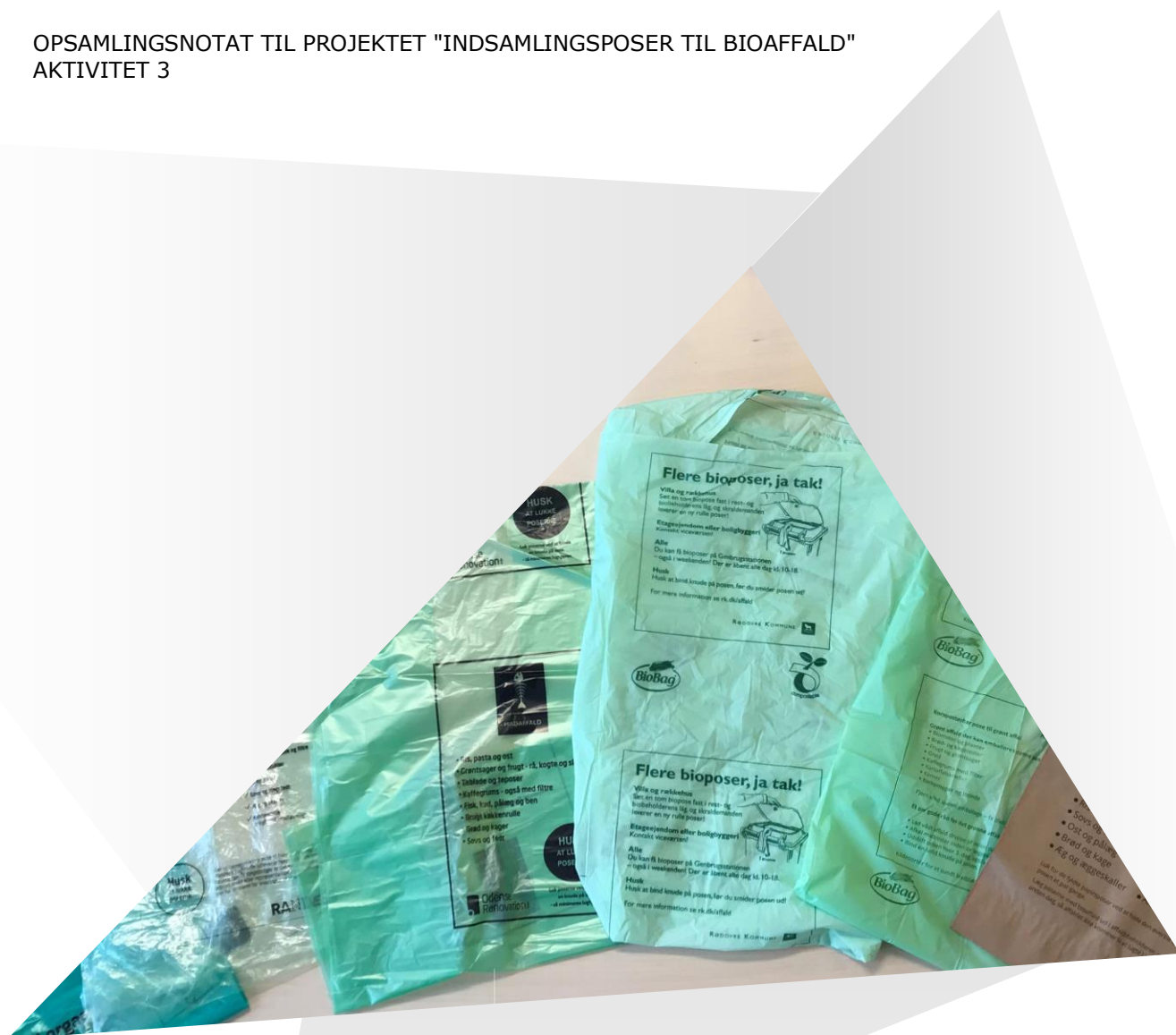


OPSAMLING PÅ VIDEN OM INDSAMLINGSPOSER TIL BIOAFFALD

OPSAMLINGSNOTAT TIL PROJEKTET "INDSAMLINGSPOSER TIL BIOAFFALD"
AKTIVITET 3



JANUAR 2019
KØBENHAVNS KOMMUNE

OPSAMLING PÅ VIDEN OM INDSAMLINGSPOSER TIL BIOAFFALD

OPSAMLINGSNOTAT FOR PROJEKTET "INDSAMLINGSPOSER TIL BIOAFFALD"
AKTIVITET 3

PROJEKTNR. DOKUMENTNR.

A111457 301

VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
4.0	9. januar 2019	Opsamlingsnotat	Overordnet - LGJA Borger - ASWE Miljø - MSOT, LCDR, SLBA Økonomi - AHA Bionedbrydning - LGJA, TLHA, MSOT	Overordnet - KK Borger - LGJA Miljø - LGJA Økonomi - LGJA Bionedbrydning - LEKD	LGJA

INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Baggrund	7
1.2	Projektet "Indsamlingsposer til bioaffald"	7
1.3	Dette notat	8
1.4	Bilag	11
2	Opsamling af fordele og ulemper	12
3	Markedsundersøgelse (opsamling)	16
4	Borgerperception	17
4.1	Brugervenlighed	17
4.2	Urenheder, som følge af posens signalværdi	18
4.3	Signalværdi af posens materiale	19
5	Økonomi i hele værdikæden	21
6	Bionedbrydelighed (opsamling)	24
7	Miljø	28
7.1	Overvejelser ved brug af biomasse (opsamling)	28
7.2	Genanvendt plast	30
7.3	Miljøanalyse (opsamling)	30
8	Litteraturliste	33

1 Indledning

1.1 Baggrund

Københavns Kommune har etableret indsamling af bioaffald ved husstanden og udleverer i den forbindelse en indsamlingspose af bionedbrydelig plast til borgeren. Posen er desuden delvist plantebaseret. Der har været debat i samfundet om fordele og ulemper ved forskellige alternative posetyper. Kommuner i Danmark anvender forskellige posetyper til indsamling af bioaffald (fossilt plast, genanvendt fossilt plast eller biogent og bionedbrydeligt plast)

Københavns Kommune forbereder indkøb af indsamlingsposer til bioaffald og har derfor behov for at vurdere hvilken type indsamlingspose, der skal indkøbes. Derudover, har Københavns Kommune brug for en analyse af centrale forhold og effekter fra poserne. Projektet har på den baggrund undersøgt forskellige parametre i forhold til valg indsamlingsposer til bioaffald.

