biorest potensielt kan brukes til innenfor en sirkulærøkonomisk kontekst og hvor egnet bioresten er til denne bruken.

Litteraturgjennomgangen viser at biorest fra våtorganisk avfall og avløpsslam først og fremst er ansett å ha to mulige anvendelsesområder: Enten som gjødsel i jordbruket eller som en komponent i jordblandinger. I teorien kan biorest som gjødsel i landbruket erstatte bruken av kunstgjødsel mens biorest som komponent i jordblandinger kan erstatte bruken av torv. Begge deler er viktige klimatiltak for å få ned utslippet av klimagasser.

På bakgrunn av publisert forskning er det påvist at innholdet av tungmetaller og fremmedlegemer som plast og glass kan potensielt gjøre biorest uegnet som gjødselprodukt. Det kan likevel konkluderes med at biorest har stort potensiale som gjødsel i landbruket, har en god nitrogeneffekt, og kan være en erstatning og supplement for bruk av kunstgjødsel i konvensjonelt landbruk. Biorest kan også benyttes som gjødsel i økologisk landbruk der det kan erstatte bruken av grønnngjødsel.

Biorest kan også benyttes som komponent i jordblandinger, men her er utfordringene først og fremst at biorestens fysiske og kjemiske egenskaper er svært forskjellige fra torv som denne er ment å erstatte. Biorest er for næringsrik, har for høy pH og har lite struktur. Biorest kan derfor kun benyttes som en liten komponent i jordblandinger sammen med andre produkter som til sammen må gi god struktur, lav pH og lite næringsstoffer. Det konkluderes med at biorest som produkt ikke kan være en fullgod erstatning for bruken av torv i jordblandinger.

# Innhold

Forord .....	i
Struktur på oppgaven.....	ii
Resumé .....	iii
Sammendrag.....	iv
Innhold.....	v
Figurliste .....	vii
Tabelliste.....	vii
Begreper.....	viii
1. Innledning .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.1.1 Bærekraftsmålene.....	1
1.1.2 Avfallspolitikk .....	2
1.1.3 Grønn økonomi og sirkulærøkonomi .....	2
1.1.4 Våtorganisk avfall .....	3
1.1.5 Lokalt og regionalt perspektiv .....	4
2. Mål med oppgaven og problemstilling .....	6
2.1 Mål med oppgaven.....	6
2.2 Problemstilling.....	6
3. Metode .....	7
3.1 Litteraturstudie og litteratursøk .....	7
3.2 Undersøkellesmodell .....	10
4. Teoretisk rammeverk .....	12
4.1 Grønn økonomi.....	12
4.2 Sirkulærøkonomi .....	13
4.3 Avfallshåndtering .....	16
4.4 Sentrale prinsipper i avfallshåndtering .....	16
4.4.1 Avfallsforebygging .....	17
4.4.2 Ombruk.....	18
4.4.3 Materialgjenvinning .....	18
4.4.4 Energiutnyttelse .....	18
4.4.5 Sluttbehandling .....	18
4.5 Avfallspolitikk .....	18
4.6 Organisk avfall.....	20
4.7 Klimagassutslipp.....	21

4.8	Omdanning til biogass og biogjødsel .....	22
4.8.1	Forbehandling .....	24
4.8.2	Råtning i biogassreaktor .....	25
4.8.3	Sluttbehandling .....	25
4.9	Biorest.....	26
4.9.1	Biorest som gjødsel.....	27
4.9.2	Biorest som komponent i jordblandinger .....	27
4.10	Torv.....	29
5.	Analyse.....	31
5.1	Biorest som gjødsel.....	31
5.1.1	Krav til organisk-baserte gjødsler i lovverket .....	31
5.1.2	Biorestens egnethet som gjødsel.....	36
5.2	Biorest og andre organiske avfallsprodukter som bestanddel i jordblandinger .....	38
5.2.1	Krav i lovverk .....	38
5.2.2	Andre krav til jordblandinger .....	39
5.2.3	Organiske avfallsprodukters egnethet som tilsetning i dyrkingsmedier til gartnerinæringen .....	41
5.2.4	Organiske avfallsprodukters egnethet som tilsetning i vekstmedier til bruk i hobbyhager .....	43
5.2.5	Organiske avfallsprodukters egnethet i anleggsjord og grøntanlegg .....	43
5.3	Klimagassutslipp.....	45
6.	Oppsummering og anbefalinger .....	47
6.1	Biorest som gjødsel.....	47
6.2	Biorest i jordblandinger .....	47
7.	Konklusjon .....	49
	Referanser .....	50
	Vedlegg 1 - Analysemodell .....	i



## Figurliste

Figur 1. Snøballmetoden. Bearbeidet etter Geissdoerfer et al. (2017) .....	8
Figur 2. Undersøkellesmodell.....	11
Figur 3. Sirkulær økonomi er en del av den grønne økonomien. Kilde: (St.meld. 45, 2017) ..	14
Figur 4. Illustrasjon av sirkulærøkonomiens to modeller. Kilde: (Stahel, 2016).....	15
Figur 5. Avfallshierarkiet. Kilde: (Miljøverndepartementet, 2013).....	17
Figur 6. Illustrasjon av den sirkulære verdikjeden for biologisk materiale. Kilde: (Avfall Norge, 2018) .....	21
Figur 7. Skjematisk fremstilling av biogassproduksjon .....	23
Figur 8. Illustrasjon av prosesstrinnene i forbehandlingen av våtorganisk avfall (omarbeidet figur fra (Marthinsen, 2017) .....	24
Figur 9. Flytskjema for prosessen fra organisk avfall til sluttprodukt .....	29
Figur 10. Grafisk oversikt over anvendelsesområdene for biorest fra ulike substrater.....	ii
Figur 11. Grafisk oversikt over anvendelsesområdene for biorest fra våtorganisk avfall.....	iii

## Tabelliste

Tabell 1. Søkeord og søkeordkombinasjoner brukt i Oria.....	9
Tabell 2. Reduksjon av livsløpsutslipp ved bruk av biogass produsert av ulike substrat sammenlignet utslipp fra fossile drivstoff. Kilde:(Sletten og Maass, 2013) .....	22
Tabell 3. Oversikt over biogassutbytte i noen forskjellige substrater. Kilde:(Sletten og Maass, 2013).....	24
Tabell 4. Krav til maksimalt innhold av tungmetaller i organisk gjødsel til bruk i konvensjonelt eller økologisk landbruk.....	32
Tabell 5. Krav til maksimalt innhold av tungmetaller i jord.....	32
Tabell 6. Oversikt over kvalitetsklasser og bruksbegrensninger for organisk basert gjødsel...33	
Tabell 7. Innhold av tungmetaller i mg/kg N i ulike biogjødsler fra (RVF Utveckling, 2005) 33	
Tabell 8. Egenskaper i jordblandinger som er bestemmende for kvalitet (Schmilewski, 2008) .....	39
Tabell 9. Mengden organisk innhold i ulike typer mold. Hentet fra Haraldsen og Krogstad (2017).....	44
Tabell 10. Krav til egenskaper for anleggsgjord. Utdrag fra Statens vegvesens håndbok nr 761, hovedprosess 7 .....	45
Tabell 11. Oppsummering av biorestens bruksområder og viktige krav og kriterier.....	i

# Begreper

## Anleggsjord

Jordblanding som anvendes i forbindelse med etablering av parker og grøntanlegg.

## Biogass

Gass fra utråtning av organisk materiale. Består av karbondioksid (CO<sub>2</sub>) og metan (CH<sub>4</sub>).

## Biorest

Den biomassen som er igjen etter utråtning av organisk materiale.

## Dyrkingsmedier

Et jordprodukt som har som hensikt å gi god vekst til sådde planter.

## Grøntanlegg

Et areal som opparbeides med vegetasjonsdekte flater i forbindelse med rekreasjon, sport- eller pryddformål.

## Jordblandinger

En fellesbetegnelse for jordprodukter som dyrkingsmedier, jordforbedringsmidler og anleggsjord.

## Jordforbedringsmidler

Et stoff som tilføres jord for å forbedre jordas kvalitet.

## Grønn økonomi

En samfunnsomfattende økonomi som innebærer at de sosioøkonomiske systemene er ordnet slik at hele samfunnet kan leve godt innenfor planetens tålegrenser og samtidig oppleve økonomisk vekst og velstand.

## Sirkulær økonomi

En del av den grønne økonomien, som hovedsakelig fokuserer på ressurseffektivitet og gjenbruk.

## Våtorganisk avfall

Matavfall fra husholdninger og næring samt avfall fra næringsmiddelindustrien.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

EU og Norge skal utvikle en bærekraftig, lavkarbon -, ressurseffektiv og kompetitiv økonomi for hele EU/EØS-området. For å klare dette er overgangen til en mer sirkulær økonomi en nødvendighet. I en sirkulær økonomi blir verdiene av produkter, materialer og ressurser opprettholdt i økonomien så lenge som mulig, og avfallsgenereringen blir minimert (Europakommisjonen, 2015). Dette medfører følgelig lavere press på naturressursene samtidig som en økonomisk vekst kan fortsette. Avfallshåndtering er helt essensielt i en slik økonomisk orden og er helt nødvendig for at EU og Norge skal klare å utvikle bærekraftige samfunn.

Som bakgrunn for denne sirkulærøkonomiske tankegangen ligger FNs bærekraftsmål. Disse 17 målene legger grunnlaget for den grønne økonomien, sirkulærtenkningen og avfallspolitikken. I denne kontekst befinner denne masteroppgaven seg. Videre i kapittelet blir det gjort en kort redegjøring for hvordan det hele henger sammen.

### 1.1.1 Bærekraftsmålene

FNs 17 bærekraftsmål ble vedtatt av verdenssamfunnet i 2015. Disse målene er en videreføring av FNs tusenårsmål, og som søker å gjøre noe med årsakene til fattigdom og ulikhet samt å stoppe klimaendringene (FN-Sambandet, 2018). Oppfølging av målene er bindene for alle FNs medlemsland og legger føringer for medlemslandenes politikk på alle områder dekket av bærekraftsmålene.

Mål nr 12, ansvarlig forbruk og produksjon, har som formål å sikre et bærekraftig produksjons- og forbruksmønster. Dette innebærer i praksis ett ønske om å begrense ressursbruken, om å redusere miljødeleggelse og om å begrense klimagassutslippene i forbindelse med produksjon av varer. Bærekraftsmål 12 er delt inn i åtte delmål, der delmål 5, Innen 2030 betydelig redusere avfallsmengden gjennom forbud, reduksjon, gjenvinning og ombruk, er sentralt i norsk og europeisk avfallspolitikk og også sentralt for denne masteroppgaven.

### **1.1.2 Avfallspolitikk**

På bakgrunn av mål 12.5 har EU og Norge utformet sine avfallspolitiske målsetninger. For Norge gjelder pr juni 2017 følgende mål på det avfallspolitiske området (St.meld. 45, 2017):

Avfall skal gjøre minst mulig skade på mennesker og naturmiljø

Veksten i mengden avfall skal være vesentlig lavere enn den økonomiske veksten målt i BNP  
80 % av avfallet skal sikres god ressursutnyttelse gjennom materialgjenvinning og energiutnyttelse

Videre har Norge inkorporert EUs direktiv 2008/98/EF, avfallsdirektivet. Målsetningene i dette direktivet blir dermed også norske målsetninger innenfor avfallspolitikken. Ett viktig mål i avfallsdirektivet er å sørge for separat innsamling av og miljøvennlig behandling av organisk avfall (Europakommisjonen, 2008). Målet om separat innsamling av matavfall fra både husholdninger og næringsliv er nå også blitt vedtatt av Stortinget (Stortinget, 2018).

### **1.1.3 Grønn økonomi og sirkulærøkonomi**

Avfallspolitikken og målsetningene må ses i en større sammenheng. Overordnet handler det om det bærekraftige og miljøvennlige moderne samfunnet. En ny økonomisk orden, den grønne økonomien, kan sies å være verdenssamfunnets svar på utfordringene med å oppfylle FNs bærekraftsmål. Den grønne økonomien er en økonomisk orden der samfunnet skal kunne leve innenfor planetens tålegrenser og samtidig oppfylle menneskenes grunnleggende behov. Det handler om å utnytte ressurser mer effektivt, opprettholde økosystemenes funksjoner og samtidig ha en inkluderende økonomisk vekst (European Environment Agency, 2015).

Et sentralt punkt i en grønn økonomi er ressurseffektivitet. Verdenssamfunnet opplever knapphet på råvarer, og av hensyn til miljø og bærekraft er vi nødt til å redusere uttaket av ulike råvarer. Dette innebærer i praksis at vi må finne nye metoder og verktøy for å utnytte råvarene bedre. Fokuset er en effektiv utnyttelse av råvarene i seg selv, men også en effektiv utnyttelse og videreforedling av produkter, biprodukter og utgatte eller utbrukte produkter (avfall). Det handler altså om å forlenge levetiden på en råvare og skape lukkede sløyfer i industrielle systemer. I et slikt system blir avfallet å betrakte som en ressurs som kan utvikles og utnyttes videre til andre ting og skape ny verdi. Det samme prinsippet vil være gjeldende for biprodukter (Europakommisjonen, 2014).

Målsetningen er at sekundære råvarer og biprodukter videre kan benyttes som erstatning for primære varer (St.meld. 45, 2017). Ett slik fokus på ressurseffektivitet der varer inngår i lukkede sløyfer eller sirkler om man vil, kalles for sirkulærøkonomi. Som nevnt har EU en plan om å innføre en bærekraftig, lavkarbon -, ressurseffektiv og kompetitiv økonomi for hele EU/EØS-området, altså en sirkulær økonomi (Europakommisjonen, 2015). Dette målet gjelder også for Norge. Det er gjennom en implementering av sirkulærøkonomien i Norge vi skal klare å oppfylle de vedtatte miljømålene. I dette arbeidet er avfallshåndteringen en sentral og viktig del.

#### **1.1.4 Våtorganisk avfall**

Organisk avfall er et biologisk nedbrytbart avfall som kan gjennomgå en aerob eller anaerob nedbrytning. Matavfall, hageavfall, papir, kartong og trevirke er eksempler på et slikt avfall (Avfallsforskriften, 2004). Avfall fra næringsmiddelindustrien regnes også som organisk avfall og utgjør sammen med matavfall det vi kaller våtorganisk avfall (Miljødirektoratet, 2015).

Det er et klart uttalt mål fra norske myndigheter at sirkulærøkonomien skal innføres innenfor avfallshåndteringen (St.meld. 45, 2017). Dette betyr at også det våtorganiske avfallet skal ha en ressurseffektiv utnyttelse og bidra til å skape nye produkter og verdier. I dag er det vanlig å produsere biogass fra våtorganisk avfall. Når denne biogassen benyttes som erstatning for fossile drivstoffer i busser og lastebiler, er vi inne i kjernen av sirkulærøkonomien. Produksjon av biogass til bruk som drivstoff er ønskelig og et viktig steg på veien mot et klimanøytralt samfunn, og etter hvert mot et lavutslippssamfunn, ifølge regjeringens biogasstrategi (Klima og miljødepartementet, 2014).

Ved produksjon av biogass blir det igjen rester av det våtorganiske avfallet. Rester som med en fellesbetegnelse kalles biorest (Nesheim, 2010). Dette er et næringsrikt produkt som kan ha ulike bruksområder. I sirkulærøkonomien ånd er det ønskelig å utnytte dette produktet på en effektiv, miljøvennlig og økonomisk lønnsom måte.

Mulig bruksområder for en slik biorest er blant annet som en bestanddel i vekstmedier og jordforbedringsprodukter eller som gjødsel for jordbruk og hager. Bioresten i vekstmedier eller jordforbedringsprodukter kan teoretisk erstatte bruken av torv, som hittil er veldig mye brukt i vekstmedier over hele verden, inkludert Norge. Bioresten benyttet som gjødsel kan teoretisk erstatte bruken av kunstig fremstilt gjødsel. Men for at bioresten skal kunne utnyttes

som tiltenkt, må kvaliteten på produktet være slik at det faktisk kan erstatte det produktet man ønsker å erstatte.

### **1.1.5 Lokalt og regionalt perspektiv**

Avfallet fra norske husholdninger og næringsliv samles inn og håndteres enten lokalt i den enkelte kommune, eller regionalt gjennom interkommunale selskaper. Avfallet samles altså inn der det genereres, og innenfor en sirkulærøkonomisk tankegang er det naturlig at tilhørende videreforedling og verdiskaping også skjer lokalt eller regionalt. En rapport fra Avfall Norge viser for eksempel at regional verdiskaping på Østlandet kan bli betydelig når man tar sikte på å lage biogass og biogjødsel fra våtorganisk avfall (Fiksen et al., 2016).

Et eksempel på ett regionalt samarbeid om innsamling av restavfall er SESAM-prosjektet i Trøndelag. Der planlegges det innen 2020 oppstart av et stort ettersorteringsanlegg for restavfall fra totalt 55 kommuner i Trøndelag og Nord-Østerdalen. Utsortert plast, metall og glass skal selges ut i markedet til aktører som gjenvinner dette, og det utsorterte restavfallet skal gå til et forbrenningsanlegg i Trondheim som lager fjernvarme. Det våtorganiske avfallet som utsorteres fra restavfallet samt det matavfallet som fra 2020 skal innsamles fra Trondheim skal sendes til biogassfabrikken Ecopro i Verdal. Til denne fabrikken kommer det allerede inn våtorganisk avfall fra store deler av Trøndelag. Fabrikken lager biogass og biogjødsel av det våtorganiske avfallet. (Holstad, 2017). Ecopro er eid av flere interkommunale renovasjonsselskaper i Trøndelag og pr tid er det 52 kommuner som til sammen sender 40 000 tonn våtorganisk avfall til fabrikken (Ecopro, 2018).

Et annet eksempel på et regionalt samarbeid om håndtering av våtorganisk avfall er Mjøsanlegget på Lillehammer. Mjøsanlegget er eid av fem interkommunale renovasjonsselskaper som totalt dekker 18 kommuner i Oppland og Hedmark. På Mjøsanlegget lages det biogass, biogjødsel og jordblandinger fra det våtorganiske avfallet. I jordblandingen inngår også kompost fra hageavfall. Anlegget behandler ca 14 000 tonn våtorganisk avfall årlig (Mjøsanlegget, 2018).