Projektet belyser miljøforhold, økonomi, marked, brugervenlighed og signalværdi til borgerne. Herudover ønsker Københavns Kommune at minimere risikoen for spredning og ophobning af plast i naturen fra affaldshåndteringen. Derfor skal det afdækkes, om eventuelle rester fra indsamlingsposen bliver helt eller delvist nedbrudt i biogasprocessen eller jordmiljøet på de arealer, hvor den afgassede biopulp genanvendes efter biogasprocessen.

1.2 Projektet "Indsamlingsposer til bioaffald"

Projektet har til hensigt at undersøge forskellige betragtninger af indsamlingsposer til bioaffald. Projektet var opdelt i tre aktiviteter;

Aktivitet 1: En markedsundersøgelse af primært danske poseleverandører, og deres producenter af poser og plast.

Aktivitet 2: En undersøgelse af bionedbrydningen af plast i biogasanlæg og på marken. Heraf affødtes desuden en oversigt over standarder samt en oversigt over definitioner.

Aktivitet 3: Et samlet overblik over fordele og ulemper af forskellige indsamlingsposer til bioaffald, og herunder en miljøanalyse og opsamling på input til den kommende udbudsproces.

1.2.1 De fire posetyper

Projektet inkluderer fire forskellige indsamlingsposer af flg. materialer:

- > **biogen bionedbrydelig** – består af en andel biogent materiale (plantebaseret) og er typisk af stivelsesplast, PLA og kalk, eller stivelsesplast (uden blødgørere) – alle med PBAT som co-polymer

- > **biogen ikke-bionedbrydelig** – består af en andel biogent materiale, er ikke-bionedbrydelig og består typisk af plasttypen LDPE
- > **genanvendt fossil** – en andel af posen er fra genanvendt plast og består typisk af LDPE
- > **fossil** – består af virgin plast og er typisk af LDPE

1.3 Dette notat

Nærværende opsamling har til hensigt at give et samlet overblik over forskellige parametre, såsom miljø, økonomi og borgerperception, i forskellige scenarier af relevans for Københavns Kommune. Herudover blev der lavet en markedsundersøgelse samt et litteratur- og interviewstudie om bionedbrydning af plast, som der findes opsamlinger på her.

Overblikket vil tage udgangspunkt i fire indsamlingsposer, samt de forskellige behandlingsveje for disse. For behandlingsvejene varierer affaldsbehandlingen af rejektet. Der regnes på i alt otte scenarier. Scenarierne blev besluttet i samarbejde med Københavns Kommune på opstartsmødet.

Notatet indeholder fordele og ulemper ved de fire indsamlingsposer inden for følgende parametre:

- > Markedsundersøgelse (typer af poser på markedet) (opsummering af aktivitet 1)
- > Borgerperception (brugervenlighed af posen, signalværdi af posens materiale, urenheder i sortering af bioaffald hos borgeren)
- > Økonomi i hele værdikæden (bl.a. indkøb af indsamlingspose og behandlingsomkostninger).
- > Bionedbrydelighed (opsummering af aktivitet 2)
- > Miljø (mini-LCA med et par udvalgte parametre ud over global opvarmning, samt aspekter om brug af biomasse)

1.3.1 De otte scenarier

For hver posetype er der to scenarier; et med forbrænding og et med genanvendelse (for den biogene bionedbrydelige pose er dette bioforgasning på et tørt biogasanlæg). Det skal nævnes, at genanvendelsesscenarierne er tænkte scenarier og at der i projektet ikke er taget hensyn til, om de er gennemførlige. Herudover er dette ikke et udtømmende for mulige scenarier, da f.eks. det også er teoretisk muligt at genanvende nogle af de biogene og bionedbrydelige indsamlingsposer mekanisk. Konkret arbejder BIOTEC/SugerPLast henimod dette.

Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3	Scenarie 4
<ul style="list-style-type: none"> • Biogen bionedbrydelig indsamlingspose • Bioforgasning 	<ul style="list-style-type: none"> • Biogen bionedbrydelig indsamlingspose • Forbrænding 	<ul style="list-style-type: none"> • Biogen ikke-bionedbrydelig indsamlingspose • Genanvendelse 	<ul style="list-style-type: none"> • Biogen ikke-bionedbrydelig indsamlingspose • Forbrænding
Scenarie 5	Scenarie 6	Scenarie 7	Scenarie 8
<ul style="list-style-type: none"> • Genanvendt fossil • Genanvendelse 	<ul style="list-style-type: none"> • Genanvendt fossil • Forbrænding 	<ul style="list-style-type: none"> • Fossil • Genanvendelse 	<ul style="list-style-type: none"> • Fossil • Forbrænding

Figur 1 Udvalgte scenarier for fire forskellige poser, hvor der for hver pose er to mulige affaldsbehandlinger af rejktet.

1.3.2 Afgrænsning og antagelser

Det er antaget, at der skal anvendes samme antal poser i alle scenarier. Det er antaget, at der anvendes 43 mio. indsamlingsposer pr. år (svarende til ca. 1 års forbrug i Københavns Kommune ved et skøn ud fra udleveringer af indsamlingsposerne omfatter at der ca. 430.000 gange er udleveret 100 stk. indsamlingsposer i 2018).

Der er ikke forskel på mængden af bioaffald, der indsamles - 13.030 tons bioaffald om året (udregnet ud fra indsamling i de første 8 måneder af 2018), og sammensætningen er den samme.

Indsamlingsposer af papir er ikke medtaget, idet en tidligere undersøgelse i København viste at borgerne ikke foretrækker en indsamlingspose af papir (sammenlignet med biogene bionedbrydelige poser).

Det er ikke muligt at dække alle plastpolymerer endsige alle typer af additiver, der findes på markedet (se evt. Groh et al. (2018) "Chemicals associated with plastic packaging" for yderligere detaljer om kemikalier, der er involveret i plastproduktion). En uddybning af plastpolymerer kan læses i Bilag B: Definitioner.

I Figur 2 vises størstedelen af værdikæden for bioaffaldet, som starter ved indsamlingen i husstanden.



Figur 2 Værdikæde for bioaffald og indsamlingsposer

I forhold til værdikæden for indsamlingsposen er følgende faser medtaget hhv. udelukket i dette notat;

- > Materialeproduktionen (produktion af polymeren)
- > *Produktion af posen udelukkes, da den antages ens for poserne*
- > Indsamling

- > Forbehandlingsanlæg
- > Rejekt-affaldsbehandling
- > Biogasanlæg
- > Marken
- > *Potentielle andre økosystemer, som plasten med lav sandsynlighed kan nå (f.eks. ferskvand eller marine miljøer), er udelukket da det er usandsynligt plasten når hertil.*

1.4 Bilag

Til dette notat findes en række bilag, som er selvstændige dokumenter. Der er i dette notat en opsummering af bilag C, D og E.

- > Bilag A: Standarder
 - > En oversigt over relevante standarder
- > Bilag B: Definitioner
 - > Definitioner af typer af plast og (bio-)nedbrydelighed
- > Bilag C: Markedsundersøgelse
 - > Markedsundersøgelse af indsamlingsposer til bioaffald.
- > Bilag D: Bionedbrydning af indsamlingsposen i biogasanlæg og på marken
 - > Undersøgelsen (litteratur- og interviewstudie) af bionedbrydning af plast (primært biogen bionedbrydelig) i biogasanlæg og på landbrugsjord (Aktivitet 2).
- > Bilag E: Miljøanalyse
 - > En mini LCA af indsamlingsposerne, biomassens oprindelse, arealanvendelse og biodiversitet
- > Bilag F: Input til udbudsproces
 - > En opsamling på den viden i projektet, som kan være relevant i den kommende udbudsproces af indsamlingsposerne.

2 Opsamling af fordele og ulemper

I ord vil der hermed være følgende fordele og ulemper ved at vælge de forskellige typer af indsamlingspose. Herudover er opgjort opmærksomhedspunkter, som er nødvendige og mulige for kommunen at adressere for at undgå at dette bliver en ulempe.

> **Biogen (plantebaseret) bionedbrydelig indsamlingspose**

Fordele	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> > Miljøfordele i forhold til mindre CO₂-udledning fra produktion og affaldsbehandling ift. de fossile poser, som indenfor nærmeste fremtid formodes mindskes pga. stigende indhold af biogent materiale > Mindre plast i naturen, posen kan bionedbrydes (over tid), hvis eventuelle poserester skulle ende på marken og indeholder ikke økotoksiske stoffer jf. certificering af bionedbrydelighed > God signalværdi til borgerne, og den har god signalværdi ift. mindre udbringning af fossil plast > Færre urenheder, da det nemt at forstå at der kun må komme organisk materiale i posen > Et marked i hastig udvikling, hvorfor endnu mere miljøvenlige og mere brugervenlige poser må forventes i fremtiden > Kan udsorteres i forsørtingsanlæg så biopulpen lever op til grænseværdierne 	<ul style="list-style-type: none"> > Et mindre marked end for fossile poser, hvilket giver mindre valgfrihed og mindre konkurrence > Dyrere i indkøb end fossile poser
<ul style="list-style-type: none"> > Fødevarerbaserede poser forekommer på markedet og det skal i udbuddet gøres klart at posen ikke må være produceret af fødevarer > Udfordringer med brugervenlighed, da de kan gå i stykker hvis der er meget fugt i affaldet og posen står for længe, men der kan stilles højere tekniske krav og der kan kommunikeres til borgerne at poserne ikke må stå for længe og at de skal lukkes ordentligt > Forsørtingsanlæg kan have større udfordringer med at udsortere denne posetyper ift. til de ikke-bionedbrydelige poser. 	

> Biogen (plantebaseret) ikke-bionedbrydelig indsamlingspose

Fordele	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> > Høje miljøfordele i forhold til mindre CO₂-udledning fra produktion og affaldsbehandling ift. de fossile poser, som indenfor nærmeste fremtid formodes mindskes pga. stigende indhold af biogent materiale > Fin signalværdi til borgerne, da poserne er plantebaseret, ift. mindre udbringning af fossil plast > Må forventes at have god brugervenlighed da den biogene plast forventes at opføre sig som fossil plast. OBS der er ikke kommunale erfaringer med posen. > Et marked i hastig udvikling, hvorfor endnu mere miljøvenlige og brugervenlige poser må forventes i fremtiden > Kan udsorteres i forsøringsanlæg så biopulpen lever op til grænseværdierne 	<ul style="list-style-type: none"> > Kan ikke bionedbrydes, så eventuelle poserester der kommer på marken bliver ikke bionedbrudt > Har p.t. et lille marked, hvilket giver mindre valgfrihed og mindre konkurrence > Formodes dyrere i indkøb end fossil plast
<ul style="list-style-type: none"> > Fødevarer baserede poser forekommer på markedet og det skal i udbuddet gøres klart at posen ikke må være produceret af fødevarer > Der er ikke erfaringer med mængden af urenheder ved sortering af bioaffald hos borgeren og dette vil skulle testes før udrulning 	

> Fossil med andel genanvendt indsamlingspose

Fordele	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> > Kan udsorteres i forsøringsanlæg så biopulpen lever op til grænseværdierne > Øge efterspørgslen på genanvendt plast fra kommunerne (vil dog kræve udvikling) > God brugervenlighed og mange erfaringer fra andre kommuner > Markedet er større end for biogene poser, hvorfor der er mere konkurrence og flere udbydere at vælge imellem > Billig i indkøb ift. biogene poser 	<ul style="list-style-type: none"> > Miljøulempe i form af højere CO₂-udledning ift. de biogene poser, kan forbedres ved øget genanvendt materiale > Flere urenheder, da det er svært at forklare borgerne, at der ikke må komme urenheder i bioaffaldsspanen såsom plast > Dårlig signalværdi at uddele fossil plast til borgerne, dog en fordel at der er tale om delvist genanvendt materiale > Kan ikke bionedbrydes, så evt. poserester der kommer på marken bliver ikke bionedbrudt