Regionalt samarbeid om behandling av våtorganisk avfall ser ut til å være regelen i Norge, og en oversikt fra Norges Vel viser at de fleste av biogassanleggene som behandler våtorganisk avfall er i dag eid av interkommunale renovasjonsselskaper (Ellingsen og Filbakk, 2016).

Oppsummert skal man:

- Erstatte dagens lineære økonomi med den sirkulære økonomien som et steg på veien mot et bærekraftig samfunn
- Gjennom en sirkulærøkonomisk tankegang sørge for en effektiv, bærekraftig og miljøvennlig utnyttelse av ressursene i alt avfall
- Spesifikt sørge for at våtorganisk avfall blir omdannet til biogass som kan benyttes som erstatning for fossile drivstoff samtidig som restproduktene fra denne produksjonen skal kunne utnyttes på en bærekraftig og miljøvennlig måte og skape nye verdier
- Sørge for at verdiskapingen skjer lokalt evt. regionalt der avfallshåndteringen foregår

## **2. Mål med oppgaven og problemstilling**

### **2.1 Mål med oppgaven**

Menneskene utøver en negativ påvirkning på naturen. Klimaendringer, miljøpåvirkninger, avfall og overutnyttelse av ressurser er resultater av dette. Både miljøet og menneskers helse blir skadelidende under dagens samfunnsutvikling og økonomiske orden. For å kunne utvikle bærekraftige samfunn, er det viktig å utvikle lukkede sløyfer i industrielle systemer og dermed flytte fokuset fra bruk av nye ressurser over på resirkulering og gjenbruk av ressurser. Dette er nødvendig for at verdenssamfunnet skal kunne oppfylle sine vedtatte bærekraftsmål.

En bærekraftig utnyttelse av restprodukter (biorest) fra biogassproduksjon bidrar til en ressurseffektiv utnyttelse av organisk avfall, og er en viktig del av den sirkulærøkonomiske tankegangen. Denne oppgaven har som målsetning å studere hvordan denne utnyttelsen av biorest kan foregå og hvilke produkter biorest kan egne seg til.

### **2.2 Problemstilling**

På bakgrunn av tilgjengelig litteratur og annen ervervet kunnskap skal oppgaven ta sikte på å oppsummere den kunnskapen som fins om biorest og dens mulige videre anvendelser. Oppgaven vil spesifikt gå inn på hvilke kjemiske, fysiske, biologiske og juridiske krav (kriterier) som må oppfylles for at bioresten skal kunne utnyttes som tiltenkt, og med bakgrunn i disse kravene vurdere biorestens egnethet innenfor de ulike anvendelsesområdene. Funnene skal presenteres i en analysemodell. Analysemodellen tar sikte på å oppsummere hvilke kriterier som gjelder for de ulike anvendelsene av biorest. Modellen skal kunne benyttes for å vurdere ett biorestprodukts egnethet på bakgrunn av disse kriteriene.

Gjennom oppgaven skal følgende forskningsspørsmål besvares:

- 1) Hvordan kan biorest fra organisk avfall brukes i et sirkulærøkonomisk perspektiv?
- 2) Hvilke krav må oppfylles for at biorestprodukter kan utnyttes i dette sirkulærøkonomiske perspektivet og oppfyller biorest fra organisk avfall disse kravene?



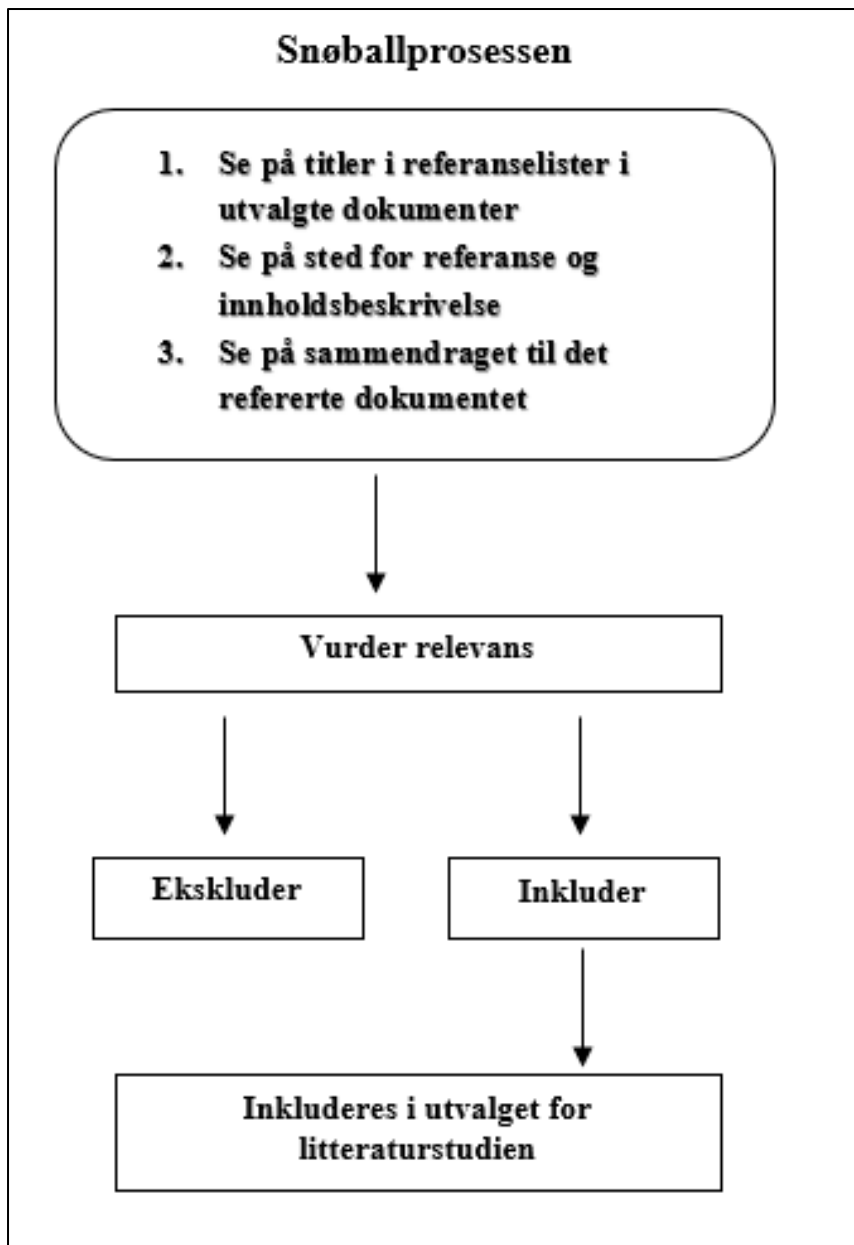
### **3. Metode**

Dette kapitlet beskriver metodikken som er benyttet i oppgaven. Kapitlet inneholder detaljer om hvordan litteraturstudiet og litteratursøkene er utført, samt undersøkelsesmodellen som er benyttet i oppgaven.

#### **3.1 Litteraturstudie og litteratursøk**

Det er utført en litteraturstudie. Utgangspunktet har vært offentlige dokumenter og utredninger vedrørende temaer som sirkulær økonomi og avfallsbehandling/avfallspolitikk. Dokumentinnsamlingen videre er utført etter hva vi kan kalle snøballmetoden. Dette er en metode som er mye brukt innenfor intervju-sampling. Ved intervju av et subjekt vil det komme anbefalinger om hvilke andre personer man kan intervju. Disse nye personene vil videre anbefale eller plukke ut andre man også kan intervju. Slik kan undersøkelsesgruppen vokse som en rullende snøball. Metoden kan også benyttes når det er snakk om en litteraturstudie der man starter med en eller et fåtall dokumenter. Basert på informasjon i disse dokumentene finner man så nye dokumenter som er relevante i forhold til det temaet man skal undersøke. I disse nye dokumentene kan det også finnes interessante referanser til andre dokumenter igjen (Figur 1).

Det er også samtidig utført litteratursøk i Oria etter gitte ord og ordkombinasjoner. Basert på treff i søkemotoren er artikler vurdert som relevante plukket ut og benyttet videre i litteraturstudien (Tabell 1).



Figur 1. Snøballmetoden. Bearbeidet etter Geissdoerfer et al. (2017)

Tabell 1. Søkeord og søkeordkombinasjoner brukt i Oria

Søkeord	Antall treff	Utvalgte artikler
Biorest	13 treff	(Hvitsand og Kleppe, 2011), Bruk og utnyttelse av biorest til landbruket (Haraldsen og Krogstad, 2016), Fiskeslam som nitrogen gjødsel
Våtorganisk avfall	35 treff	(Sletten og Maass, 2013), Underlagsmateriale til tverrsektoriell biogass-strategi
Sirkulær økonomi	37 treff	(Det Europeiske Miljøbyrå, 2014), Velferd og miljø: Hvordan utvikle en ressurseffektiv, grønn økonomi i Europa (Solberg og Valset, 2016), Bioøkonomi og det grønne skiftet
Bioresidual	30 treff	Ingen relevante
Biogjødsel	5 treff	(Hvitsand og Kleppe, 2011), Bruk og utnyttelse av biorest til landbruket
Avløpsslam	106 treff	(Bøen, 2010), Fosfor i avfallsbaserte produkter - kjemisk beskrivelse av avløpsslam, kompost og kjøttbenmel
Jordforbedring	96 treff	Ingen relevante

### 3.2 Intervjuer og samtaler

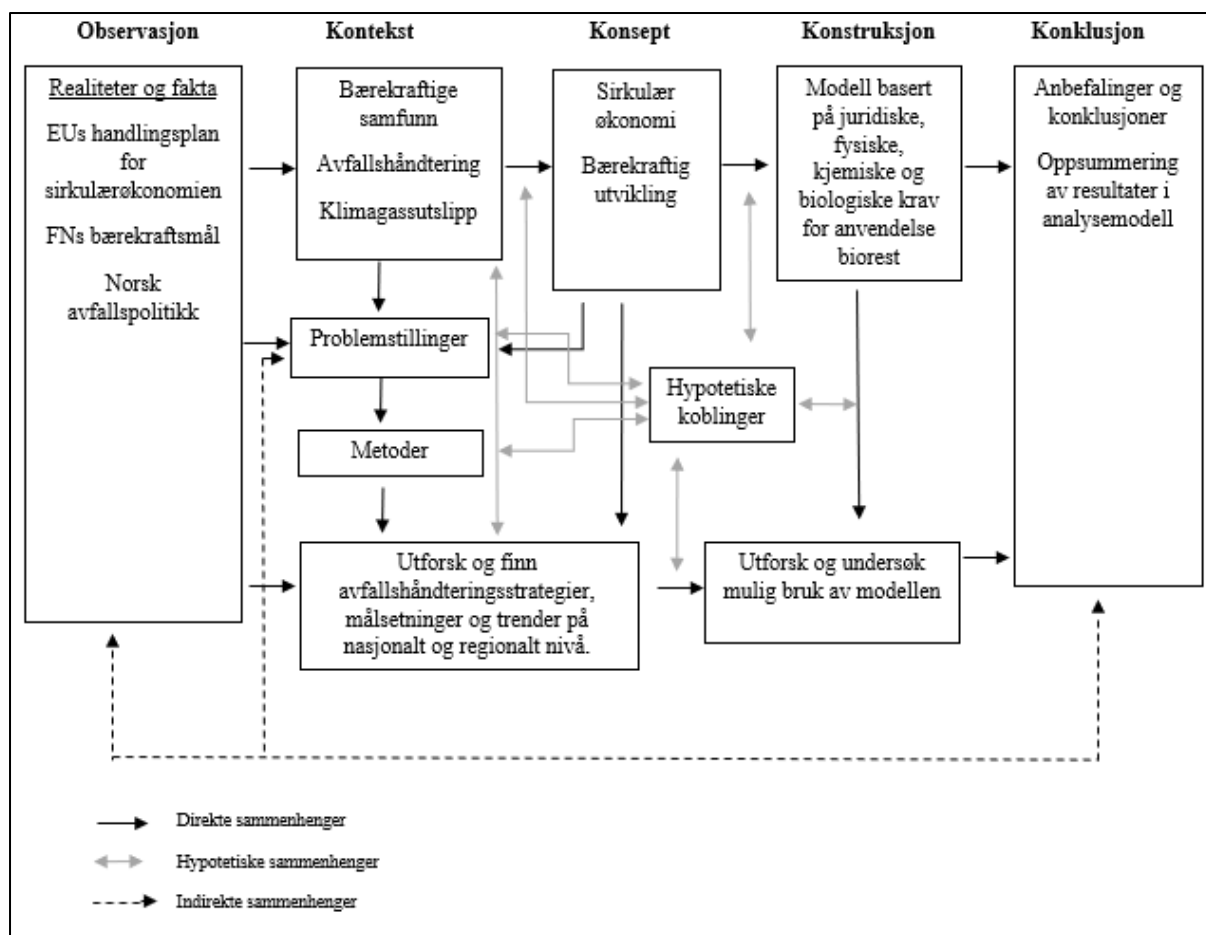
I forbindelse med etablering av oppgaven har det vært avholdt et møte med representanter fra Trondheim Kommune og Sør-Trøndelag Fylkeskommune. Knut Jørgen Bakkejord fra Trondheim kommune har videre bidratt i forbindelse med utarbeidelse av problemstillinger, og har svart på spørsmål pr epost og telefon ved et par anledninger.

### 3.3 Undersøkellesmodell

Det er utarbeidet en forskningsmodell basert på Hage (2016). Modellen gjennomgår fem stadier og ulike prosesser innad i disse fem stadiene. De ulike prosessene og stadiene er relatert til hverandre enten direkte, indirekte eller hypotetisk, som vist i **Feil! Fant ikke referanseilden..**

Observasjonsfasen er første fase i analysemodellen. I denne fasen registres det fakta om virkeligheten, og denne legger videre fundamentet for de andre fasene. Disse faktaene kan knyttes direkte til konteksten for oppgaven. Observasjonsfasen legger også et grunnlag for bakgrunn og problemstillinger. Noen av disse faktaene blir grundigere utredet under kapittel 3, teoretisk rammeverk. Konseptfasen omhandler relevant teori som benyttes for å svare på problemstillingene. Denne fasen er direkte relatert til konteksten og er et resultat av denne. Både konteksten og konseptfasen er knyttet til problemstillingene. Konstruksjonsfasen er en analysefase som er direkte knyttet til konseptfasen. I denne fasen lages det en modell basert på det som kommer ut av dataene. Resultatet av analysene i konstruksjonsfasen og de andre fasene er konklusjonen. Resultatene fra analysene presenteres og vurderes og er direkte knyttet opp til observasjonene og problemstillingene.

Denne modellen benyttes som et verktøy for å gi en god systematikk i arbeidet og vurderes som godt egnet for denne typen oppgave.



Figur 2. Undersøkellesmodell

## 4. Teoretisk rammeverk

I dette kapitlet gjennomgås de ulike temaene som er relevante for oppgavens kontekst. I kapitlet blir de viktigste sammenhengene mellom politikk, teknologi og miljø på avfallsområdet redegjort for.

### 4.1 Grønn økonomi

Produksjonen av varer under dagens økonomiske system, lineærøkonomien, baserer seg i stor grad på at ressurser først hentes ut, deretter lages det et produkt, og når produktet har levd ut sin levetid blir produktet kastet. Produksjonen under en slik økonomi er dermed hele tiden avhengig av at nye ressurser (råmaterialer) høstes inn. Verdenssamfunnet har etter hvert kommet til den erkjennelse at denne formen for høsting av ressurser er lite bærekraftig, og det har oppstått et behov for en alternativ økonomi, en økonomi som hensyntar nettopp det faktum at ressurser er begrenset og ulikt fordelt.

Den grønne økonomien er ifølge FNs miljøprogram, UNEP en vei til målet om et bærekraftig samfunn (UNEP, 2011). UNEP har definert grønn økonomi slik: «En grønn økonomi er en økonomi som skal forbedre menneskers velferd og skape sosial rettferdighet mens man samtidig reduserer miljø – risiko og knapphet. En slik altomfattende grønn økonomi er et alternativ til dagens økonomiske modell som i stor grad forsterker urettferdigheten, fremmer avfallsproduksjon, utløser ressursknappheter og generer omfattende trusler overfor miljøet og menneskers helse» (UNEP, 2018).

En grønn økonomi omfatter hele samfunnet (inclusive) og innebærer at sosioøkonomiske systemer er ordnet slik at hele samfunnet kan leve godt innenfor planetens tålegrenser (planetary boundaries) men samtidig oppleve økonomisk vekst og velstand. Den grønne økonomien har dermed flere dimensjoner:

- Fokus på ressurseffektivitet
- Fokus på økosystemets resiliens (robusthet)
- Fokus på menneskers velferd

Ressurseffektiviteten handler i første rekke om å utvikle teknologi og finne bedre tilnærminger på utnyttelsen av materialer og råstoffer. Altså i bunn og grunn å kunne produsere mer og skape mer verdier ut fra de ressursene vi har tilgjengelig.

Fokus på økosystemets robusthet handler om å begrense negative påvirkninger på miljøet slik at man kan bevare økosystemenes naturlige tilstand.

Fokus på menneskers velferd dreier seg både om å hindre negativ påvirkning på menneskers helse grunnet forurensninger, men også en inkluderende økonomisk vekst som gjør at alle får dekket sine basale behov (European Environment Agency, 2015).

EU har også gjennom sitt 7. miljøprogram satt fokus på den grønne økonomien. Målsetningen for EU er at man innen 2050 skal leve godt, men innenfor planetens økologiske grenser.

Videre heter det (oversatt fra engelsk) at vår velstand og vårt friske miljø stammer fra en innovativ sirkulær økonomi der ingenting kastes, hvor naturressurser blir forvaltet bærekraftig, og hvor biodiversiteten er beskyttet, verdsatt og utbedret på en måte slik at vårt samfunns resiliens forsterkes (European Commission, 2014).