> Fossil indsamlingspose

Fordele	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> > Kan udsorteres i forsoringsanlæg så biopulpen lever op til grænseværdierne > God brugervenlighed og mange erfaringer fra andre kommuner > Markedet er større end for biogene poser, hvorfor der er mere konkurrence og flere udbydere at vælge imellem > Billig i indkøb ift. biogene poser 	<ul style="list-style-type: none"> > Miljøulempe i form af højere CO₂-udledning ift. de biogene poser > Flere urenheder, da det er svært at forklare borgerne, at der ikke må komme urenheder i bioaffaldsspanen såsom plast > Dårlig signalværdi at uddele fossil plast til borgerne sideløbende med at borgerne skal kildesortere plast > Kan ikke bionedbrydes, så evt. poserester der kommer på marken bliver ikke bionedbrudt

Der gives i Tabel 1 en bogstavscore fra A til E (hvor A er bedst og E er værst) i forhold til, hvordan plasttypen klarer sig i de forskellige parametre. Alle plasttyperne har fordele og ulemper, som ofte er modsatrettede. Der er ingen af pose typerne, der har en klar fordel frem for de andre, når der ses på alle parametre. Der ses ikke nogen nævneværdig forskel til økonomien mellem de to mulige affaldsbehandlinger af rejektet fra forbehandlingsanlægget, mens der er en forskel for miljødelen. Det må bemærkes, at disse scorer er givet ud fra en subjektiv vurdering af COWI. Scoren kan ikke sammenlignes på tværs af parametrene. Alle typer af indsamlingsposer vil forventes at overholde lovgivning ift. urenheder i biopulpen.

Tabel 1 Fordele og ulemper i forskellige parametre for de fire forskellige indsamlingsposer. A gives for den bedste præstation og E for den dårligste. Der er ikke vægtet imellem de forskellige parametre, men kun vægtet inden for den enkelte parameter. Scoren kan altså ikke sammenlignes horisontalt, kun vertikalt.

Scenarie	Plasttype	Rejekt affalds-behandling	Marked	Borgerperception			Økonomi	Miljø	
				Brugervenlig-hed	Urenheder ved sortering	Posens signal-værdi til bor-gerne		Bioned-brydning	Global op-varmning
Baseret på			Markedsundersøgelsen	Litteraturstu-die	Litteraturstu-die	Litteraturstu-die	Markedsundersøgel-sen og KK's erfa-ringstal	Litteratur-studie og interviews	Miljøana-lyse
Bogstav givet ef-ter			Antal po-seprodu-cener	Om posen går i stykker, læk-ker væske, lugtgener	Om borgerne sorterer flere eller færre urenheden pga. posens signalværdi	Om posen er fossil eller bio-gen, samt om den har gen-anvendt mate-riale	Kroner i hele værdi-kæden (ingen signifi-kant forskel indenfor biogene poser, eller in-denfor fossile poser)	Om rester af posen bionedbry-des	Kg CO ₂ ækvivalen-ter per kg materiale
1	Biogen (plante-baseret) bio-nedbrydelig	Bioforgasning	D	D	A	A	C	B	C *
2		Forbrænding					C		D *
3	Biogen (plante-baseret) ikke-bionedbrydelig	Genanven-delse	E	B	B	A	C	E	A **
4		Forbrænding					C		C **
5	Fossil med genanvendt andel	Genanven-delse	C	B	E	D	B	E	C ***
6		Forbrænding					B		E ***
7	Fossil	Genanven-delse	B	B	E	E	B	E	C
8		Forbrænding					B		E

* Antaget at der er 34% biogent indhold i posen, øget biogent indhold er realistisk og vil medføre en bedre score, se Bilag E for yderligere detaljer. ** Antaget at der er 50% biogent indhold i posen, øget biogent indhold er realistisk og vil medføre en bedre score, se Bilag E for yderligere detaljer. *** Antaget at der er 15% genanvendt plast i posen, se Bilag E for yderligere detaljer.

3 Markedsundersøgelse (opsamling)

Nedenfor følger en opsamling på aktivitet 1 i dette projekt; markedsundersøgelse for indsamlingsposer til bioaffald, se Tabel 2. Det fulde notat kan findes i Bilag C: Markedsundersøgelse.

Relevante poseproducenter og poseleverandører i markedet for poser til indsamling af madaffald i husholdninger blev identificeret ved at gennemgå tidligere undersøgelser samt tale med kommuner og affaldsselskaber, der for nyligt havde gennemført eller stod overfor at skulle gennemføre udbud. Poseproducenterne og poseleverandørerne henviste ofte til de relevante plastproducenter.

Der blev samlet kontaktet to danske poseproducenter, fem poseleverandører samt tre plastproducenter eller –leverandører for biogent bionedbrydeligt plast. Det har ikke været muligt at få kontakt til aktører, der har med biogene ikke-bionedbrydelige poser at gøre. Virksomhederne er generelt meget villige til at besvare spørgsmål. De mere tekniske kravspecifikationer afklares ofte imellem leverandør eller poseproducenter og med plastproducenterne. I denne kommunikation er det vigtigt at være meget nøjagtig omkring, hvilke oplysninger der ønskes.

Tabel 2 Oversigt over poseleverandører og poseproducenter

	Poseleverandører	Poseproducenter	Plastproducenter	Opsamling
Den nuværende pose	Zenzogroup	BioBag	Novamont	
Biogene bionedbrydelige	BioBag, ABENA, Scan Lux Flexible, SugarPLast Nordic ApS, Euro Group	DAPOFA	GAIA, Novamont, BIOTEC	De biogene bionedbrydelige poser er primært produceret af henholdsvis majs og kartofler, og består af 30-40% biogent materiale. Poserne er generelt bionedbrydelige under tør termofil bioforgasning med efterfølgende kompostering jf. EN13432. Prisspændet er 25-55 øre pr. stk.
Biogen ikke-bionedbrydelig		(Sphere)	(Braskem)	Det har ikke været muligt at indsamle data omkring de biogene ikke-bionedbrydelige poser.
Fossile med genanvendt indhold	ABENA, Scan Lux Flexible, JOCA	DAPOFA		Poserne består af 10-100 % genanvendt materiale. Det genanvendte materiale er typisk industrispild eller plast der er genanvendt fra industrien. Prisspændet er 9-15 øre pr. stk.
Fossil	ABENA, Scan Lux Flexible, JOCA	DAPOFA		Prisspændet er 9-15 øre pr. stk.

4 Borgerperception

Afsnittet opsamlar viden omkring poserne set fra et borgerperspektiv angående hvordan selve indsamlingsposen opfattes af borgerne. Dette opdeles i forhold til brugervenlighed, signalværdi af posens materiale og urenheder i sortering af bioaffald hos borgeren, som følge af signalværdien, i forhold til hvad der må komme i bioaffaldsposen.

En overordnet pointe i forhold til kommunikationen er tydeligt at kommunikere til borgerne, hvorfor den nye indsamlingspose er blevet valgt. Uanset hvilken indsamlingspose der vælges.

Det må pointeres at kommunen kan, og allerede i dag, kommunikere til borgerne angående de nedenstående udfordringer.

4.1 Brugervenlighed

Biogene bionedbrydelige indsamlingsposer

Bionedbrydelige poser har udfordringer i forhold til brugervenlighed. En udfordring er at poserne lækker væske, hvilket kan føre til at borgere stopper med at udsortere bioaffald, imens andre borgere vælger at bruge to poser. To poser er problematisk i forhold til miljø pga. det ekstra materiale.

En anden problematik er, at hvis poserne står i det indendørsstativ for længe, bliver posen mør og kan gå i stykker når borgere går med den fyldte indsamlingspose ud til affaldsbeholderen (Borregaard 2017) (Rødovre Kommune 2017) (Furesø 2017).

En tredje udfordring er, at eftersom poserne bionedbrydes, har poserne en holdbarhedsdato. Nogle kommuner har haft problemer med at poserne mørner hos borgerne (Henriksson 2010). Flere kommuner printer holdbarhedsdato på poserne og kommer derved rundt om problemet.

En fjerde udfordring er i de udendørs beholdere. I de udendørs beholdere lækker poserne væske, hvilket kan give lugtgener for borgerne og urene beholdere (Ørnstrup og Petersen 2016). Dette kan endvidere give et problem med maddi-ker. Københavns kommune har dog en tømningfrekvens på højst en uge og derfor burde dette ikke være et problem. Endvidere kan problemet i fleste tilfælde undgås ved rengøring af beholderen. Kommunikation til borgerne omkring dette er derfor vigtigt.

De biogene bionedbrydelige poser er ikke lige så brugervenlige som fossile indsamlingsposer. En del af problematikkerne kan man imødegå med vejledning til borgere og påtrykning af holdbarhedsdato. Efter at Københavns Kommune har skiftet til en tykkere biogen bionedbrydelig indsamlingspose af 16 my (tidligere 12 my), har der været langt færre klager fra borgere om at posen går i stykker eller andre klager sidenhen.

Der kan være stor forskel på de biogene bionedbrydelige indsamlingspose alt efter hvilket materiale de er lavet af og om der er tilføjet blødgørere og andre tilsetningsstoffer i poserne. SugarPLAst beretter at ingen blødgørere kan forlænge opbevaringsperiode.

Biogene ikke-bionedbrydelige indsamlingsposer

Der er ingen kommuner, der i dag anvender biogene ikke-bionedbrydelig poser eller har erfaring med disse. Derfor kan der ikke drages på eksisterende erfaring. Det må formodes, at biogene ikke-bionedbrydelig poser vil ligne de fossile indsamlingsposer. Derfor antages det, at brugervenligheden vil matche denne, se nedenfor.

Fossile plastposer: Virgin plast eller med andel genanvendt plast

Der gøres i dette afsnit ikke forskel på poser af virgin plast og genanvendt plast. Dette gøres ikke, da der ikke er fundet, at der skulle være forskel på brugervenligheden for disse. Generelt er fossile plastposer mere driftssikre, i den forstand at de går mindre i stykker og lækker mindre væske, samt at der ikke på samme måde som med de biogene bionedbrydelige poser kommer kondens på ydersiden af poserne.

Et eksempel på dette er fra Hjørring Kommune. Hjørring Kommune er gået fra papirposer til plastposer i en forsøgsordning og kunne i den forbindelse se, at mængden af indsamlet bioaffald steg. Stigningen er tilskrevet, at folk sandsynligvis oplever, at plastposerne er mere driftssikre i køkkenet, herunder at de eks. drypper mindre og ikke så let går i stykker (Hjørring 2017). Dette bakkes op af resultaterne fra en svensk undersøgelse fra 2010. I undersøgelsen adspurgtes 12 kommuner med plastposer om de havde problemer med gennemvædning af poserne. Nul ud af de 12 kommuner rapporterede, at de havde problemer med at poserne blev gennemblødt, i modsætning til papirposer (Henriksson 2010).

I forhold til de udendørs beholdere viste Miljøstyrelsens kommunepuljeprojekt i Silkeborg, at plastposer til opsamling af madaffald giver færre gener i de udendørs beholdere. Der var færre gener i form af færre snavsede beholdere, mindre problemer med lugt, maddiker og fluer end papirposer og de biogene bionedbrydelige poser (Ørnstrup og Petersen 2016) (COWI 2018).

4.2 Urenheder, som følge af posens signalværdi

Biogen bionedbrydelig pose vs. plastposer (virgin og genanvendt)

Biogene bionedbrydelige poser giver færre urenheder i biopulpen end de fossile plastposer. Dette uanset om plastposerne er af virgin eller genanvendt plast (COWI 2017). Dette bakkes op af et eksempel fra Fredriksund Kommune. Kommunen skriftede over til biogene bionedbrydelige poser, hvorved renhedsgraden steg fra 75-80 % til 96-99 % (Miljøstyrelsen 2017). Den samme tendens blev vist i Silkeborg kommune. Her var kvaliteten 3% bedre for biogene bionedbrydelige poser i forhold til fossile plastposer (Ørnstrup og Petersen 2016).