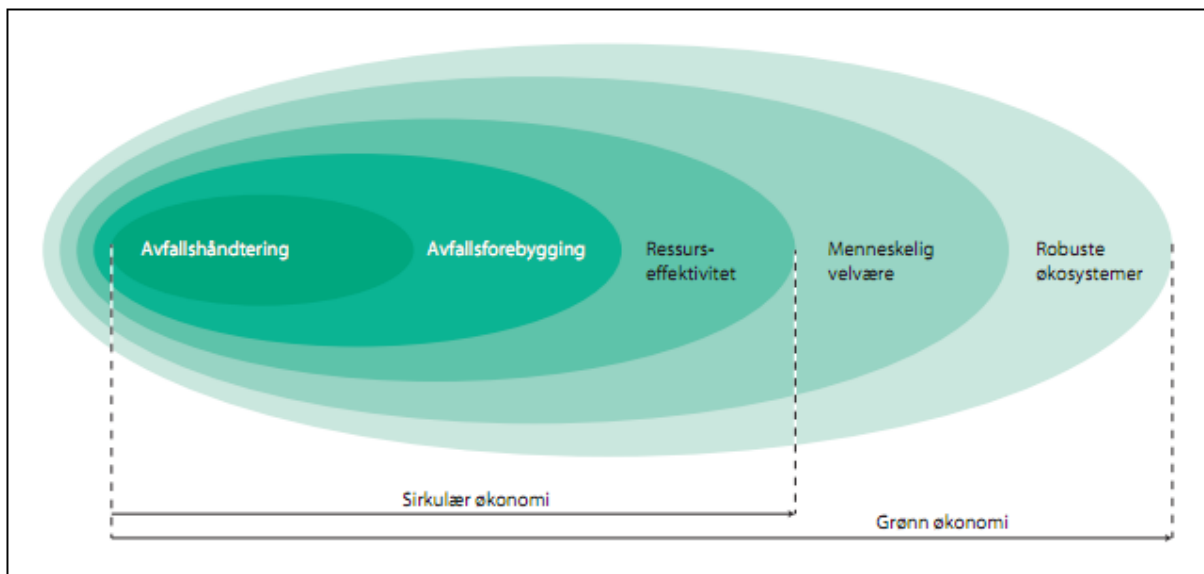
En ressurseffektiv utnyttelse av råvarer og materialer legger grunnlaget for den samfunnsutviklingen som skal lede oss inn i den grønne økonomiens æra. Fokus på ressurseffektivitet er en grunnleggende tanke i det vi kaller sirkulærøkonomi, som er en del

## **4.2 Sirkulærøkonomi**

En sirkulær økonomi er en økonomisk modell der varer som i utgangspunktet er utbrukte kan brukes videre som ressurser i andre produkter, og dermed skape lukkede sløyfer i industrielle systemer og minimalisere avfallsmengdene. Den sirkulære økonomien innebærer et skifte i økonomisk logikk fordi den erstatter ny produksjon med gjenbruk, resirkulering, reparasjon og gjenoppretting av produkter eller varer (Stahel, 2016).

En anerkjent definisjon på sirkulær økonomi finner vi hos Ellen McArthur Foundation (oversatt fra Engelsk): En sirkulær økonomi er et industrielt system som er fornybart (restorative) i hensikt og design. I en sirkulær økonomi er produkter tiltenkt å lett kunne gjenbrukes, demonteres og gjenskapes eller resirkuleres – med den forståelse at dette er gjenbruk av store mengder materiale som er utvunnet fra sluttprodukter i stedet for å hente ut nye ressurser. Dette er grunnlaget for økonomisk vekst (The Ellen MacArthur Foundation, 2012, s. 22).

Sirkulærøkonomien er dermed å anse som en del av den mer altomfattende grønne økonomien, se Figur 3.



Figur 3. Sirkulær økonomi er en del av den grønne økonomien. Kilde: (St.meld. 45, 2017)

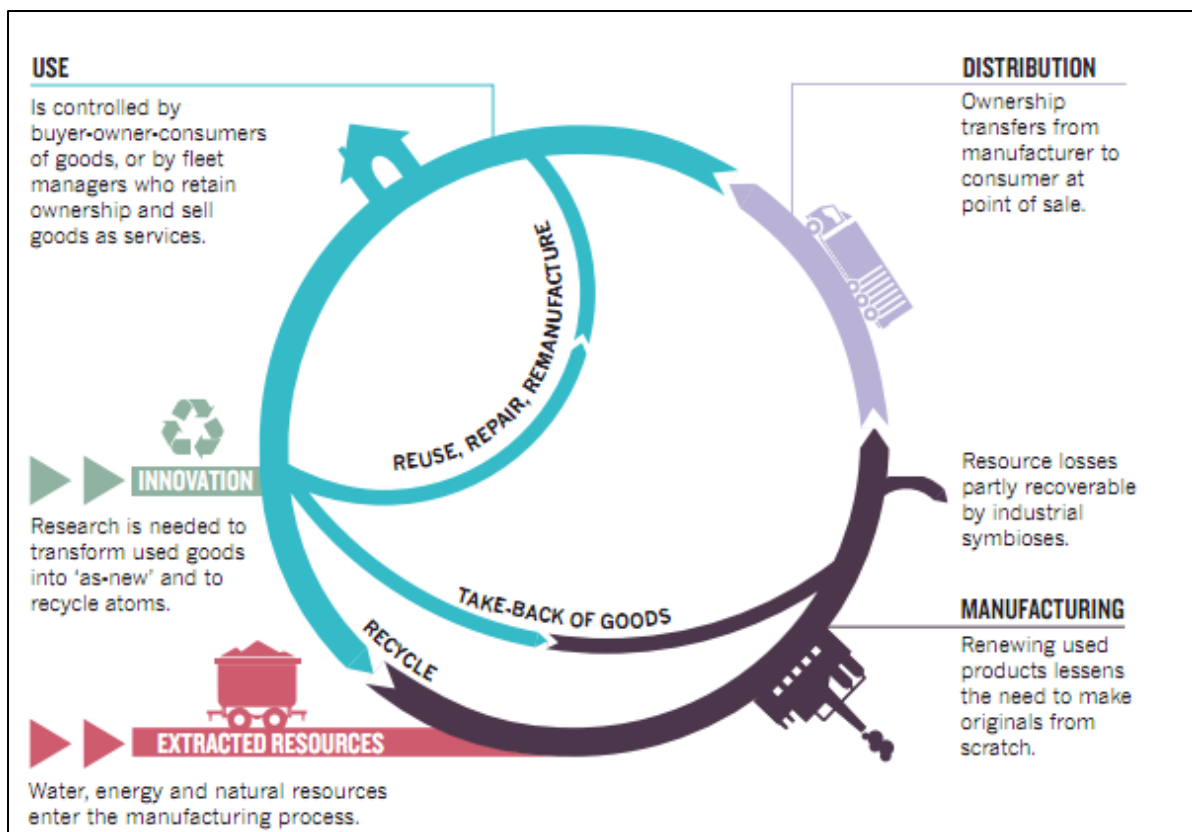
I en sirkulær økonomi er målsetningen å opprettholde verdiene av produkter, materialer og ressurser i økonomien så lenge som mulig og sørge for at avfallsgenereringen blir så liten som mulig.

Ifølge Walter Stahel, som er den kanskje mest anerkjente forskeren innenfor temaet sirkulærøkonomi, er det er to typer sirkulærøkonomiske modeller:

- En som benytter gjenbruk og utvider levetid på et produkt gjennom reparasjon, gjenoppbygging, oppgradering og modifisering
- En modell som omdanner gamle produkter til nye gjennom resirkulering av materialene.

Dette kan illustreres i følgende figur (Stahel, 2016):





Figur 4. Illustrasjon av sirkulærøkonomiens to modeller. Kilde: (Stahel, 2016)

Ifølge The Ellen MacArthur Foundation baserer den sirkulære økonomien seg videre på noen få hovedprinsipper (The Ellen MacArthur Foundation, 2012):

- At avfall brukes om igjen med minst mulig tap av energi og kvalitet
- At industrielle systemer blir bygd for å være resiliente (robuste) ved å bruke naturlige systemer som modell
- At all energi kommer fra fornybare ressurser
- En systemtenkning der alle deler eller elementer vurderes i forhold til sin infrastruktur, miljø, og sosiale kontekst
- At avfall er «mat», noe som innebærer at en forbruksvare ikke blir til avfall men heller kan benyttes gjentakende ganger i ulike systemer og prosesser for til slutt å bli gjeninnført til biosfæren som nytt næringsstoff

Innføring av en sirkulær økonomi blir sett på som arvtaker fra dagens økonomiske regime, og som en nødvendighet for å oppnå bærekraftige produksjonssystemer og samfunn. Begrepet har etter hvert festet seg hos de fleste myndigheter i verden, og denne utviklingen har fått vind i seilene etter at FN vedtok resolusjon 70/1, Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, den 25. September 2015.

FNs 2030 Agenda inneholder nemlig totalt 17 bærekraftsmål og 169 delmål som verdenssamfunnet har blitt enig om å oppfylle innen år 2030. I motsetning til tusenårsmålene gjelder disse for alle land i verden og søker å gjøre noe med årsakene til fattigdom, ulikhet og klimaendringer (FN-Sambandet, 2018)

Innføring av sirkulærøkonomien i EU og EØS er langt på veg EUs svar på bærekraftsmål 12, Ansvarlig forbruk og produksjon. I norsk kontekst er det også etablert en klar målsetning om at Norge også skal utvikle en sirkulær økonomi. Dette skal oppnås blant annet gjennom et økt fokus på å produsere mindre avfall, samt en bedre utnyttelse av ressursene i avfallet (St.meld. 45). Innovasjon Norge er sterkt involvert i dette arbeidet, og bidrar med tilskudd og lån til forskning og utvikling innenfor det området av den grønne økonomien som kalles bioøkonomi (Solberg og Valseth, 2016). Bioøkonomien omfatter bærekraftig og lønnsom utnyttelse, produksjon og foredling av biomasse fra hav og land til mat og fôr, materialer, kjemikalier og energi (Innovasjon Norge, 2018).

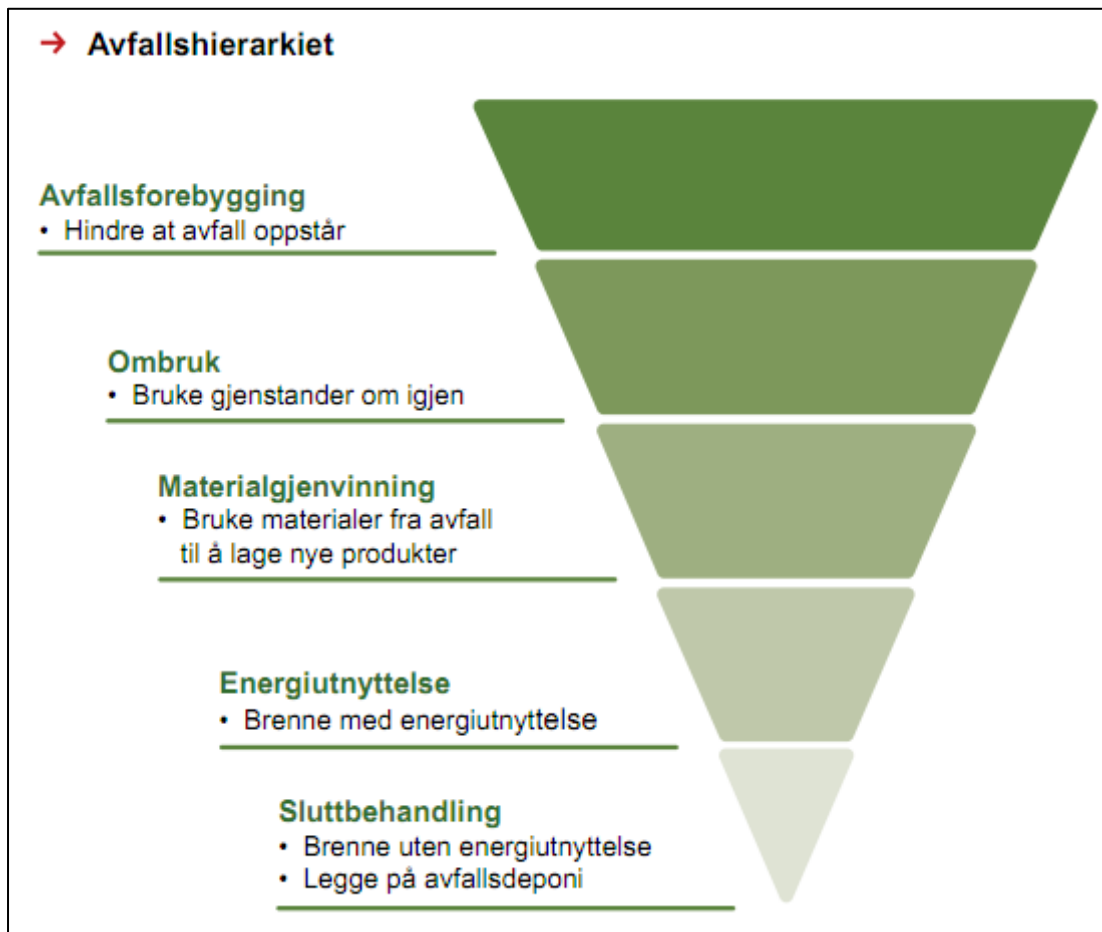
### **4.3 Avfallshåndtering**

Avfallshåndtering spiller en sentral rolle i sirkulærøkonomien (St.meld. 45, 2017). For å i det hele tatt å lykkes med innføringen av en sirkulærøkonomi må avfall håndteres på en slik måte at minst mulig jomfruelige ressurser må hentes ut. Det er anerkjent at det er knapphet på råvarer, eller jomfruelige ressurser om man vil, noe som gir et rasjonale for blant annet EUs og Norges målsetninger innenfor avfallshåndteringen. Dette medfører at EU og Norge er at hvis en lykkes i å ta vare på det meste av avfallet og bruke dette om igjen, vil man kunne øke sin konkurransekraft ved å beskytte næringslivet mot den knappheten som eksisterer for nye, jomfruelige ressurser (Europakommisjonen, 2015, s. 2). Det ligger altså i tillegg til et ønske om en bærekraftig ressursutnyttelse også en ide om fortsatt økonomisk vekst og verdiskaping under en slik sirkulærøkonomi.

### **4.4 Sentrale prinsipper i avfallshåndtering**

Norsk og europeisk avfallshåndtering følger prinsippene i det vi kaller avfallshierarkiet, eller avfallspyramiden. Se Figur 5. Prioriteringene i avfallspolitikken følger avfallshierarkiet, noe som medfører at avfallsforebygging har høyeste prioritet, deretter forberedelse til ombruk,

materialgjenvinning, energiutnyttelse, og til sist sluttbehandling (Miljøverndepartementet, 2013).



Figur 5. Avfallshierarkiet. Kilde: (Miljøverndepartementet, 2013)

#### 4.4.1 Avfallsforebygging

Avfallsforebygging handler om å redusere mengden avfall og inkluderer alle tiltak man iverksetter før et produkt, materiale eller stoff blir til avfall. Tiltakene skal bidra til å redusere mengden avfall, de negative miljø- og helseeffektene av avfallet og skal bidra til å redusere innholdet av miljø- og helseskadelige stoffer i materialer og produkter (Europakommisjonen, 2008).

#### **4.4.2 Ombruk**

Ombruk eller gjenbruk innebærer at produkter eller komponenter benyttes om igjen i sin opprinnelige form. Dette kan ofte innebære at produkter må kontrolleres, repareres og rengjøres eller på annen måte forberedes til ombruk (St.meld. 45, 2017).

#### **4.4.3 Materialgjenvinning**

Materialgjenvinning er enhver form for gjenvinning der avfallsmaterialene brukes til å framstille nye stoffer eller løse gjenstander som ikke er avfall (St.meld. 45, 2017).

Eksempelvis kan plastsekker i polypropylen (PP) fra landbruk og havbruk gjenvinnes til granulater som kan brukes til nye produkter som for eksempel møbler, verktøykasser og gulvplater m.m. (Grønt Punkt Norge, 2018). Matavfall og hageavfall kan for eksempel komposteres, gjenvinnes og utnyttes til gjødsel eller jordforbedringsprodukter m.m. (LOOP, 2015).

#### **4.4.4 Energiutnyttelse**

Brenning av avfall for å lage strøm og varmt vann (fjernvarme). Brenner man eksempelvis restavfall erstatter man elektrisitet, olje og gass- forbruk til oppvarming. Man fjerner også miljøskadelige stoffer fra kretsløpet. Brenning av avfall er mer miljøvennlig enn å deponere avfallet, både fordi det blir lavere CO<sub>2</sub>-utslipp og mindre miljøskadelige stoffer i naturen (LOOP, 2015)

#### **4.4.5 Sluttbehandling**

Sluttbehandling innebærer som oftest at avfallet deponeres (lagres) i et godkjent deponi. Dette gjelder avfall som ikke kan gjenvinnes eller brennes til energiutnyttelse. I Norge opereres det med tre typer deponi: deponi for farlig avfall, deponi for ordinært avfall og deponi for inert avfall. Hva som inkluderes i de forskjellige deponiene, er gitt i avfallsforskriften.

### **4.5 Avfallspolitik**

Sammen med føre var prinsippet, vugge til grav-prinsippet, og prinsippet om at forurenser skal betale, utgjør avfallshierarkiet grunnlaget for avfallshåndteringen og avfallspolitikken i Norge. I tillegg gjelder det fra myndighetens side prinsippene om styringseffektivitet,

kostnadseffektiv virkemiddelbruk og at det skal ligge en samfunnsøkonomisk lønnsomhet i grunnen for de virkemidler man velger i avfallspolitikken (St.meld. 45, 2017).

Norges avfallspolitiske mål følger EUs avfallspolitiske mål som igjen tar utgangspunkt i FNs bærekraftsmål. Bærekraftsmål nr. 12: «Sikre bærekraftig forbruks- og produksjonsmønstre» gir sammen med delmål 12.5: «Innen 2030 betydelig redusere avfallsmengden gjennom forbud, reduksjon, gjenvinning og ombruk» føringer for EUs, Norges og resten av verdens avfallspolitikk. Det samme er tilfelle for delmål 12.3: «Innen 2030 halvere andelen matsvinn per innbygger på verdensbasis, både i detaljhandelen og blant forbrukere, og redusere svinn i produksjons- og forsyningskjeden, herunder svinn etter innhøsting», som også er relatert til avfallspolitikk (FN-Sambandet, 2018).

Innenfor EU har man satt følgende overordnede mål for avfallspolitikken:

«Hindre generering av avfall og fremme gjenbruk, resirkulering og gjenvinning, og å redusere negative miljøpåvirkninger (Europakommisjonen, 2005)».