Biogene bionedbrydelige poser giver en let forståelig signalværdi i forhold til sortering af bioaffald. Det er nemmere for borgeren at forstå, at man kun må lægge bioaffald i spanden, når indsamlingsposen er lavet af biogent materiale og er bionedbrydelig (Hansen 2017) (COWI 2018).

Biogen ikke-bionedbrydelig pose

Der er ikke erfaringer med brug af biogene ikke-bionedbrydelige poser. Budskabet vil her være lidt sværere at formidle. Da de biogene ikke-bionedbrydelige poser enten associeres med fossil plast, måske man kan få borgerne til, at associerer den biogene plast med noget andet end plast. Her skal holdes for øje, at poserne formentlig udsorteres og brændes.

Fossile poser: Virgin plast eller med andel genanvendt plast

At have en fossil plastpose som indsamlingspose til madaffald kan forøge urenhederne i bioaffaldet. Borgerne kan opfatte at hvis den fossile plastpose bliver frasorteret på forbehandlingsanlæg, kan de sagtens putte andet slags plast og affald med i indsamlingsposen.

Horsens Kommunes fossile plastposer er delvist baseret på genanvendt plast. Kommunen har valgt at satse på kommunikationen om posen. Poserne kaldes meget bevidst *ikke* for 'plastposer', men kaldes konsekvent for 'grønne poser'. Horsens Kommune finder det er vigtigt for budskabet om, at poserne kun er til bioaffald, at skelne imellem en pose for bioaffald og en almindelig plastpose (COWI 2018).

4.3 Signalværdi af posens materiale

Biogen bionedbrydelig pose

Der er en signalværdi i, at kommunen anvender biogent materiale frem for fossilt materiale. Dog skal det kommunikeres, at de biogene bionedbrydelige poser har et vist fossilt indhold.

Biogen ikke-bionedbrydelig pose

Der er ikke erfaringer med biogene ikke-bionedbrydelige poser. Det kan forventes, at der, lige som med de biogene bionedbrydelige poser, ligger en signalværdi i at anvende biogent materiale frem for fossilt materiale.

Fossile poser med en andel af genanvendt plast

Der er en signalværdi i at kommunen har valgt poser af genanvendt plast. Her kan foreslås at anvende genanvendt plast indsamlet ved husholdningerne, hvis dette er muligt. Det undersøges i øjeblikket af NC Miljø om genanvendelse af plasten udsorteret på forbehandlingsanlæg til bioforgasning er mulig.

Fossile poser

Der er mulighed for at nogle borgere reagerer på uddeling af fossile plastposer, da fossil plast i stigende grad er opfattet som et miljøproblem blandt borgerne. Eksempelvis er der, i forbindelse med uddeling af plastposer til indsamling af madaffald i Sorø, oplevet, at enkelte borgere har spurgt til, hvorfor man deler plast ud og hvorfor man ikke anvender biogen bionedbrydelig plast (AffaldPlus 2018). Det kan opfattes som en dårlig signalværdi at kommunen uddeler tonsvis af fossil engangsplast til borgerne til indsamling af bioaffald og samtidigt har en strategi og tiltag for at mindske plastforbrug. Ved valg af en fossil indsamlingspose, er der derfor vigtigt at forklare borgerne hvorfor denne er valgt (eksempelvis kan den let udsorteres på forbehandlingsanlægget eller den er billig i indkøb).

5 Økonomi i hele værdikæden

Økonomien i hele værdikæden for de otte scenarier omfatter følgende udgifter:

- > Den samlede pris på indsamlingsposer til bioaffald årligt.
- > Pris for distribution af poser årligt.
- > Pris for indsamling af organisk affald årligt.
- > Pris for transport, forbehandling og bioforgasning årligt.
- > Pris for bortskaffelse af rejekt årligt.

Der er forudsat følgende for beregningerne baseret på oplysninger fra Københavns Kommune samt de leverandører af poser, som er interviewet i projektet:

- > Der anvendes 43 millioner poser om året (uanset posetypen). Det giver et forbrug svarende gennemsnitligt til 2,7 poser per uge per husstand, hvilket forventes at være et højt sat estimat.
- > Der indsamles 13.030 tons bioaffald om året i Københavns Kommune.
- > Udgifterne til indkøb af poser er dels taget fra markedsundersøgelser og ud fra Københavns Kommunes nuværende priser (biogen bionedbrydelig pose 0,3 kr., biogen ikke-bionedbrydelig pose 0,3 kr., fossil pose med genanvendt plast 0,12 kr., fossil pose virgin 0,12 kr.)
- > Udgifter til distribution af poser er sat til 23 millioner kr./år svarende til 0,53 kr./pr. pose.
- > Udgifter til indsamling af den organiske del er sat til 40 millioner kr./år svarende til 3.070 kr./ton.
- > Udgiften til transport, forbehandling, bioforgasning og forbrænding af rejekt er beregnet som en samlet fast pris på 650 kr./ton. Udgifterne til rejekt udskilles vha. nedenstående antagelser.
- > Rejektmængden er fastsat til 10% (svarende til 1.303 tons årligt) uanset posetypen.
- > Rejektet kan enten bortskaffes til forbrænding, bioforgasning (Solum) eller genanvendelse (NC Miljø) og til tre forskellige behandlingspriser: Forbrænding 435 kr./ton, Solum 370 kr./ton og NC Miljø 250 kr./ton.

I nedenstående tabel ses den årlige samlede udgift for hvert af de otte scenarier.

Tabel 3 Samlede udgifter til indsamling og behandling af bioaffald

Scenarier	Sc. 1	Sc. 2	Sc. 3	Sc. 4	Sc. 5	Sc. 6	Sc. 7	Sc. 8
Plasttype	Biogen bionedbrydelig pose		Biogen ikke-bionedbrydelig pose		Fossil pose virgin med genanvendt plast		Fossil pose virgin	
Affaldsbehandling	Bioforgasning	Forbrænding	Genanvendelse	Forbrænding	Genanvendelse	Forbrænding	Genanvendelse	Forbrænding
Indkøb af poser [millioner kr. pr. år]	12,90	12,90	12,90	12,90	5,16	5,16	5,16	5,16
Distribution af poser (millioner kr. pr. år)	23	23	23	23	23	23	23	23
Indsamling af organisk affald (millioner kr. pr. år)	40	40	40	40	40	40	40	40
Transport, forbehandling og bioforgasning [millioner kr. pr. år]	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Bortskaffelse af rejekt [millioner kr. pr. år]	0,48	0,57	0,33	0,57	0,33	0,57	0,33	0,57
Samlede udgifter i alt til bioaffald [millioner kr. pr. år]	84,08	84,16	83,92	84,16	76,18	76,42	76,18	76,42

Udgifter i alt til bioaffald per tons [kr. pr. ton]	6.453	6.459	6.441	6.459	5.847	5.865	5.847	5.865
Udgifter i alt til bioaffald per husstand [kr. pr. husstand]	274	275	274	275	249	249	249	249

Som det fremgår af tabellen, er der ikke den store forskel på de samlede årlige udgifter pr. ton organisk affald uanset hvilken posetype der anvendes. Dette skyldes at de store faste udgifter til distribution af poser og indsamling af organisk affald udgør så stor en del af den samlede omkostning at de øvrige udgifter, så som poseprisen, ikke får nogen særlig indflydelse.

6 Bionedbrydelighed (opsamling)

Nedenfor følger en opsamling på aktivitet 2 i dette projekt; bionedbrydning af indsamlingsposer til bioaffald. Det fulde notat kan findes i Bilag D: Bionedbrydning af indsamlingsposen i biogasanlæg og på marken, samt Bilag A: Oversigt over standarder.

Der er stor udvikling på området, hvorfor både eksisterende, igangværende og kommende standarder, metoder og projekter er blevet afdækket igennem litteratur og interviews.

Der blev primært set på biogene bionedbrydelige polymerer, og herunder bionedbrydelige fossile co-polymerer, der typisk vil findes heri (typisk stivelsesplast eller PLA med co-polymer PBAT, samt evt. kalk). Der sås også til dels på fossile og biogene ikke-bionedbrydelige polymerer.

I bilaget gives et kort overblik over, hvad der sker med poserne på **forbehandlingsanlæg**. Dette er interessant, idet det igennem projektet er fundet, at formen på plaststykkerne (hvor stort et overfladeareal) har stor betydning for hastigheden for bionedbrydning i de videre dele af værdikæden.

Forskning omkring **anaerob bionedbrydning** af bionedbrydeligt plast har vist, at nogle typer af bionedbrydeligt plast kan blive delvist bionedbrudt under termofile anaerobe forhold. Metoderne er dog forskellige og dermed svære at sammenligne, men ligger i omegnen af 10-60% efter 15 til 60 dage (De Wilde, et al. 2016, Endres og Siebert-Raths 2011, Alexandersson, et al. 2013, Hisaaki Yagi, Funabashi og Kunioka 2009).

Bionedbrydeligt plast er ikke designet til at blive bionedbrudt under anaerobe forhold, men ved industrielle komposteringsanlæg (aerobe forhold). I Danmark er våde mesofile biogasanlæg (TS indhold 8-15% og temperatur 37°C) mest almindelige, hvor der andre steder i Europa også findes f.eks. tørre termofile anlæg. Det meste litteratur undersøger bionedbrydning under termofile forhold og der findes ikke meget litteratur omkring mesofil bioforgasning af plast, og metoderne i den eksisterende litteratur er ofte forskellige, hvilket gør det vanskeligt at sammenligne resultater. Det må dog forventes at bionedbrydningshastigheden er langsommere ved mesofile forhold ift. termofile forhold. DTU var det eneste interviewede universitet, der har foretaget forsøg på dette område og forventer at lave flere forsøg i fremtiden. På de andre interviewede universiteter sker der en del forskning med fokus andre steder end konkrete forsøg ang. bionedbrydning.

Der mangler viden om, hvilke parametre der påvirker bionedbrydning af biopolymer under anaerobe forhold (Endres og Siebert-Raths 2011). Der er dog alligevel ud fra eksisterende litteratur fundet forhold, som har en væsentlig betydning for bionedbrydningen eller dennes hastighed i et biogasanlæg

- > Type af plast (PLA, stivelsesplast, andet), men også stivelsesplasts oprindelse. Især er det væsentligt om det er bionedbrydeligt eller ikke. Læg

mærke til om testen er udført på den rene polymer, eller med f.eks. plast-blødgører. Der er en tendens til at PLA har en lavere bionedbrydning end stivelsesplast-typerne.

- > Temperatur (mesofil/termofil). Tendens til størst bionedbrydning under termofile forhold.
- > Opholdstid i anlægget. Jo længere, jo større chance for bionedbrydning.
- > Forbehandling. Det affald som kommer ind i anlægget skal sorteres for urenheder og neddeles for at få en homogen sammensætning. Størrelsen og den fysiske form/overfladeareal på plasten kan have en betydning på bionedbrydningsraten.
- > Tykkelse på plasten. Jo tykkere plasten er jo længere tid tager det at bionedbryde.
- > Kalkindhold. Højere kalkindhold har en negativ effekt på varmefølsomheden af plasten og kan derfor øge bionedbrydningsraten af biopolymer.

Konklusionen er, at det er usandsynligt, at de fleste biobaserede bionedbrydelige indsamlingsposer når at blive fuldstændigt bionedbrudt indenfor 21 dage i et vådt mesofilt anlæg, men der kan forekomme en begyndende bionedbrydning.

Ligeledes findes der ikke meget litteratur omkring **bionedbrydning af plast på jord**, og metoderne i den eksisterende litteratur er også forskellige, hvilket gør det vanskeligt at sammenligne resultater. Der er fundet bionedbrydning i omegnen af 40-90 % efter 120 dage og op til 2 år for bionedbrydelig plast (Adhikari, et al. 2016, Biedermann, et al. 2016, di Franco, et al. 2004, Solaro, Corti og Chiellini 1998, Gómez, C og Jr. 2013)

Der er ikke fundet studier, der har set på plast, der har været igennem forbehandling, en biogasproces og hygiejniserings. Den svært bionedbrydelige del af plasten (stivelsesplast og tilsætningsstoffer med lav molekylær vægt bionedbrydes først) må formodes at være tilbage, og som (di Franco, et al. 2004) beskriver det, vil der evt. være en langsommere bionedbrydning, end det er observeret i studierne.