Mer detaljerte mål er satt i EUs rammedirektiv om avfall. Disse målene er også Norge forpliktet til gjennom EØS avtalen. Siste revidering av EUs avfallspolitikk gir følgende spesifikke mål (St.meld. 45, 2017):

- 60 prosent av alt husholdningsavfall og liknende avfall skal forberedes til ombruk eller materialgjenvinnes innen 2025, 65 prosent innen 2030
- Det skal være separat innsamling av biologisk avfall innen 2020
- 70 % av bygg- og anleggsavfall skal forberedes til ombruk eller materialgjenvinnes innen år 2020

Norge har formulert to overordnede mål som er relevante for avfallspolitikken (Miljødirektoratet, 2018):

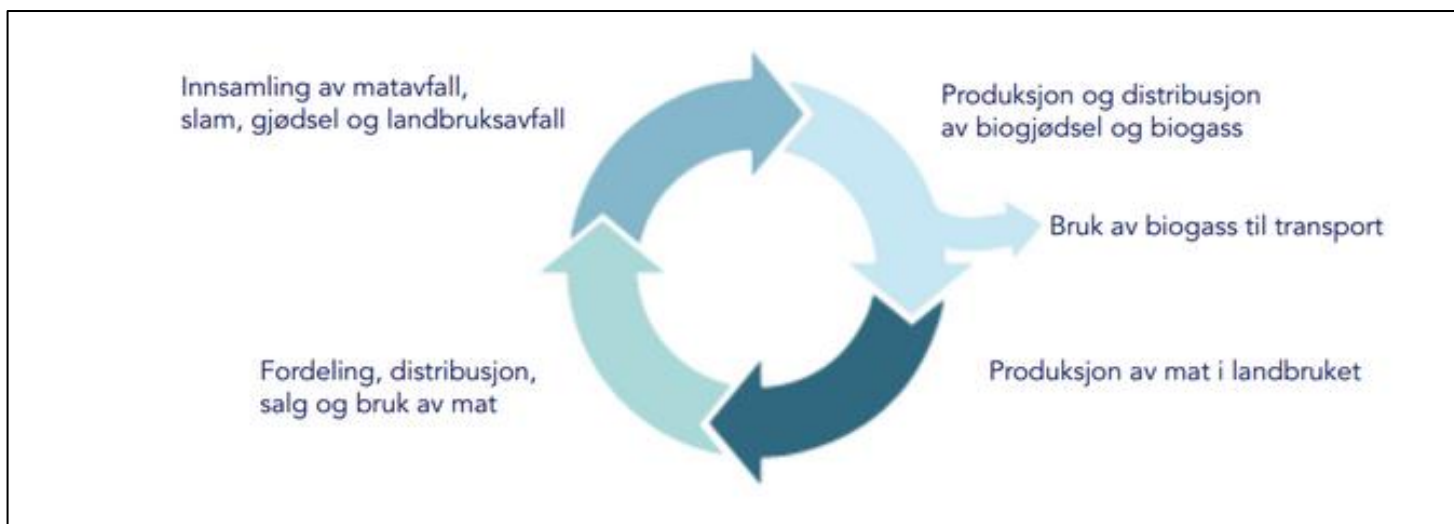
- Mål 4.2: Utslippet av helse- og miljøfarlige stoff skal stanses
- Mål 4.3: Veksten i mengden avfall skal være vesentlig lavere enn den økonomiske veksten, og ressursene i avfallet skal utnyttes best mulig gjennom materialgjenvinning og energiutnyttelse

For vurdering av måloppnåelse er det utviklet noen indikatorer som måles årlig. For mål 4.2 er det mengden farlig avfall med ukjent disponering som måles. For mål 4.3 er det to indikatorer: Total mengde avfall generert pr år sett i forhold til økonomisk vekst målt i BNP og andel avfall som går til kjent behandling (St.meld. 45, 2017).

## 4.6 Organisk avfall

Organisk avfall er nedbrytbart avfall og inkluderer alt avfall som kan gjennomgå en aerob eller anaerob nedbrytning. Dette inkluderer blant annet typisk husholdningsavfall som matavfall, hageavfall, papir, kartong og trevirke (Avfallsforskriften, 2004). I tillegg regnes slam fra avløpsanlegg, husdyrgjødsel (inkludert fiskeslam) og landbruksavfall også som organisk avfall. Matavfall fra husholdninger og næring samt avfall fra næringsmiddelindustrien er det vi kaller våtorganisk avfall (Miljødirektoratet, 2015). I likhet med alt annet avfall skal det organiske avfallet behandles etter prioriteringene i avfallshierarkiet. Men det som likevel skiller organisk avfall fra annet avfall er det faktum at det organiske avfallet ikke kan gjenbrukes. Derfor må dette håndteres fra og med nivå tre i avfallspyramiden, materialgjenvinning. Siden det fra 1. Juli 2009 er innført forbud mot deponering av biologisk nedbrytbart avfall (Avfallsforskriften, 2004), samt at materialgjenvinning er prioritert over forbrenning i avfallshierarkiet, er det derfor fokus på først og fremst materialgjenvinning når det dreier seg om organisk avfall. Det er også et viktig poeng at organisk avfall som går til forbrenning gir en mye dårligere energigevinst enn tilsvarende mengder restavfall.

Materialgjenvinningen av organisk avfall innebærer en eller annen form for biologisk behandling som resulterer i at både næringsstoffer, organisk materiale og energi gjenvinnes. I Norge er det vanlig at næringsstoffene og det organiske materialet tilbakeføres til jorda i form av biogjødsel, mens energien gjerne omdannes til biogass. (Avfall Norge, 2018). En rensset biogass kan deretter utnyttes som drivstoff. Denne omdanningen til gjødsel og biogass og videre bruk av disse produktene kan illustreres gjennom det vi kaller den sirkulære verdikjeden for biologisk materiale. Se Figur 6.



Figur 6. Illustrasjon av den sirkulære verdikjeden for biologisk materiale. Kilde: (Avfall Norge, 2018)

#### 4.7 Klimagassutslipp

Det er uttalt mål at Norske klimagassutslipp skal ned, og at norske klimagassutslipp innen 2020 skal være 30 % lavere enn i 1990. Videre skal Norge bli klimanøytralt innen 2030 og bli et lavutslippssamfunn innen 2050 (St.meld nr. 41, 2017). Materialgjenvinningen av organisk avfall til for eksempel biogjødsel og biogass og videre bruk av biogass i transport vil være et viktig bidrag til at Norge kan oppfylle dette målet. Norske myndigheter har for eksempel gjennom sin nasjonale tverrsektorielle biogasstrategi lagt klare føringer på at utnyttelse av organisk avfall til biogass er ønskelig i et nasjonalt perspektiv (Klima og miljødepartementet, 2014).

Materialgjenvinningen av organisk avfall skal hovedsakelig bidra til reduksjon i klimagassutslipp på fire måter:

1. Gjennom å redusere metan- og lystgassutslipp som oppstår når husdyrgjødsel lagres i gjødselkjeller og når våtorganisk avfall (matavfall) komposteres eller forbrennes
2. Gjennom å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp når biogassen erstatter fossile energikilder som olje, diesel og bensin
3. Gjennom reduksjon av CO<sub>2</sub>- og lystgass-utslipp når biogjødsel erstatter kunstgjødsel
4. Gjennom reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp når torv i jordblandinger kan erstattes med organiske avfallsprodukter

Det organiske avfallets omdanning til biogjødsel og biogass bidrar til reduksjon i klimagassutslipp både under produksjon og ved bruk. Dette innebærer at total

klimagassreduksjon faktisk kan bli større enn det som forventes fra forbrenning av fossile kilder alene, se Tabell 2 (Sletten og Maass, 2013).

Reduksjonen i utslipp av klimagass som oppnås ved at husdyrgjødsel ikke lagres i gjødselkjeller, men kan utnyttes i en biogassreaktor er betydelige, se Tabell 2. For både organisk husholdningsavfall og avfall fra næringsmiddelindustrien er det først og fremst når biogass fra disse erstatter fossilt drivstoff at klimagassreduksjonen skjer. Selve produksjonen av biogass fra disse substratene gir ingen særskilt reduksjon i klimagasser sammenlignet med direkte forbrenning eller kompostering av disse substratene (Sletten og Maass, 2013).

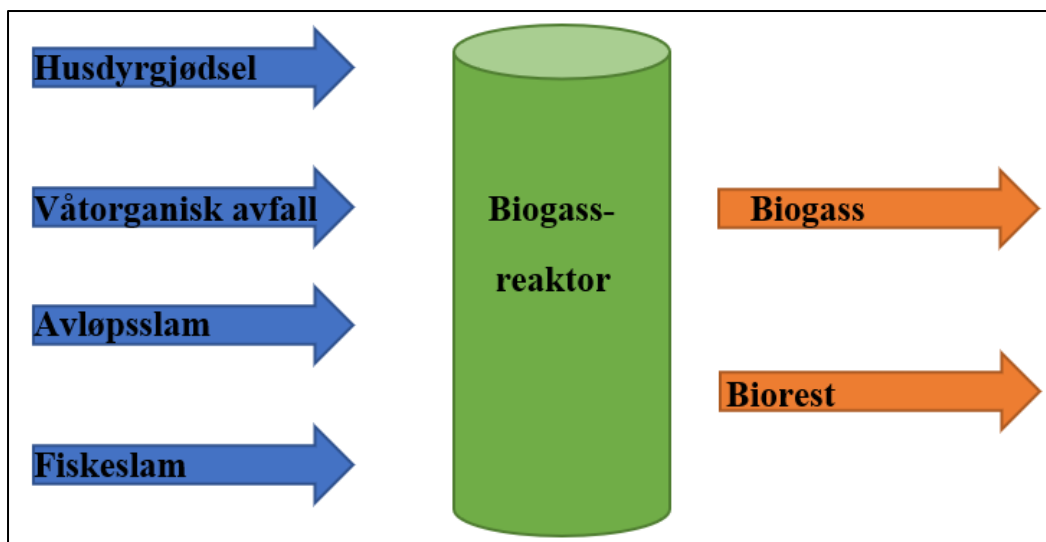
Tabell 2. Reduksjon av livsløpsutslipp ved bruk av biogass produsert av ulike substrat sammenlignet utslipp fra fossile drivstoff. Kilde:(Sletten og Maass, 2013)

<b>Substrat for biogass</b>	<b>Reduksjon i forhold til fossile drivstoff. I prosent</b>
Organisk husholdningsavfall (matavfall)	103
Avfall fra næringsmiddelindustri	119
Husdyrgjødsel	148

#### **4.8 Omdanning til biogass og biogjødsel**

Produksjonen av biogass foregår i anlegg med biogassreaktorer. I hovedsak er det fire typer av organisk avfall som kan benyttes: Husdyrgjødsel, våtorganisk avfall, avløpsslam fra renseanlegg og fiskeslam fra oppdrettsanlegg. Våtorganisk avfall er organisk avfall fra husholdning og næringsliv, der mesteparten består av matavfall. Et enkelt flytskjema er vist i Figur 7.





Figur 7. Skjematisk fremstilling av biogassproduksjon

Utbyttet, altså mengden biogass man får ut av omdanningsprosessen avhenger av sammensetningen av det organiske avfallet. Typisk er det høyere utbytte jo mer organisk tørrstoff som proteiner og fett det er i avfallet. Av de fire nevnte avfallstypene har husdyrgjødsel det laveste utbyttet (Sletten og Maass, 2013), (Ytrestøyl *et al.*, 2013). Se *Behandling av fiskeslam i biogassreaktor er utfordrende da selve biogassproduksjonen kan inhiberes grunnet høye nivå av fettsyrer og for høy organisk belastning. Ved biogassproduksjon på fiskeslam vil det være viktig å finne en lav organisk belastning eller å bruke tid på å bygge opp en bakteriekultur som er tilpasset dette substratet. Fiskeslam har noe bedre biogasspotensiale enn husdyrgjødsel.* (Ytrestøyl *et al.*, 2013).

Tabell 3 for detaljer. Blanding av ulike biogasssubstrater kan også påvirke egenskapene til substratet og gi en mer optimal næringssammensetning. Resultatet av en slik sambehandling kan være at man får et bedre resultat, en mer stabil og robust biogassprosess og et høyere biogassutbytte. Forklaringen på dette er blant annet at et blandet materiale har større forutsetninger for å inneholde alle de komponentene som er viktige for mikroorganismenes tilvekst (Schnürer og Jarvis, 2010). Ifølge østlandsforskning er det fordelaktig å blande inn husdyrgjødsel i biogasssubstratet da dette kan virke stabiliserende på allerede ustabile prosesser, sannsynligvis på grunn av tilførsel av nye mikroorganismer (Modahl *et al.*, 2016).

Fra Sverige har man rapportert en økning i biogassutbytte på 5 % når man blandet avløpsslam og matavfall (Linnè *et al.*, 2008). Ecopro i Norge blander også matavfall og avløpsslam i sitt biogassanlegg. Sannsynligvis har dette en positiv effekt på biogassutbyttet.

Behandling av fiskeslam i biogassreaktor er utfordrende da selve biogassproduksjonen kan inhiberes grunnet høye nivå av fettsyrer og for høy organisk belastning. Ved biogassproduksjon på fiskeslam vil det være viktig å finne en lav organisk belastning eller å

bruke tid på å bygge opp en bakteriekultur som er tilpasset dette substratet. Fiskeslam har noe bedre biogasspotensiale enn husdyrgjødsel. (Ytrestøyl *et al.*, 2013).

Tabell 3. Oversikt over biogassutbytte i noen forskjellige substrater. Kilde:(Sletten og Maass, 2013)

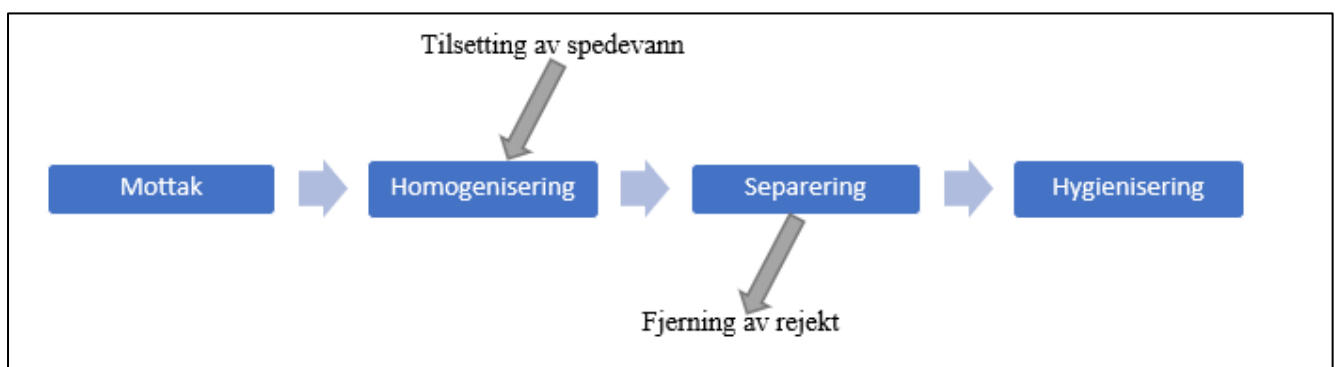
Substrat	Biogassutbytte i m <sup>3</sup> /tonn våtvekt	Metaninnhold i gassen i prosent
Avløpsslam	15	65
Matavfall	204	63
Slakteavfall	93	63
Svinegjødsel	26	63

Det er mange ulike tekniske tilpasninger i de forskjellige biogassanleggene, som blant annet avhenger av hvilken type organiske materiale man mottar. Men for våtorganisk avfall er det i praksis tre prosesser avfallet må gjennom i forbindelse med produksjon av biogass (Marthinsen, 2017), (Fiksen *et al.*, 2016), (Sletten og Maass, 2013):

- Forbehandling
- Råtning i biogassreaktor med danning av bioest og gass
- Sluttbehandling

#### 4.8.1 Forbehandling

Hensikten med å forbehandle våtorganisk avfall er å gjøre substratet rent og fritt for fremmedlegemer samt å gjøre substratet tilgjengelig for mikroorganismene i biogassreaktoren. Typisk består en forbehandling av fire prosesser, se Figur 8.



Figur 8. Illustrasjon av prosesstrinnene i forbehandlingen av våtorganisk avfall (omarbeidet figur fra (Marthinsen, 2017)

Ved mottak av avfall foregår det gjerne en kvalitetskontroll i form av en grovsortering, men ikke alltid. Hovedhensikten med mottaksprosessen er å sørge for at avfallet kan mates videre inn i prosessen.

Homogeniseringen omfatter åpning av poser for matavfall, kverning, nedfelling av avfall og tilsetning av væske (spedevann) for å skille ut uønskete materialer.

Separeringen fjerner uønskete materialer, ofte gjennom flere trinn der ulike materialer som f.eks. metall, glass og plast fjernes. Dette gjøres ved bruk av ulike metoder og utstyr. Pulper, bioseparatorer, skruepresser og hydroykloner er eksempler på utstyr som er svært vanlig i Norge.

Hygienisering er en varmebehandling som fjerner uønskete mikroorganismer. Dette kravet er hjemlet i norsk lov (Animaliebiproduktforskriften, 2016)

Rekkefølgen på de fire trinnene kan variere noe og flere av disse kan også foregå samtidig (Marthinsen, 2017). For avløpsslam og husdyrgjødsel er det ikke nødvendig med en slik forbehandling.

#### **4.8.2 Råtning i biogassreaktor**

Ferdig forbeholdet våtorganisk avfall og ubehandlet avløpsslam og husdyrgjødsel gjennomgår en anaerob nedbrytningsprosess der det organiske materialet brytes ned og blir til biogass og en biomasse som kalles biorest. Denne prosessen foregår i lukkede beholdere og består av tre faser. I første fase blir cellulose, fett og proteiner brutt ned til mindre komponenter (monomerer) via hydrolyse. I andre fase blir disse monomerene videre brutt ned til enkle organiske syrer, alkoholer og karbondioksid. Denne prosessen kalles acetogenese. I siste fase blir så metan produsert (metanogenese) (Raadal, Schakenda og Morken, 2008). Metangass fra metanogenesen og karbondioksid fra acetogenesen utgjør samlet det som kalles biogass.

#### **4.8.3 Sluttbehandling**

Biogassen har i tillegg til karbondioksid og metan små mengder av andre gasser, for eksempel hydrogenulfid. For at denne biogassen skal kunne benyttes som erstatning for fossilt drivstoff må karbondioksid renses ut til et nivå på under 5% (Raadal, Schakenda og Morken, 2008). I biogass som kommer rett fra en reaktor er innholdet av metan 60-65 % og resten er

hovedsakelig karbondioksid. En må altså fjerne opp mot 40 % av totalvolumet av gassen for at denne skal kunne benyttes som brennstoff i et kjøretøy (Fiksen et al., 2016).

Det er hovedsakelig fire metoder som blir benyttet for å rense biogassen (Raadal, Schakenda og Morken, 2008):

1. Vannskrubbing: Absorpsjonsprosess der vann + tilsetningsstoffer absorberer karbondioksid fra biogassen
2. Pressure Swing Absorption (PSA): Absorpsjon sammen med trykk som muliggjør at noen materialer kan absorbere karbondioksid. Materialet Zeolitt blir ofte brukt som absorberingsmiddel
3. Membranteknikk: Man utnytter det faktum at karbondioksid, vann og hydrogensulfid har høyere gjennomtrengningshastighet gjennom en membran enn metan har.
4. Kryogene metoder: De ulike gassene kondenserer ved ulike temperaturer. Ved å avkjøle gassen kan man kondensere ut de ulike gassfraksjonene.

## **4.9 Biorest**

Når biogass produseres i et biogassanlegg får man en organisk biomasse som restprodukt.

Denne avgassete biomassen kalles med en fellesbetegnelse for biorest, eller evt. biogjødsel (Nesheim, 2010). Avhengig av hvilket behandlingsregime og hvilken teknologi som benyttes i biogassanleggene kan bioresten deles inn i fire typer:

1. Biorest/biogjødsel
2. Fast biorest
3. Flytende biorest
4. Oppkonsentrert biorest

Biogjødsel er den ubehandlede organiske resten etter avgassing av biogass. Den inneholder store mengder vann fra homogeniseringsprosessen. Fast biorest er avvannet biogjødsel der vannholdig fraksjon er fjernet. Den faste bioresten blir ofte kompostert og videre benyttet i jordblandinger (Hvitsand og Kleppe, 2011). Det fins også kommersielle gjødsel-produkter som baseres på tørket fast biorest, eksempelvis Minorga® (Andersen, 2014). Fast biorest blir også kalt fiberrest. Flytende biorest eller gjødselvann er den vannholdige fraksjonen som fjernes fra biogjødslet i avvanningsprosessen. Oppkonsentrert biorest er flytende biorest som har blitt oppkonsentrert (Hvitsand og Kleppe, 2011).

Bioresten inneholder mye næringsstoffer i form av nitrogen, fosfor og kalium, men mengden avhenger nødvendigvis av hvilket substrat man tar utgangspunkt i. Generelt gjelder det at når bioresten avvannes vil den vannholdige fraksjonen inneholde mesteparten av det

biotilgjengelige nitrogenet, men den faste fraksjonen vil inneholde mesteparten av fosforet. Ved avvanning får man dermed en separasjon av disse to viktige næringsstoffene (Hvitsand og Kleppe, 2011).

Det er i praksis to vanlige måter å bruke biorest fra biogassproduksjon i Norge i dag: Gjødning i landbruket eller som jordforbedringsprodukt (jordblandinger).

#### **4.9.1 Biorest som gjødning**

Idéen med å benytte biorest som gjødning i landbruket sammenfaller svært godt med den sirkulærøkonomiske tankegangen og med prinsippet i avfallshierarkiet om å gjenbruke materialene fra et avfallsprodukt. Biorest er også vel ansett som et alternativ gjødningprodukt til bruk i landbruket, spesielt gjelder dette for biorest produsert fra matavfall og husdyrgjødning, som regnes som svært ren (Ellingsen og Filbakk, 2016). Det har derfor de siste årene dukket opp flere produkter basert på biorest som kan benyttes som gjødning.

Utover det å gjenbruke materialene eller næringsstoffene i det organiske avfallet, har bruk av biorest som allerede nevnt et klimaaspekt. Bruk av biorest som gjødning vil gi mindre behov for gjødning med kunstgjødning, noe som dermed vil spare miljøet for det utslippet av CO<sub>2</sub> og lystgass som produksjonen av kunstgjødning medfører.

Kvaliteten på bioresten vil variere med hvilket substrat som benyttes som utgangspunkt, og med tanke på dets evner som gjødning er det først og fremst innholdet av plantetilgjengelig nitrogen og fosfor som er viktig. Proteinrikt råmateriale, som eksempelvis matavfall gir høyere ammoniuminnhold (NH<sub>4</sub>) enn for eksempel husdyrgjødning, noe som igjen gir en bedre gjødningverdi.

For konvensjonelt landbruk er det først og fremst tre bruksområder der biorest kan egne seg godt som gjødning (Ellingsen og Filbakk, 2016):

1. Gjødning til kornproduksjon
2. Overgjødning av eng før og etter slått
3. Innblanding av biorest for uttynning av husdyrgjødning

#### **4.9.2 Biorest som komponent i jordblandinger**

Fast biorest kan benyttes som komponent i jordblandinger og jordforbedringsmidler (Brod og Haraldsen, 2017). Ulike jordblandinger har ulike bruksområder og sammensetninger. Det

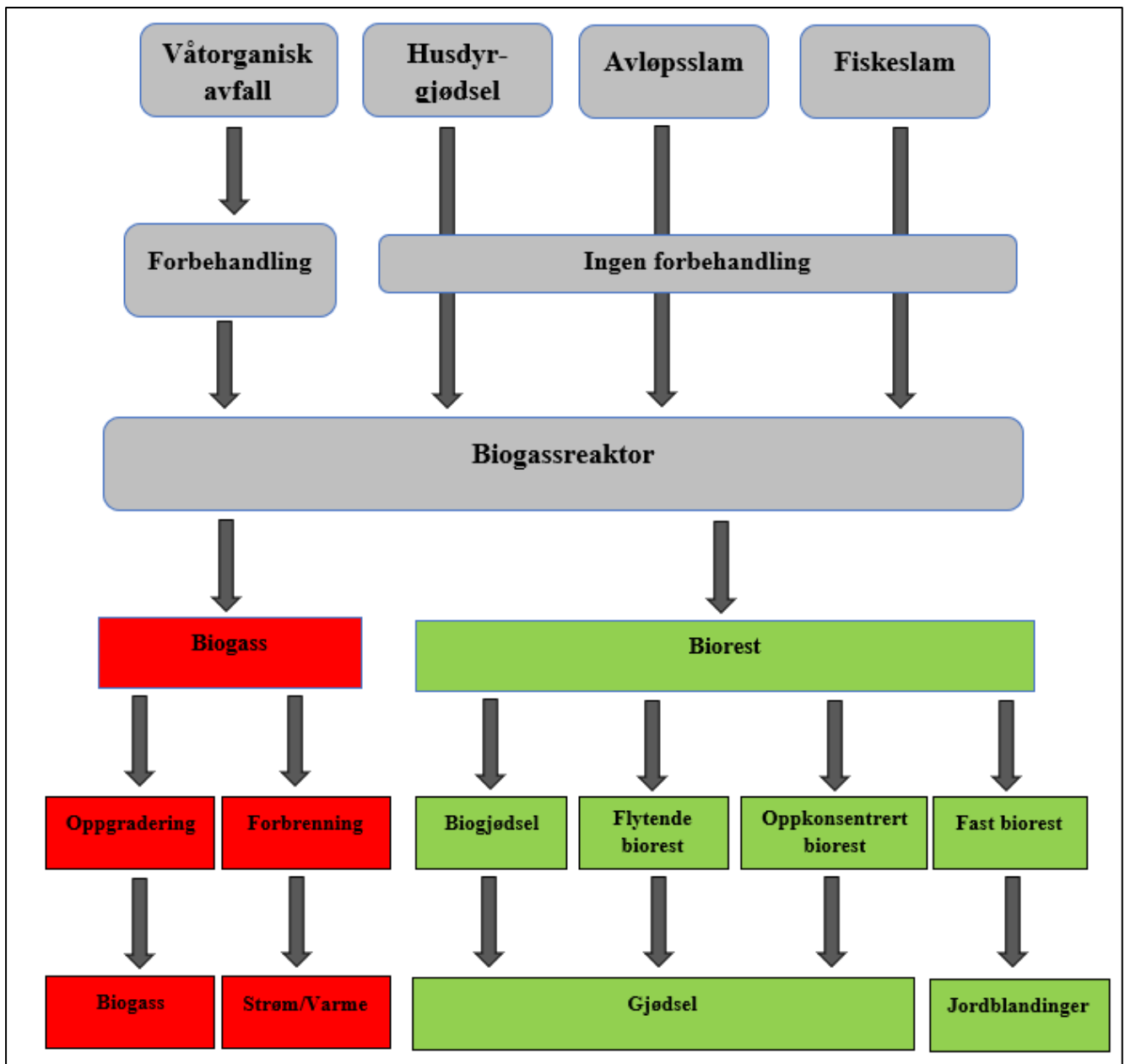
skilles mellom tre hovedtyper av jordblandinger: blandete dyrkingsmedier, jordforbedringsmidler og anleggsgjord.

Et dyrkingsmedium er et produkt av jord, torv og/eller et syntetisk stoff. Hensikten til et dyrkingsmedium er å gi struktur for planterøtter, og kunne erstatte eller supplere jord. Et dyrkingsmedie må derfor ha evnen til å binde vann og næringsstoffer som er viktige for planten. Et dyrkingsmedium kan også inneholde næringsstoffer selv og kan gi struktur til utarmet jord og slik sett bidra til jordforbedring (Bratberg, 2014). Dyrkingsmedier benyttes innenfor gartnerinæringen, til hobbyhagebruk og til dyrking av torvtak (Brod og Haraldsen, 2017)

Jordforbedringsmidler er stoff som tilføres jord eller et annet dyrkingsmedium for å endre kjemiske, fysiske eller mikrobiologiske egenskaper. Hensikten er å forbedre jordens kvalitet slik at den blir bedre egnet som voksested for planter (Bratberg, 2015b). Anleggsgjord er en jordblanding som primært består av mineraljord med innblandet organisk materiale.

Hensikten med anleggsgjorden er å benytte denne til opparbeiding av parker og grøntarealer (Hjellnes Consult, 2017). For å kunne utnyttes som bestanddel i jordblandinger, er det vanlig at fast biorest komposteres sammen med hageavfall eller annet organisk materiale.

Figur 9 viser en forenklet sammenstilling av de vanligste prosesser og produkter man får ved behandling av organisk avfall for biogassproduksjon.



Figur 9. Flytskjema for prosessen fra organisk avfall til sluttprodukt

#### 4.10 Torv

I alle de nevnte jordblandingene i 4.9.2 er torv den dominerende bestanddelen (Lindhahl, 2015). Det er uklart hvor mye torv som hvert år høstes fra norske myrer for å brukes i jordblandinger, men Lindahl (2015) anslår at det i 2014 ble solgt 176 000 m<sup>3</sup> torv i jordblandinger til norske forbrukere noe som tilsvarer ca ¼ av totalt torvuttak i Norge.

I Norge er det vedtatt mål om å beskytte våtmarker og hindre unødvendig uttak av torv. En av årsakene til dette er at torv anses for å være ett godt karbonlager, og uttak av torv bidrar til

økte klimagassutslipp. Torv er en akkumulering av nedbrutt organisk materiale som dannes under anoksiske forhold i myrer. Under denne prosessen, som kalles fortorving, lagres karbon (CO<sub>2</sub>) i det plantematerialet som blir til torv (Bratberg, 2015a). Når torva så graves ut stopper opptaket av karbon til torva. Drenering av myr senker vannspeilet og bidrar til økte CO<sub>2</sub>-utslipp fra myra. Når denne torva tilsettes i jordprodukter brytes den ned over tid og CO<sub>2</sub> frigjøres (Boldrin *et al.*, 2010). Uttak av torv bidrar dermed til både økte CO<sub>2</sub>-utslipp og lavere CO<sub>2</sub>-opptak. Det er derfor et godt klimatiltak å unngå bruk av torv i jordblandinger og erstatte torv med andre produkter, for eksempel bioest.



## **5. Analyse**

Dette kapittelet vil drøfte hvilke kriterier som må oppfylles for at bioresten skal kunne benyttes som gjødsel og som en komponent i jordblandinger (dyrkingsmedier og anleggsgjord). Det vises til forskning som er utført for å se på egnethet og det vil bli diskutert hvilke utfordringer som fins. Det blir også trukket inn lokale eksempler der dette er relevant.

### **5.1 Biorest som gjødsel**

#### **5.1.1 Krav til organisk-baserte gjødsler i lovverket**

For at biorest skal kunne benyttes som gjødsel i konvensjonelt landbruk må produktet oppfylle produktkravene i forskrift om organisk gjødsel. Biorest til bruk i økologisk landbruk må i tillegg oppfylle produktkravene i økologiforskriften. Det settes ikke krav til minimums- eller maksimumsinnhold av nitrogen eller fosfor i gjødsel til bruk i verken konvensjonelt landbruk eller økologisk landbruk, men det er et overordnet krav til hvor mye nitrogen man kan benytte i forhold til spredeareal og gjødseldyreenheter (GDE). For sårbare områder som dekkes av EUs nitratdirektiv er det pr tid satt en begrensning på 170 kg N per hektar (Forskrift om husdyrgjødsel, 2002).

Behandling av avfall og produksjon av gjødsel i biogassanlegg reguleres gjennom animaliebioproduktforskriften, der det blant annet stilles krav om hygienisering. Kvalitet, lagring og anvendelse av gjødselen reguleres av enten gjødselvareforskriften eller økologiforskriften.

Både økologiforskriften og forskrift om økologisk landbruk setter eksplisitte krav til maksimalt innhold av tungmetaller (se Tabell 4). For miljøgifter, plantevernmidler o.l. er det ingen eksplisitte krav til maksimumsinnhold, men man skal ifølge §2 i forskrift om organisk gjødsel «vise aktsomhet og treffe rimelige tiltak for å begrense og forebygge at produktet inneholder organiske miljøgifter, plantevernmidler, antibiotika/kjemoterapeutika eller andre miljøfremmede organiske stoffer i mengder som kan medføre skade på helse eller miljø ved bruk».

Tabell 4. Krav til maksimalt innhold av tungmetaller i organisk gjødsel til bruk i konvensjonelt eller økologisk landbruk

Kvalitetsklasser	0	Økologisk landbruk	I	II	III
	<b>Mg/kg tørrstoff</b>				
Kadmium (Cd)	0,4	0,7	0,8	2	5
Bly (Pb)	40	45	60	80	200
Kvikksølv (Hg)	0,2	0,4	0,6	3	5
Nikkel (Ni)	20	25	30	50	80
Sink (Zn)	150	200	400	800	1500
Kobber (Cu)	50	70	150	650	1000
Krom (Cr)	50	70	60	100	150
Sekssverdig krom	-	0	-	-	-
Plast, glass og andre fremmedlegemer > 4mm	0,5 % av TS		0,5 % av TS	0,5 % av TS	0,5 % av TS

Videre er det krav om at tungmetallinnholdet i jorda ikke skal overstige visse grenseverdier (oppført i Tabell 5). Om nivåene av tungmetall i jorda overstiger verdiene i Tabell 5 kan det ikke benyttes gjødsel basert på organisk avfall (Mattilsynet, 2017). Gjennomsnittlige verdier målt i jord i Norge er angitt i høyre kolonne i Tabell 5 (VKM, 2017).

Tabell 5. Krav til maksimalt innhold av tungmetaller i jord

Tungmetaller	Maksimalt innhold i dyrket jord (mg/kg tørrstoff)	Gjennomsnittlige verdier målt i jord i Norge (mg/kg <sup>-1</sup> )
Kadmium (Cd)	1	0,6
Bly (Pb)	50	23,9
Kvikksølv (Hg)	1	0,047
Nikkel (Ni)	30	21,1
Sink (Zn)	150	71,1
Kobber (Cu)	50	19,2
Krom (Cr)	100	27,1

Kvalitetsklassen bestemmer hvor stor mengde gjødsel som kan spres og om gjødselen kan spres på jordbruksarealer. Kvalitetsklasse III kan ikke benyttes på jordbruksarealer. Kvalitetsklasse II og I kan benyttes på jordbruksarealer men har bruksbegrensninger. Kvalitetsklasse 0 har ikke andre bruksbegrensninger enn plantenes behov for næringsstoffer (Tabell 6).

Tabell 6. Oversikt over kvalitetsklasser og bruksbegrensninger for organisk basert gjødsel

Kvalitetsklasse	Lovlig bruk	Begrensning
0	Jordbruksareal, private hager, parker og grøntarealer o.l.	Må ikke overstige plantenes næringsbehov
I	Jordbruksareal, private hager, parker og grøntarealer o.l.	Maksimalt 4 tonn tørrstoff pr dekar pr 10 år. Maksimalt 5 cm tykkelse
II	Jordbruksareal, private hager, parker og grøntarealer o.l.	Maksimalt 2 tonn tørrstoff pr dekar pr 10 år. Maksimalt 5 cm tykkelse.
III	Grøntarealer o.l.	Maksimalt 5 cm tykkelse hvert 10.år. Maksimalt 15 cm tykkelse hvis brukt som toppdekke på avfallsfyllinger

Under produksjon av biogass tilsettes det organiske avfallet mye vann for å gi optimale vekstbetingelser for de mikroorganismene som skal bryte ned det organiske materialet og danne biogass. Tørrstoffinnholdet i denne massen er typisk på rundt 5% (Ellingsen og Filbakk, 2016), men mengden organisk materiale og tørrstoff reduseres ytterligere i prosessen slik at typisk tørrstoffinnhold i biorest er under 5 %. I prosessen øker konsentrasjonene av næringsstoffer og tungmetaller i forhold til tørrstoffinnhold. Biorest vil dermed ha høyere konsentrasjoner av tungmetaller og næringsstoffer i forhold til tørrstoffinnholdet enn for eksempel kompost av matavfall (Hvitsand og Kleppe, 2011). Måler man derimot tungmetallinnholdet i forhold til nitrogenmengde (gjødseffekt), vil biorest ha lavere konsentrasjoner for metallene kobber, sink og kadmium enn andre organiske gjødselvarer. Nivåene av nikkel, bly og krom er også lave sammenlignet med andre organiske gjødselvarer (RVF Utveckling, 2005), se Tabell 7.

Hvis man da gjødsler etter plantenes behov for nitrogen vil biorest tilføre mindre tungmetaller til jorda enn for eksempel kompost fra matavfall. En gjødsling etter plantenes behov vil også være i tråd med regelverket.

Tabell 7. Innhold av tungmetaller i mg/kg N i ulike biogjødsler fra (RVF Utveckling, 2005)

Tungmetall	Kompost	Biogjødsel	Avløpsslam	Svinegjødsel	Storfegjødsel
	mg/kg N				
Cu	3400	350	4330	1400	760
Zn	10300	1100	6200	6310	4150
Cd	21	2	9	3	4
Ni	440	60	150	40	70
Pb	1200	50	210	10	40
Cr	810	130	180	170	60

Dette kravet til tungmetallkonsentrasjon i forhold til tørrstoffinnhold er en utfordring, og da spesielt for bruk i økologisk landbruk. Om nivået av ett tungmetall er over grenseverdien, kan ikke bioresten benyttes som gjødsel i økologisk landbruk. Likevel vil de mengdene tungmetaller som tilføres til jorda være beskjedne om man gjødsler etter nitrogenbehov, og man står da heller ikke i fare for å overstige kravene i lovverket (Hvitsand og Kleppe, 2011).

I økologisk landbruk er potensialet for omsetning av biorest sannsynligvis ganske stor. Det fins en del husdyrsløse økologiske bruk som dyrker korn i vekstskifte med ett- og toårige gressenger. Gresset benyttes som grønngjødsel, og pløyes ned året før det dyrkes korn (Ellingsen og Filbakk, 2016). Biorest vil dermed være velegnet som gjødsel for slike bruk. Bruk av grønngjødsel kan gi avrenninger av nitrogen samt utslipp av lystgass på grunn av at betydelige deler av nitrogenet i grønngjødselen frigjøres utenfor vekstsesongen. Erstatning av grønngjødsel med biorest kan dermed bidra til lavere utslipp av lystgass (Grønlund og Harstad, 2014) og mindre avrenning av nitrogen.

Biorest fra organisk avfall kan i mange tilfeller ikke kunne benyttes som gjødsel til økologisk landbruk pga. for høyt innhold av tungmetaller, spesielt sink og kobber. To eksempler på dette er biorest fra Ecopro i Trøndelag (Ecopro, 2009, 2017) og biorest fra Mjøsanlegget på Lillehammer (Valeur, 2011). I disse målingene hadde biorestene høyere verdier av sink enn det som er tillatt i økologisk landbruk. Bioresten fra Mjøsanlegget hadde i noen tilfeller også for høye konsentrasjoner av kadmium og kobber. Verdiene fra disse biorestene skiller seg ikke vesentlig fra biorester fra andre produsenter.

Biorest laget av fiskeslam har også for høyt tungmetallinnhold til å kunne anvendes som gjødsel i økologisk landbruk. Dette gjelder spesielt for metallene kadmium og sink. I en undersøkelse foretatt av NIBIO i 2016 hadde biorest basert på 40 % fiskeslam og 60 % husdyrgjødsel en konsentrasjon av kadmium på 1,7 mg/kg tørrstoff og en konsentrasjon av sink på 990 mg/kg tørrstoff (Brod, Haraldsen og Krogstad, 2016). Denne sinkkonsentrasjonen tilsvarer kvalitetsklasse III og en slik biorest kan da ikke heller benyttes som gjødsel i konvensjonelt landbruk. For biorest fra fiskeslam vil det også være gunstig med tanke på bruk i konvensjonelt landbruk at tungmetallkonsentrasjonene blir målt i forhold til gjødseffekt og ikke tørrstoffinnhold. Eksempelvis var innholdet av kadmium og sink i ubehandlet fiskeslam (før biogassproduksjon) innenfor kvalitetsklasse I og II i det nevnte forsøket til NIBIO. Ubehandlet fiskeslam har høyere tørrstoffinnhold enn biorest fra samme produkt og får dermed lavere tungmetallkonsentrasjoner i forhold til mengden tørrstoff.

At mengdene tungmetaller overstiger krav i lovverket trenger likevel ikke å være et miljøproblem. Undersøkelser av biorest fra Mjøsanlegget på Lillehammer viser eksempelvis at mye av innholdet av tungmetallene kadmium, sink og kobber er partikkelbundet og derfor ikke tilgjengelig for opptak i planter. Men det er usikkert om denne bindingen vedvarer når det organiske materialet i bioresten brytes ned etter at denne er tilsatt jordbruksjord (Valeur, 2011).

Plast, glass og andre fremmedlegemer som er over 4 mm i størrelse skal ifølge § 10 i gjødselvereforskriften holdes under en total mengde på 0,5 % av tørrstoffinnholdet. Undersøkelser av tre biogassanlegg utført i Norge viser at biogasssubstratet har et innhold av fremmedlegemer godt innenfor denne grenseverdien, men siden tørrstoffmengdene reduseres i forråtnelsesprosessen i en biogassreaktor øker prosentandelen fremmedlegemer betydelig i den endelige bioresten. I undersøkelsen utført av mepex consult ble det eksempelvis tatt prøve av biorest fra ett anlegg. Denne viste en betydelig høyere prosentandel fremmedlegemer i biorest sammenlignet med målt nivået i biogasssubstratet. Men i dette tilfellet var ikke økningen høy nok til å overstige grenseverdien på 0,5 % (Marthinsen, 2017). I praksis vil det likevel være slik at et biogasssubstrat som inneholder mer enn 0,3 % fremmedlegemer pr kg tørrstoff vil få for høye andeler fremmedlegemer i ferdig biorest hvis man regner en omdanningsgrad på tørrstoff på 70 %.

Noen av biogassanleggene i Norge, blant annet allerede nevnte Ecopro, benytter avløpsslam i tillegg til våtorganisk avfall i biogasssubstratet. Dette medfører at bioresten får noen bruksbegrensninger. Det er nemlig forbud mot å spre produkter som inneholder slam på arealer der det dyrkes grønnsaker, poteter, bær eller frukt. Det er heller ikke mulig å bruke slam på eng eller i gartnerier (Forskrift om organisk gjødsel, 2003). Videre er det slik at hvis man bruker produkter som inneholder avløpsslam medfører dette en varslingsplikt til kommunale myndigheter om hvilke mengder man skal bruke, hvilken sammensetning produktet har, og størrelsen og type areal det skal brukes på. Brukere skal også vurdere hvilken innvirkning produktet kan ha på de jordbruksfaglige, forurensningsmessige, sikkerhetsmessige, helsemessige og hygieniske forhold ved bruken av det. Enhver som disponerer avløpsslam skal innføre og etterleve en internkontroll etter kravene i forskrift om miljørettet helsevern (Miljødirektoratet, 2014).

Det er åpenbart at bruk av avløpsslam krever mer administrasjon enn om man benytter biorest fra våtorganisk avfall. Til tross for dette er avløpsslam svært populært som gjødsel i norsk landbruk, og 95 % av slammet fra offentlige renselanlegg benyttes i dag på enten jordbruksarealer (2/3) eller i grøntanlegg (1/3) (Olsen, 2018).

### **5.1.2 Biorestens egnethet som gjødsel**

Det er ønskelig å utnytte energien og næringsstoffene i matavfall og annet organisk avfall på en effektiv måte. Biorest inneholder mye plantenæring først og fremst i form av nitrogen og fosfor. Det er derfor ikke så overraskende at biorest kan fungere som gjødsel i landbruket.

Både i Norge og Sverige er det utført forskning som dokumenterer at biorest egner seg som gjødsel. I Sverige er biorest benyttet i feltforsøk som gjødsel for hvete, havre, bygg, mais, potet og sukkerroer med godt resultat. En sammenligning av nitrogeneffekten for biorest mot nitrogeneffekten for kunstgjødsel viste en effekt på 68-146 % avhengig av type avling. Nitrogeneffekten for potet og sukkerroer var 98-146 %, for bygg var den 68-112 % og for hvete var den 69-109 %) (RVF Utveckling, 2005). Disse undersøkelsene var utført ved bruk av biogjødsel, altså den ubehandlede resten etter avgassingsprosessen (se kapittel 4.9).

I Norge er det utført feltforsøk med bruk av biorest fra Mjøsanlegget og HRA (Hadeland og Ringerike Avfallsselskap) på avlinger av bygg, havre og hvete (Kristoffersen og Skretting, 2015). Biorest fra IATA (Indre Agder og Telemark Avfallsselskap) er undersøkt i pottforsøk med økologisk grasavl (engsvingel) (Havstad og Steensohn, 2011). I feltforsøkene ble det dokumentert at plantenes vekst ved bruk av biorest var nært opp til den samme som ved bruk av kunstgjødsel, mens det i pottforsøk med engsvingel ble konkludert med at biorest hadde en gjødselvirkning fullt på høyde med eller bedre enn gjødselvirkningen til kunstgjødsel. I feltforsøkene ble det benyttet det som forfatterne har kalt flytende biorest. Det antas at det med dette er ment den avvannede fraksjonen som skilles fra den faste fraksjonen i en avvanningsprosess. I pottforsøkene ble det også benyttet flytende biorest. Også her må det antas at dette dreier seg om den avvannede fraksjonen.

Bioresten fra Ecopro, som inneholder avløpsslam, har også vært prøvd ut i feltforsøk med bygg i Steinkjer og Skatval. Resultatet fra denne undersøkelsen viste at denne bioresten gav en betydelig gjødsleffekt på veksten av bygg, men effekten var noe lavere enn for kunstgjødsel alene (Forbord og Brønstad, 2012).

Biorest fra fiskeslam har blitt undersøkt i et potte- og inkuberingsforsøk med byggplanter (Brod, Haraldsen og Krogstad, 2016) og ubehandlet fiskeslam er undersøkt i et potteforsøk med raigras (Ytrestøyl *et al.*, 2013) I forsøkene med byggplanter ble det funnet at biorest fra fiskeslam hadde en gjødseleffekt nesten på samme nivå som kunstgjødning. Dette var for biorest fra fiskeslam blandet med biorest fra husdyrgjødning i forhold 40:60. For biorest der fiskeslam og husdyrgjødning var i forhold 20:80 var det derimot nesten ingen gjødseleffekt sammenlignet med byggplanter som ikke ble gjødslet i det hele tatt. I forsøk med raigras hadde fiskeslam en lavere gjødseleffekt enn ugjødslete planter og planter gjødslet med husdyrgjødning. Den lave gjødseleffekten var sannsynligvis et resultat av høye ammoniumkonsentrasjoner i jorda der det ble gjødslet med fiskeslam.

Det disse ulike gjødselforsøkene med biorest viser, er at biorest kan være effektivt som gjødning for flere avlingstyper. Gjødseleffekten til biorest kan i stor grad bestemmes av innholdet av mineralisert nitrogen (Kristoffersen og Skretting, 2015; Brod, Haraldsen og Krogstad, 2016). Nitrogenet i bioresten utnyttes nesten like bra som for kunstgjødning, men siden noe nitrogen er organisk bundet vil bioresten frigjøre nitrogen noe tregere enn tilsvarende for kunstgjødning. Dette kan gi tregere plantevekst. Men dette vil igjen avhenge av både temperatur og fuktighet. I våte år kan det være en fordel om korn vokser saktere, for da kan stråets styrke forbedres (RVF Utveckling, 2005). For konvensjonelt landbruk kan likevel ikke biorest fullt ut erstatte kunstgjødning, og NIBIO anbefaler en kombinasjon av biorest og kunstgjødning for å dekke det totale nitrogenbehovet til plantene bedre (Kristoffersen og Skretting, 2015).

Biorest inneholder lite fosfor sammenlignet med mineralgjødning. For å ta hensyn til dette, må man ifølge Ellingsen og Filbakk (2016) tilleggsgjødsle med en fosforrik gjødning for å tilfredsstille plantenes behov. Dette medfører at biorest er best egnet på jord med allerede høyt fosforinnhold. Typiske områder er steder som over lengre tid har vært gjødslet med husdyrgjødning (Kristoffersen, Skretting og Haraldsen, 2011). Fosformengden i biorest kan derimot økes om man også tar med den faste biorest-fraksjonen i gjødningproduktet. Dette er fordi at fosfor i større grad er partikkelbundet enn fritt tilgjengelig i et biorestprodukt. Når man så skiller fast biorest fra flytende biorest ender mesteparten av fosforet opp i den faste delen (Hvitsand og Kleppe, 2011).

Ecopro benytter i tillegg til våtorganisk avfall også kloakkslam i sitt biogassubstrat. Ved rensing av kloakk benyttes det ofte fellingskemikalier i form av jern, aluminium og kalsium. Bruk av disse bidrar til å gjøre fosfor mindre biotilgjengelig for planter. I tillegg benyttes det

ofte kalk i slambehandlingen. Dette bidrar også til lavere biotilgjengelighet (Bøen, 2010; Øgaard og Bøen, 2012). Denne effekten ble ikke diskutert i undersøkelsen fra Forbord og Brønstad, så om denne effekten er til stede i Ecopros produkter og hvor stor den evt. måtte være, er usikkert.

En annen ulempe ved å tilsette slam i biogassubstratet er at da kan ikke sluttproduktet benyttes innenfor økologisk landbruk, der det er forbud mot bruk av både avløpsslam og fiskeslam (Mattilsynet, 2018). Avløpsslam kan heller ikke brukes på arealer der det dyrkes potet, bær eller frukt. Det er også forbud mot å bruke avløpsslam på eng eller i gartnerier (Forskrift om organisk gjødsel, 2003). Disse regelverket for bruk av avløpsslam medfører at biorest fra Ecopro og andre anlegg som benytter avløpsslam i biogassubstratet får et begrenset anvendelsesområde. Potensialet for bruk av biorest som gjødsel i økologisk landbruk er sannsynligvis stort (Ellingsen og Filbakk, 2016), og det vil derfor være en god strategi å satse på produksjon av biorest som ikke tar utgangspunkt i avløpsslam. Men i et slikt scenario må biogassproduksjon fra slam og biogassproduksjon fra avløpsslam skilles fra hverandre, noe som innebærer to separate produksjonslinjer og dermed større investeringer.

Bioresten kan ha for lav pH til å egne seg som gjødsel. pH-verdi på biorest er godt innenfor den basiske delen av pH-skalaen. For jordblandinger er en pH-verdi over 6,5 ikke å anbefale da dette kan gi en immobilisering av næringsstoffer og dermed også mindre opptak i planter (Brod og Haraldsen, 2017). Hvis biorest benyttes som gjødsel slik at pH-verdien i jorda blir over 6,5 må en kunne anta at immobilisering av næringsstoffer kan bli en utfordring. Se for øvrig kapittel 5.2.2 og 5.2.3.

## **5.2 Biorest og andre organiske avfallsprodukter som bestanddel i jordblandinger**

### **5.2.1 Krav i lovverk**

For dyrkingsmedier og jordblandinger med organisk opphav gjelder det samme lovverket som for gjødsler av organisk opphav. Men i tillegg til kravene til innhold av tungmetaller og fremmedlegemer (se Tabell 4), samt miljøgifter, plantevernmidler osv. gjelder det også at produktet skal være godt egnet til dyrking av planter og ikke må ha veksthemmende effekt (Forskrift om organisk gjødsel, 2003). Dette innebærer at næringsstoffene må være balanserte.



For store mengder fosfor i en jordblanding kan for eksempel gi en veksthemmende effekt. For jordblandinger gjelder det også et generelt krav om at de ikke kan inneholde mer enn 30 vol % av et produkt med organisk opphav. Et slikt krav vil åpenbart være til hinder for å fullt ut kunne erstatte torv med organiske avfallsprodukter og gir videre et insentiv til å finne andre ikke-organiske produkter å blande ut biorest med.

Organiske avfallsprodukter i jordblandinger har de samme inndelingene i kvalitetsklasser som organiske baserte gjødsler og jordblandinger med avløpsslam har de samme restriksjoner som gjødsel basert på avløpsslam, se kapittel 5.1.1.

## 5.2.2 Andre krav til jordblandinger

Hvilke krav og kvalitet som må stilles til jordblandinger avhenger av bruksområde. For dyrkingsmedier som skal benyttes i gartnerinæringen er det viktig at disse er pålitelige og kvalitetssikrede. En feilslått produksjon kan potensielt gi store økonomiske tap. For dyrkingsmedier og jordblandinger som for eksempel benyttes til hobbyhager stilles det noe mindre krav. Hvordan man vurderer kvaliteten på produktet vil være avhengig av mange faktorer. Ulike kvaliteter som kan vurderes er oppsummert i Tabell 8 (Schmilewski, 2008).

Tabell 8. Egenskaper i jordblandinger som er bestemmende for kvalitet (Schmilewski, 2008)

Fysiske krav	Kjemiske krav	Biologiske krav	Økonomiske krav
Struktur og strukturell stabilitet	pH	Ugress, frø, og levedyktige plantediasporer	Tilgjengelighet
Vannkapasitet	Næringsinnhold	Patogener	Grad av vedvarende kvalitet
Luftkapasitet	Organisk materiale	Skadedyr	Kultiveringsteknikk
Massetetthet	Skadelige substanser	Mikrobiell aktivitet	Plantenes behov
Fuktbarhet	Bufferkapasitet	Holdbarhetstid ved lagring	Pris

Når det gjelder fysiske egenskaper bør optimalt sett et dyrkingsmedium til bruk i gartnerinæringen ha > 85 % porevolum, 20-30 % luftkapasitet, og 60-70 % total vannlagringsevne. I tillegg bør mediet ha god strukturell kapasitet og en tetthet under 300 kg m<sup>-3</sup>. Når det gjelder kjemiske egenskaper gjelder det først og fremst å ha optimal pH og ikke for høy ledningsevne slike at man kan tilpasse gjødsling etter plantenes behov. Slik sett er det

en fordel at jordblandingen ikke inneholder mye næringsstoffer slik at man unngår at det frigjøres næring fra mediet. pH i en jordblanding bør ligge under 6,5. Når pH-verdien stiger over 6,5 kan opptak av mikronæringsstoffer som jern og bor være begrenset. Biologiske krav innebærer at mediet ikke er forurenset med miljøgifter, ugrasfrø, patogener m.m. (Brod og Haraldsen, 2017).

For dyrkingsmedier til bruk i hobbyhager o.l. må produktet egne seg til dyrking i potter, plantekasser, krukker o.l. Det stilles ikke like strenge fysiske krav til dyrkingsmedier som skal benyttes av hobbyhagebrukere som det gjør til dyrkingsmedier som benyttes i gartnerinæringen.

Anleggsjord benyttes i stor grad til grøntanlegg hvor jordblandingen først og fremst skal ligne på forholdene i naturen. Det innebærer at det skal være et lag med organiske materiale på toppen av jorda (moldlag). Det organiske topplagets størrelse vil variere med geografi, men et topplag tilsvarende 5% vekt organisk materiale er ofte brukbart. Strukturen nedover i mineraljordlaget vil i størst grad bestemme de fysiske egenskapene til jorda. For stor innblanding av organisk materiale kan over tid føre til at anleggsjorda synker sammen med det resultat at jorda blir tettere og får dårligere infiltrasjonsegenskaper.

Torv er svært velegnet som bestanddel i jordblandinger og sørger for at disse får en god kvalitet. God jordkvalitet er viktig for å sikre at næringsstoffer fordeles til planter og at utvasking ikke skjer. Først og fremst bidrar torva til vannlagring, struktur og porøsitet. Torv har lav pH og inneholder ikke næring. Derfor frigjøres det heller ikke næringsstoffer fra dyrkingsmedium som domineres av torv. Dette gjør det enklere å tilpasse gjødslingen i forhold til hvilke planter man skal dyrke. Grunnet liten biologisk aktivitet i torv blir heller ikke nitrogen immobilisert (Brod og Haraldsen, 2017)

Torv inneholder heller ingen miljøgifter, er ugressfri og sykdomsfri. Ifølge Hjellnes Consult (2017) er også prisen for torv lavere enn for alternativene, for eksempel biorest.

Torv benyttes i følgende typer jordblandinger:

- Dyrkingsmedier og jordforbedringsprodukter for private forbrukere
- Dyrkingsmedier og jordforbedringsprodukter for proffmarkedet – gartneri og hagebruk
- Anleggsjord som brukes i parker og grøntanlegg

### 5.2.3 Organiske avfallsprodukters egnethet som tilsetning i dyrkingsmedier til gartnerinæringen

Ifølge NIBIOs gjennomgang av miljøvennlige jordblandinger er det flere utfordringer ved å bruke organiske avfallsprodukter, heriblant biorest til dyrkingsmedium (Brod og Haraldsen, 2017):

- Organiske avfallsprodukter har dårligere evne til å holde på vann og drenere bort vann.
- Organiske avfallsprodukter kan utsettes for mikrobiell nedbrytning og dermed er det en risiko for at volum enten kan minke eller øke og påvirke strukturabiliteten i jorda
- Organiske avfallsprodukter som har et høyt C/N forhold og utsettes for mikrobiell nedbrytning kan føre til at nitrogen blir immobilisert og dermed får plantene nitrogenmangel
- De fleste organiske avfallsprodukter har høyere pH enn torv. Næringsstoffenes biotilgjengelighet avtar med økende pH og allerede ved  $\text{pH} > 6,5$  kan opptak av mikronæringsstoffer som jern og bor være begrenset
- Høye saltkonsentrasjoner kan være et problem i næringsrike materialer som matavfallskompost eller biorest. Høye saltkonsentrasjoner kan igjen gi sviskader på plantene og utfordringer med å få tilpasset gjødslingen etter kulturplantenes behov
- Ubalanserte næringsstoffinnhold kan føre til avrenning og dermed skape nye, utilsiktede miljøutfordringer når torv erstattes med næringsrike torverstatninger  
Typisk inneholder organiske næringsrike produkter for mye fosfor sammenlignet med nitrogen og plantenes behov
- Organiske avfallsprodukter kan inneholde for mye forurensninger som tungmetaller, plast, glass osv.

pH-verdiene i organiske avfallsprodukter er mye høyere enn i torv. Ecopro oppgir eksempelvis en pH-verdi på 8,5 i sin flytende biorest (Ecopro, 2017). Typiske verdier for kompostert organisk avfall i Tyskland er oppgitt til 8,6 (Schmilewski, 2008). Biorest basert på fiskeslam og husdyrgjødsel hadde en pH mellom 8,3 og 8,4 (Brod, Haraldsen og Krogstad, 2016). Disse pH-verdiene er i utgangspunktet så høye at en må forvente en immobilisering av næringsstoffer i jordblandinger der mesteparten består av biorest og/eller andre organiske avfallsprodukter. Ifølge Schmilewski (2008) er en slik pH-verdi ikke-kompatibel med plantevekst og man må følgelig blande inn materialer med lavere pH for å få et vekstmedium som planter kan vokse i. Torv er ekstremt godt egnet til dette.

Organiske avfallsprodukter har blitt undersøkt for å finne ut om disse kan erstatte torv i jordblandinger. NIBIO har forsket på om innblanding av kompostert grønnsaksavfall og

husdyrgjødsel i vekstmedier har hatt innvirkning på veksten til vårløk og salat. Samme institusjon har også undersøkt veksten til oppal av jordbærplanter i vekstmedium med innblandet matavfallskompost, samt også forsøk med kompost av fast biorest i vekstmedium for raigras (Brod og Haraldsen, 2017). Nesse (2017) undersøkte i en masteroppgave veksten til tomat og salat i jordblandinger basert på biorest innblandet med papirslam og koksofiber og sammenlignet disse med vekst i jordblandinger bestående av torv. Herrera m.fl. (2008) undersøkte veksten til tomat i vekstmedier med ulike innblandinger av matavfallskompost.

Vekstforsøkene viser at det er den del utfordringer med å skulle erstatte torv med et organisk avfallsprodukt, inkludert biorest. NIBIO viste i forsøket sitt med en gradvis innblanding av kompostert grønnsaksavfall og husdyrgjødsel at man allerede ved 10 % innblanding av kompost og hestegjødsel fikk dårligere tilvekst sammenlignet med kontrolljorda. Også Nesse konkluderte med at veksten i torvfrie vekstmedier med biorest og koksofiber eller papirslam ble lavere enn i kontrolljorda som inneholdt torv. Årsaken til dette var sannsynligvis et høyt opptak av aluminium og natrium i plantene, samt manglende biologisk stabilitet og/eller høy ammoniumkonsentrasjon ( $\text{NH}_4$ ). NIBIOs forsøk med fast biorest i vekstmedium for raigras gav en overdosering av biorest og sterk misvekst på grunn av sinkmangel. I samme forsøk ga derimot et vekstmedium basert på meitemarkkompostert biorest (vermikompost) god tilvekst. Årsaken til sinkmangelen skyldes det høye fosforinnholdet i fast biorest. Fosfor binder sink i en form som ikke er tilgjengelig for plantene.

Forsøkene til Herrera m.fl. derimot gir et mer positivt bilde av organisk avfall som bestanddel i et vekstmedium. Her var ikke poenget å erstatte torv fullstendig, men kun å erstatte opp til 30 % av mengden torv med matavfallskompost. Dette gav et vekstmedium med et innhold av torv på 65 % og et innhold av matavfallskompost på 30 %. Veksten for tomatplanter i dette mediet var like god som med kontrollmediet som hovedsakelig bestod av torv (Herrera *et al.*, 2008). Kombinasjonen av matavfallskompost og torv gav en jordblanding med godt balansert næringsinnhold, samt porøsitet og lufttilgang. NIBIOs forsøk med innblandet matavfallskompost til 30 % vol viste også positive resultat for veksten av jordbærplanter og sommerplanter.

#### **5.2.4 Organiske avfallsprodukters egnethet som tilsetning i vekstmedier til bruk i hobbyhager**

Kravene til dyrkingsmediets kvalitet er lavere for hagebruk enn for profesjonell bruk. Derfor benyttes det også i større grad middels omdannet torv i slike produkter. Middels omdannet torv (H5-H6 på von Posts skala) er mørkere i farge og mer finpartikulær sammenlignet med den lite omdannede torva (H1-H4) som benyttes i jord til gartnerier o.l. Den middels omdannede torva ligner dermed flere komposttyper, noe som innebærer at kompost i realiteten ikke skulle forringe de fysiske egenskapene til vekstmediet nevneverdig om disse ble benyttet i stedet for torv. I markedet fins det også flere torvreduserte jordblandinger til dette formålet (Lindahl, 2015). Det fins også et lite antall helt torvfrie jordblandinger til hagebruk. De torvreduserte produktene som inneholder opptil 30 % kompost har vist seg å fungere godt som vekstmedium til bruk i hobbyhager, som vist i rapportene fra Brod og Haraldsen (2017) og Herrera m.fl.(2008). Helt torvfrie løsninger som består av kompost fra hageavfall og inntil 30 % bioest gir derimot en dårligere vekst enn det som er ønskelig, noe som kan skyldes en overdosering av fosfor. Denne overdoseringen kan bidra til at mer av fosforet tapes fra jordsmonnet og vaskes ut i vassdrag. (Torgersrud, 2013).

#### **5.2.5 Organiske avfallsprodukters egnethet i anleggsjord og grøntanlegg**

Sammensetningen av anleggsjord varierer stort, og materialer som sand, torv, biprodukter og avfallsmaterialer, steinmel fra pukkproduksjon og kompost av ulike varianter benyttes i slik jord. Torvmaterialet som benyttes i anleggsjord kommer fra utgravinger i forbindelse med ulike utbyggingsprosjekter. Alternativet til å benytte denne torven i anleggsjord er å deponere den. Deponering av torv gir avrenning av surt sigevann (Brod og Haraldsen, 2017) og er derfor ikke en anbefalt løsning. Det vil følgelig være mer en fornuftig utnyttelse å bruke denne i anleggsjord.

Anleggsjord som benyttes til grøntanlegg skal ligne på naturlig jord. Det betyr at den skal ha et toppsjikt av organisk materiale og ha tilsvarende funksjon som matjordlaget i dyrka jord (Brod og Haraldsen, 2017). Matjordlaget har et høyt moldinnhold, noe som innebærer at det døde organiske materialet har blitt brutt ned av mikroorganismer og meitemark under god lufttilgang (Bratberg, 2017). Siden de fleste planter som benyttes i grøntanlegg trives med et organisk innhold tilsvarende mold i toppsjiktet, vil det derfor være naturlig å tenke seg en

bruk av organiske avfallsprodukter i dette toppsjiktet. Innholdet av organisk materiale avgjør hvilken moldklasse jorda tilhører, se

Tabell 9.

I de fleste tilfeller vil et moldholdig toppsjikt egne seg godt i grøntanlegg (Haraldsen og Krogstad, 2017) .

Tabell 9. Mengden organisk innhold i ulike typer mold. Hentet fra Haraldsen og Krogstad (2017)

<b>Moldklasse</b>	<b>Organisk innhold (vekt-%)</b>
Moldfattig	0-3
Moldholdig	3-6
Moldrik	6-12
Svært moldrik	12-20
Mineralblandet jord	20-40
Organisk jord	>40

Statens vegvesen setter krav til anleggsgjord i forbindelse med utbyggingsprosjekter i Norge. Det organiske materialet som innblandes i anleggsgjorda skal tilfredsstillere kvalitetsklasse II i gjødselvereforskriften, og innholdet i råvarene skal dokumenteres i henhold til samme forskrift. I tillegg stilles det en del krav til partikkelstørrelse, leirinnhold og innhold av kalium, fosfor, magnesium, natrium, pH og innhold av organisk materiale, se

Tabell 10. Statens vegvesens krav til anleggsgjord som benyttes i grøntanlegg er dermed noe strengere enn kravene satt i gjødselvereforskriften. I følge forskriften kan organiske avfallsprodukter i klasse III også benyttes i grøntanlegg. I praksis vil dette bety at man i

Norge bør ta utgangspunkt i Statens vegvesens krav til innhold av tungmetaller i organiske materialer som skal benyttes i anleggsgjord.

Tabell 10. Krav til egenskaper for anleggsgjord. Utdrag fra Statens vegvesens håndbok nr 761, hovedprosess 7

Krav	Moldfattig anleggsgjord	Moldholdig anleggsgjord
Organisk materiale % av TS	1-3	4-6
pH	5,5-7	5,5-7
K-Al, mg/100g	7-15	15-50
P-Al, mg/100g	5-15	10-30
Mg-Al, mg/100g	6-15	6-15
Na-Al, mg/100g	<10	15

Organiske avfallsprodukter generelt har mye næringsstoffer og kan ved benyttelse i anleggsgjord gi en overdosering av næringsstoffer. En slik overdosering gir dårligere vekst i et grøntanlegg og medfører også en langvarig risiko for utlekking av nitrogen og fosfor til vann og vassdrag. For å unngå en slik overdosering bør næringsrike avfallsprodukter som eksempelvis biorest blandes med andre mer næringsfattige materialer (Haraldsen og Krogstad, 2017). Siden gjødselvereforskriften ikke tillater større innblanding av organiske avfallsprodukter enn 30 % i jordblandinger skulle en kunne anta at overdosering av næringsstoffer burde kunne unngås. Likevel har man erfaring med at anleggsgjord har inneholdt for store mengder næringsrike organiske avfallsprodukter, noe som har resultert i misvekst (Haraldsen og Krogstad, 2017).

### 5.3 Klimagassutslipp

Hvordan det organiske avfallet utnyttes har mye å si for hvilken klimaeffekt, eller reduksjon i klimagassutslipp man oppnår. For matavfall, grise gjødsel, storfegjødsel og fjørfegjødsel har Østfoldsforskning utført livssyklusanalyser der totalt seks forskjellige scenarier er undersøkt. De seks forskjellige scenariene er sammenlignet med et referansescenario der alt organisk avfall blir forbrent sammen restavfall.

I de to scenariene som gir høyest reduksjon i klimagassutslipp blir det våtorganiske avfallet omdannet til biogass og biorest. Biogassen blir da enten forbrent direkte for å lage varme og dermed erstatte forbrenningen av olje til samme formål eller biogassen blir rensert slik at denne kan benyttes som drivstoff i kjøretøy og dermed erstatte bruk av diesel. Bioresten blir som helhet utnyttet som gjødsel, og erstatter da mineralgjødsel. Det er altså ingen separasjon av flytende og fast fase av biorest i disse scenariene. Om fast fase komposteres med tanke på å utnyttes videre i jordblandinger øker utslippene av lystgass og metan fra bioresten. Selv om denne komposten brukes til å erstatte torv i jordblandinger gir dette ifølge Østlandsforskningens livssyklusanalyse totalt sett en lavere reduksjon i klimagassutslipp enn om bioresten blir direkte benyttet som gjødsel (Modahl *et al.*, 2016). Undersøkelsene viser videre at den største klimagassreduksjonen oppnås når storfegjødsel omdannes til biogass som forbrennes eller blir til drivstoff og biorest som benyttes som gjødsel.



## 6. Oppsummering og anbefalinger

Analysemodellen i vedlegg 1 gir en oppsummering av funnene i dette dokumentet.

### 6.1 Biorest som gjødsel

Biorest produsert fra våtorganisk avfall og fiskeslam fungerer godt som gjødsel i landbruket og gir under gitte omstendigheter nesten like god gjødseleffekt som kunstgjødsel.

Gjødseleffekten av biorest fra avløpsslam er noe mer usikker, men forsøk har gitt positive resultater. Det er derfor god grunn til å benytte biorest som gjødsel i landbruk.

En av de viktigste utfordringene med tanke på bruk av biorest er tilførsel av tungmetaller og miljøgifter til jordsmonnet. Regelverket setter krav til maksimale mengder av de viktigste tungmetallene noe som medfører at kravene til bruk innenfor økologisk landbruk gjerne blir vanskelig å oppfylle.

For å oppnå størst mulig anvendelsesområder for biorest som gjødsel bør ikke avløpsslam og fiskeslam brukes sammen med andre organiske avfallsprodukter som f.eks. våtorganisk avfall. Det mest optimale er om biogassproduksjonen fra våtorganisk avfall er adskilt fra biogassproduksjonen basert på avløpsslam og fiskeslam.

Skal biorest anvendes som gjødsel vil det være fordelaktig at man inkluderer både flytende og tørr fase i samme blanding. Dette bidrar til å øke fosforkonsentrasjonen i gjødsla.

### 6.2 Biorest i jordblandinger

En eventuell innblanding av biorest i jordblandinger må ta sikte på å kunne erstatte bruken av torv. Torv har mange unike egenskaper som biorest ikke ser ut til å kunne oppfylle. Biorest kan derfor kun i beste fall være en liten bestanddel i jordblandinger. For bruk i hobbyhager kan innblanding av biorest i kompost av hageavfall være en løsning som kan fungere. Men i likhet med bruk av organiske avfallsprodukter i anleggsjord kan dette føre til en overdosering av fosfor. Lovverket setter uansett en begrensning på maksimalt 30 volum % med organiske avfallsprodukter i jordblandinger, men denne mengden biorest kan være for høy om jordblandingen skal kunne benyttes som tiltenkt. En produsent av jordblanding til bruk i

hobbyhager må derfor dosere biorestmengdene korrekt i henhold til plantenes behov for næringsstoffer.

I det profesjonelle markedet er det lite sannsynlig at biorest kan brukes som erstatning for torv. Biorest har for mye næringsstoffer, gir for lite struktur og har for lav pH til å være egnet som et dyrkingsmiddel til dette formål.

Til bruk i anleggsjord kan biorest være egnet, men også her må man være nøyaktig med tanke på doseringen for å unngå overdosering av fosfor.

## **7. Konklusjon**

Biorest fra organisk avfall kan i et sirkulærøkonomisk perspektiv både benyttes som gjødsel og som en andel i jordblandinger. Biorest er derimot best egnet som gjødsel, og vil da både bidra til en bedre resirkulering av næringsstoffer samt gi et lavere klimaavtrykk enn om biorest benyttes i jordblandinger.

## Referanser

- Andersen, T. E. (2014) *Minorga - Mineralorganisk gjødsel til korn*. Tilgjengelig fra: <http://minorgavekst.no/2014/10/minorga-mineralorganisk-gjodsel-til-korn/> (Hentet: 20.04 2018).
- Animaliebiproduktforskriften (2016) *Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-09-14-1064> (Hentet: 20.04 2018).
- Avfall Norge (2018) *Biologisk behandling*. Tilgjengelig fra: <https://www.avfallnorge.no/fagomraader-og-faggrupper/biologisk-behandling> (Hentet: 01.02 2018).
- Avfallsforskriften (2004) *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930> (Hentet: 05.02 2018).
- Boldrin, A. et al. (2010) Environmental inventory modelling of the use of compost and peat in growth media preparation, *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), s. 1250-1260. doi: 10.1016/j.resconrec.2010.04.003.
- Bratberg, E. (2014) Dyrkingsmedier *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/dyrkingsmedier>.
- Bratberg, E. (2015a) Fortorving *Store Norske Leksikon*.
- Bratberg, E. (2015b) Jordforbedringsmidler *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/jordforbedringsmidler>.
- Bratberg, E. (2017) Mold *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/mold> (Hentet: 05.07.2018).
- Brod, E., Haraldsen, T. og Krogstad, T. (2016) Fiskeslam som nitrogengjødsel. Effekt av ulike behandlingsteknologier.
- Brod, E. og Haraldsen, T. (2017) Miljøvennlige jordblandinger – klima, resirkulering og bruksområder, *NIBIO Rapport*, 03(nr 151).
- Bøen, A. (2010) Fosfor i avfallsbaserte produkter - kjemisk beskrivelse av avløpslam, kompost og kjøttbenmel, *Biofors Rapport*, 5(63), s. 33.
- Ecopro (2009) Gjødsel - Ecopro 1 (s. 2): Ecopro. Tilgjengelig fra: <http://ecopro.no/wp-content/uploads/2014/04/47535-produktark.pdf>.
- Ecopro (2017) Gjødsel - Ecopro 2 (s. 2): Ecopro. Tilgjengelig fra: <http://ecopro.no/wp-content/uploads/2017/08/varedeklarasjon-ecopro-2-juni-2017.pdf>.
- Ecopro (2018) *Pioner på områder*. Tilgjengelig fra: <http://ecopro.no/teknologi/pioner-pa-omrader/> (Hentet: 31.07.2018 2018).
- Ellingsen, J. og Filbakk, T. (2016) *Fagrapport: Opplegg for formidling av erfaringer fra bruk av biorest*. Det Kongelige Norske Selskap for Norges Vel.
- Europakommisjonen (2005) Taking sustainable use of resources forward - A thematic strategy on the prevention and recycling of waste. Tilgjengelig fra: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0666&from=EN>.
- Europakommisjonen (2008) *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives*
- Europakommisjonen (2014) *Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of The Regions. Towards a circular economy: A zero waste program for Europe*. Brussel: Europakommisjonen.

- Europakommisjonen (2015) Closing the loop - An EU action plan for the circular economy. Tilgjengelig fra: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>.
- European Commission (2014) *Living well, within the limits of our planet : 7th EAP – the new general Union environment action programme to 2020*. Luxembourg: Luxembourg : Publications Office.
- European Environment Agency (2015) *Green Economy - Briefing*. Tilgjengelig fra: <https://www.eea.europa.eu/soer-2015/europe/green-economy> (Hentet: 06.03. 2018).
- Fiksen, K. et al. (2016) *Verdiskaping fra produksjon av biogass på Østlandet - På oppdrag fra Avfall Norge og Biogass Oslofjord*. Oslo: THEMA Cosunlting Group.
- FN-Sambandet (2018) *FNs Bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <http://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal> (Hentet: 05.04 2018).
- Forbord, J. O. og Brønstad, J. (2012) *Utprøving av flytende biogjødsel fra Ecopro i 2012*. Ecopro. Tilgjengelig fra: <http://ecopro.no/wp-content/uploads/2014/04/Utpr%C3%B8ving-av-flytende-biogj%C3%B8dsel-fra-Ecopro-2012.pdf>.
- Forskrift om husdyrgjødsel (2002) *Forskrift om husdyrgjødsel*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2002-02-11-337> (Hentet: 25.04 2018).
- Forskrift om organisk gjødsel (2003) *Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951> (Hentet: 25.04 2018).
- Geissdoerfer, M. et al. (2017) The Circular Economy – A new sustainability paradigm?, *Journal of Cleaner Production*, 143, s. 757-768. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.
- Grønlund, A. og Harstad, O. M. (2014) Klimagasser fra jordbruket, *Bioforsk Rapport*, 9(11), s. 50.
- Grønt Punkt Norge (2018) *PP--sekker (vevde sekker)*. Tilgjengelig fra: <https://www.grontpunkt.no/gjenvinning/plastemballasje-fra-naeringsliv-og-landbruk/pp-sekker/> (Hentet: 01.05 2018).
- Hage, I. (2016) *Waste Management in Norway. A study of possible application of "ISO 37120 Sustainable Development in Communities - Indicators for city services and quality of life"*, Norwegian University of Science and Technology.
- Haraldsen, T. K. og Krogstad, T. (2017) Organiske avfallsmaterialer i grøntanlegg og anleggsjord, *Park & Anlegg*, (09), s. 5.
- Havstad, L. T. og Steensohn, A. A. (2011) Bruk av ulike organiske gjødseltyper i økologisk grasfrøavl: Virkning på N-opptak, skuddutvikling og tørrstoffavling hos engsvingel (screeningforsøk), *Bioforsk Rapport*, 6(21), s. 23.
- Herrera, F. et al. (2008) Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants, *Bioresource Technology*, 99(2), s. 287-296. doi: 10.1016/j.biortech.2006.12.042.
- Hjellnes Consult (2017) *Kartlegging av eksisterende dyrkingsmedier og jordforbedringsprodukter på det norske markedet. For Miljødirektoratet. (M-786)*. Oslo.
- Holstad, G. (2017) Det heter ikke lenger søppel, *Adresseavisen*, 18.03, s. 6-9,11-13.
- Hvitsand, C. og Kleppe, B. (2011) Avsetning av biorest til landbruket. Praksis og erfaringer fra Sverige og oppstart av samhandlingsprosesser ved norske biogassanlegg: Telemarksforsking.
- Innovasjon Norge (2018) *Bioøkonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.innovasjonnorge.no/no/groenn-vekst/biookonomi/> (Hentet: 08.07 2018).

- Klima og miljødepartementet (2014) *Nasjonal tverrsektoriell biogasstrategi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/Nasjonal-tverrsektoriell-biogasstrategi/id2005701/>.
- Kristoffersen, A. Ø., Skretting, J. og Haraldsen, T. K. (2011) Feltforsøk med flytende biorest som gjødsel til korn 2010, *Bioforsk FOKUS*, 6(1), s. 121-124.
- Kristoffersen, A. Ø. og Skretting, J. (2015) Gjødsleffekt av biorest fra husholdningsavfall - resultater 2014, *Bioforsk FOKUS*, 10(1), s. 157-160.
- Lindahl, H. (2015) *Fossil Jord. Kartlegging av torvinnhold på det norske forbrukermarkedet, Framtiden i Våre Hender*. Skrevet på oppdrag fra Avfall Norge.
- Linnè, M. et al. (2008) *Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter*.
- LOOP (2015) Avfallshierarki *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avfallshierarki>.
- Marthinsen, J. (2017) *Kvalitet på substrat til biogassanlegg - Et forprosjekt for Avfall Norge*. Mepex Consult AS.
- Mattilsynet (2017) *Veiledning til forskrift 4. juli 2003 nr 951 om gjødselvarer mv. av organisk opphav*. Ås.
- Mattilsynet (2018) *Veileder til økologiforskriften*.
- Miljødirektoratet (2014) *Bruk av avløps slam*. Tilgjengelig fra: <http://www.regelhjelp.no/no/Etatenes-sider/miljodirektoratet/Emner/Bruk-av-avlopsslam/> (Hentet: 21.07.2018 2018).
- Miljødirektoratet (2015) *Våtorganisk avfall*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/tema/avfall/avfallstyper/vatorganisk-avfall/> (Hentet: 13.03 2018).
- Miljødirektoratet (2018) *4. Forureining*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/nasjonale-mal/4.-forureining/> (Hentet: 26.01 2018).
- Miljøverndepartementet (2013) *Fra Avfall til ressurs. Avfallsstrategi*. Oslo: Miljøverndepartementet. Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/contentassets/27128ced39e74b0ba1213a09522de084/t-1531\\_web.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/27128ced39e74b0ba1213a09522de084/t-1531_web.pdf).
- Mjøsanlegget (2018) *Om Mjøsanlegget*. Tilgjengelig fra: <http://mjosanlegget.no/om-mjosanlegget/> (Hentet: 31.07 2018).
- Modahl, I. S. et al. (2016) *Biogassproduksjon fra matavfall og gjødsel fra ku, gris og fjørfe. Status 2016 (fase IV) for miljønytte for den norske biogassmodellen BioValueChain*. Kråkerøy: Østfoldforskning.
- Nesheim, L. (2010) *Bruk og utnytting av biorest, Nyhetsbrev Fornybar energi Mære*. Tilgjengelig fra: <http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/71570/Bruk%20og%20utnytting%20av%20biorest.pdf>.
- Nesse, A. S. (2017) *Organisk avfall som erstatning for torv i vekstjord Organic waste as a peat replacement in potting soil*: Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- Olsen, T. (2018) *Avløps slam bør ha større potensiale for landbruk*. Tilgjengelig fra: <https://www.vanytt.no/2018/06/07/avlopsslam-bor-ha-storre-potensiale-for-landbruk/> (Hentet: 03.08 2018).
- Raadal, H. L., Schakenda, V. og Morken, J. (2008) *Potensialstudie for biogass i Norge*. Østfoldforskning AS og UMB.
- RVF Utveckling (2005) *Användning av biogödsel. En rapport fra BUS-projektet, RVF Utveckling*, 2005(10).
- Schmilewski, G. (2008) *The role of peat in assuring the quality of growing media, Mires and Peat*, 3(2), s. 1-8.
- Schnürer, A. og Jarvis, Ä. (2010) *Microbiological Handbook for Biogas Plants*.

- Sletten, T. M. og Maass, C. (2013) *Underlagsmateriale til tverrsektoriell biogasstrategi (TA 3020)*. Oslo: Klima og forurensningsdirektoratet.
- Solberg, I. og Valseth, M. (2016) Bioøkonomi og det grønne skiftet, *Praktisk økonomi & finans*, (03), s. 231-240. doi: 10.18261/issn.1504-2871-2016-03-02.
- St.meld nr. 41 (2017) *Klimastrategi for 2030 - norsk omstilling i europeisk samarbeid*. Oslo: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon.
- St.meld. 45 (2017) *Avfall som ressurs - avfallspolitikk og sirkulær økonomi*. Oslo: Klima- og miljødepartementet.
- Stahel, W. R. (2016) The circular economy, *Nature*, 531(7595), s. 435. doi: 10.1038/531435a.
- Stortinget (2018) *Avfall som ressurs - avfallspolitikk og sirkulær økonomi. Meld. St. 45 (2016-2017), Innst. 127 S (2017-2018), Vedtak 485*. Tilgjengelig fra: <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Saker/Sak/?p=67737> (Hentet: 01.03.2018 2018).
- The Ellen MacArthur Foundation (2012) *Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*.
- Torgersrud, H. (2013) Dumper fosfor i jordbruksprodukter, *Gudbrandsdølen Dagingen*, 14.06.2013. Tilgjengelig fra: <https://www.gd.no/nyheter/dumper-fosfor-i-jordprodukter/s/1-934610-6708787> (Hentet: 09.08.2018).
- UNEP (2011) *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers*. Tilgjengelig fra: [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy).
- UNEP (2018) *Why does green economy matter?* Tilgjengelig fra: <https://www.unenvironment.org/explore-topics/green-economy/why-does-green-economy-matter> (Hentet: 06.03 2018).
- Valeur, I. (2011) Speciation of heavy metals and nutrient elements in digestate *Tilstandsformer til tungmetaller og næringsstoffer i biorest*. Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- VKM (2017) The link between antimicrobial resistance and the content of potentially toxic metals in soils and fertilising products. Opinion of the panel on biological hazards of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety., *VKM Report*, 2017(29).
- Ytrestøyl, T. et al. (2013) *Utnyttelse av slam fra akvakultur i blandingsanlegg for biogassproduksjon: teknologi og muligheter*. Tromsø: NOFIMA.
- Øgaard, A. F. og Bøen, A. (2012) Effekt av avløpsslam på risiko for fosfortap, *Bioforsk Rapport*, 7(104), s. 23.

## Vedlegg 1 - Analysemodell

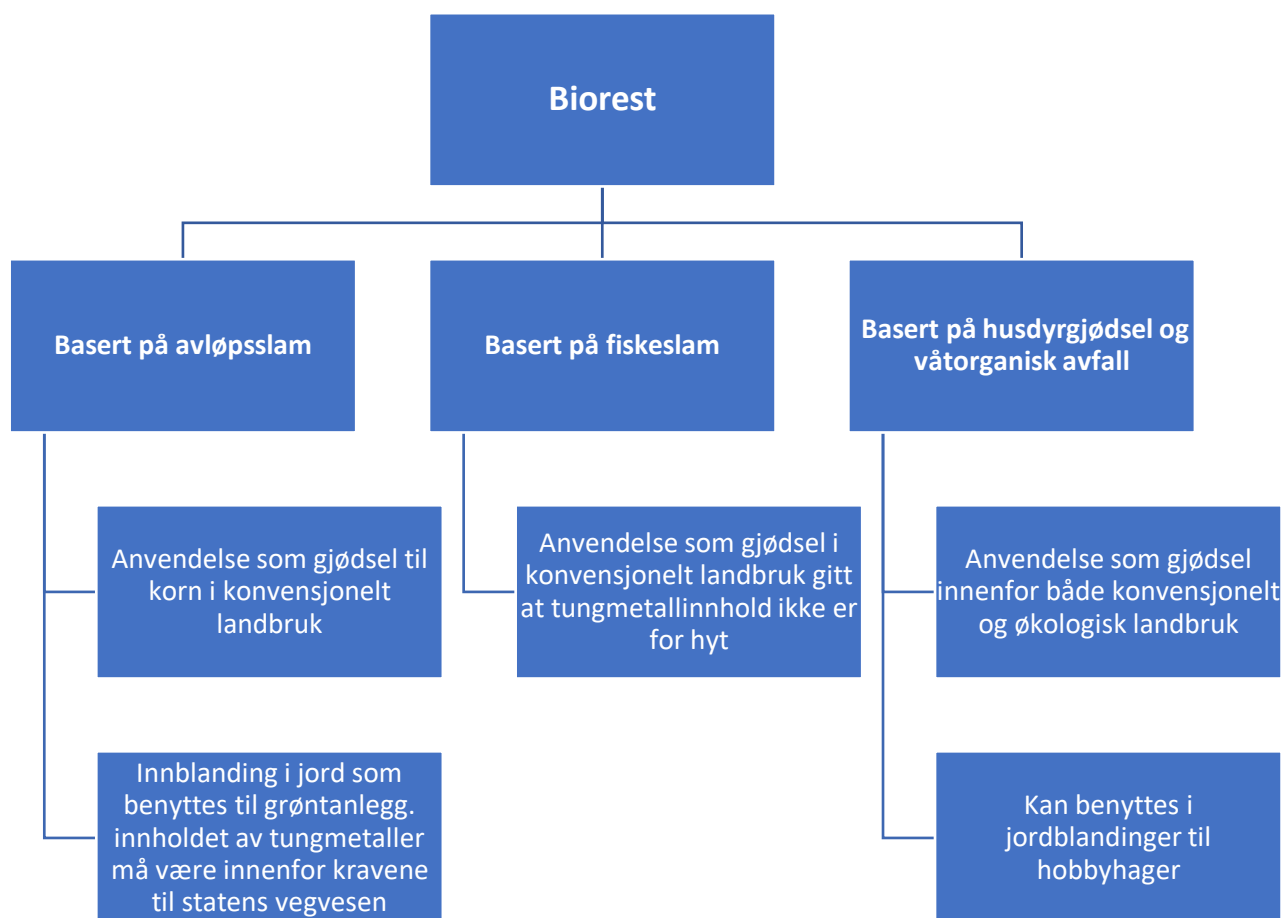
Nedenforstående analysemodell oppsummerer biorestens mulige anvendelser og egnethet. Tabell 11 oppsummerer biorestens viktigste bruksområder og viktige egenskaper som det må tas hensyn til ved bruk av biorest. Figur 10 gir en grafisk oversikt av anvendelsesområdene for biorest fra ulike substrater. Figur 11 gir en grafisk oversikt over anvendelsesområdene for biorest basert på våtorganisk avfall.

Tabell 11. Oppsummering av biorestens bruksområder og viktige krav og kriterier

Type biorest	Biorest/biogjødsel	Fast biorest	Flytende biorest	Oppkonsentrert biorest	Biorest fra avløpslam	Biorest fra fiskeslam
<b>Anvendelse</b>	Gjødsel i konvensjonelt og økologisk landbruk.	Til bruk i jordblandinger til hobbyhager og grøntanlegg (anleggsgjord).	Gjødsel i konvensjonelt og økologisk landbruk	Gjødsel i konvensjonelt landbruk	Gjødsel til korn innenfor konvensjonelt landbruk.	Gjødsel i konvensjonelt landbruk.
<b>Viktige momenter</b>	Konsentrasjon av tungmetaller kan begrense bruken.	Konsentrasjon av tungmetaller kan begrense bruken. Høy pH kan gi immobilisering av næringsstoffer. Overdosering av næringsstoffer er mulig, noe som kan bidra til avrenning og misvekst.	Kan inneholde for lave mengder fosfor i forhold til nitrogen.	Bruk av fellingskjemikalier kan gjøre næringsstoffer mindre biotilgjengelige. Fellingskjemikalier er ikke tillatt i økologisk landbruk	Tungmetallinnhold kan bli for høyt. Fosfor kan bli lite biotilgjengelig for plantevekst.	Tungmetallinnhold, spesielt sink, kan bli for høyt for konvensjonelt landbruk. Mulig inhibering under biogassproduksjon gir lavere effektivitet.
<b>Vurdering av egnethet</b>	Godt egnet som gjødsel til både økologisk og konvensjonelt landbruk. så lenge som man gjødsler etter mengdene ammonium N. Bør kombineres med kunstgjødsel for å oppnå best mulig effekt.	Kan benyttes i noen jordblandinger, men må blandes med næringsfattige materialer med lavere pH for å begrense næringsinnholdet og senke pH. Ingen fullgod erstatning for torv.	Egnet som gjødsel i områder som ikke har mangel på fosfor.	Egnet som gjødsel i områder som ikke har mangel på fosfor	Ukjent gjødselvirkning. Bidrar til jordforbedring.	Godt egnet som gjødsel.



Figur 10. Grafisk oversikt over anvendelsesområdene for biorest fra ulike substrater



Figur 11. Grafisk oversikt over anvendelsesområdene for biorest fra våtorganisk avfall