RUC har foretaget forsøg med, hvordan plast påvirker regnorme, som viser at plast ikke påvirker deres overlevelse, vækst, reproduktion eller nedgravningsadfærd, som dog er i modsætning til (Lwanga, et al. 2016), som dog ser på en anden ormeart end den der typisk findes i Danmark. I et undvigeforsøg er det fundet at kompostorm undgår jord med mikroplast. Det skal bemærkes at i undersøgelsen blev der brugt jord med 100 gange mere mikroplast end der vil forekomme ude på marken.

Den eksisterende litteratur viser, at den bionedbrydelige plast bionedbrydes delvist på landbrugsjord, men de standardiserede metoder (som litteraturen typisk er baseret på) involverer en højere temperatur, end hvad forholdene er på danske marker (20-28 °C sammenlignet med 6-10 °C).

Der er ikke i projektet fundet forsøg i Danmark, der undersøger bionedbrydning af plast på landbrugsjord. De følgende parametre er fundet at have betydning for bionedbrydningen på landbrugsjord;

- > **Plasttype (PLA, stivelsesplast, andet).** Det er væsentligt om plasten er bionedbrydeligt eller ikke. Læg mærke til om test er udført på den rene polymer, eller med f.eks. plastblødgørere. Desuden ser der ud til at være end forskel mellem de bionedbrydelige plasttyper.
- > **Plaststykkerens størrelse/form/overfladeareal.** Plasten vil iflg. BIOTEC være mindre partikler når den udspreddes på landbrugsjorden, sandsynligvis ikke synlige partikler (derfor kun mikro- eller nano-plast). ISO 17566 certificering kan laves med både pulver, film og stykker. Dette kan have betydning for bionedbrydningshastigheden, men sandsynligvis ikke den samlede bionedbrydning. Derfor skal man være forsigtig med at sammenligne testresultater fra forskellige plasttyper i forskellige forsøg, hvor der er anvendt forskellig form af testmaterialet.
- > **Temperatur.** Tendens til størst bionedbrydning under højere temperaturer, men dette er dog ikke undersøgt i litteraturen gennemgået omkring bionedbrydning af plast på jord.
- > **Jordtypen.** Naturlig jord vs. standard jord. Der er observeret stor variation ved bionedbrydning i naturlig jord i forhold til standard jord, men det kunne ikke bestemmes om dette skyldtes en variation i jorden, eller om det skyldtes andre forhold (temperatur, udluftningsforhold, eller materiale-koncentrationer i jorden).
- > **C:N forholdet er vigtigt,** da et højere N-indhold sikrer god bionedbrydning, ligesom vandindholdet også have indvirkning på bionedbrydningen, da det kan hjælpe med et vist vandindhold med bionedbrydningen og ved at bakterierne får adgang.
- > **Andre forhold som salt og sollys har også betydning for bionedbrydningen** (Rutkowska et al. i (di Franco, et al. 2004))
- > **Ved højere pH tilbageholdes mere CO₂ end i en naturlig jord,** hvor en lavere pH kan have atypisk mikrobiologisk aktivitet
- > **Bakterier og svampe:** Hastigheden af det biogene bionedbrydelige plastics bionedbrydning bliver forbedret ved en forøgelse af bakteriebiomassen i jorden (Adhikari, et al. 2016). Herudover finder (di Franco, et al. 2004) at tilstedeværelse af både bakterier og svampe øger bionedbrydningsraten.

Relevante standardmetoder for test af bionedbrydning af bionedbrydeligt plast i jordmiljøer er EN ISO 17556 og ASTM D-5988. Bionedbrydelighed er defineret i en række standarder/mærkningsordninger, bl.a. "OK biodegradable SOIL". Der findes flere bionedbrydelige landbrugsfilm, som har certificeringen OK biodegra-

dable Soil. Denne certificering foreskriver at der skal ske mindst en 90 % bio-nedbrydning indenfor to år, hvilket, grundet målemetoden, antages at være lig fuldstændig bionedbrydning.

7 Miljø

De fire forskellige indsamlingsposer består alle af forskellige plastmaterialer. De to biogene indsamlingsposer har et plantebaseret biogent indhold, mens de fossile poser kan have et indhold af genanvendt plast. Disse emner er berørt i dette afsnit. Herudover kan rejektet fra forbehandlingsanlægget have forskellige affaldsbehandlinger, som er undersøgt i miljøanalysen.

7.1 Overvejelser ved brug af biomasse (opsamling)

Når biomasse anvendes til ikke-fødevarer baserede formål, f.eks. til biobaseret plast, er den samlede miljøgevinst betinget af forskellige parametre, såsom den type af biomasse, der anvendes, dyrkningsforhold, dyrkningssted og forsyningskæden, der fragter biomassen fra landbrugsjorden til den endelige anvendelse. Dette er ikke medtaget i LCA'en (opsummeret i afsnit 7.3). Observationspunkter for valg af biomasse er opsummeret nedenfor og beskrevet yderligere i Bilag E.

I markedsundersøgelsen (se Bilag C), er det fundet at de biogene, både de bionedbrydelige og ikke-bionedbrydelige, indsamlingsposer er lavet både af fødevarer og restprodukter fra fødevarer afgrøder. Konkret er flg. afgrøder nævnt; majs, sukkerrør, biprodukter fra vegetabilsk olie, kartoffelskræller og vaskevand fra kartofler.

7.1.1 Biomassens oprindelse

Typen af biomasse som bruges til fremstilling af biogene bionedbrydelige og ikke-bionedbrydelige poser kan klassificeres på forskellige måder. Det kan være efter hvilken sektor biomassen stammer fra (f.eks. skov, landbrug eller marin) eller efter formålet med dyrkningen af biomassen som ofte klassificeres i tre kategorier:

- > Primær biomasse: De dyrkede afgrøder bruges direkte til fremstilling af poser og biomassen kan ikke bruges til andre formål. I dette tilfælde konkurrerer biomasse om land og anvendelse mod fødevarer som kan skabe problemer.
- > Sekundær biomasse: Den residuale biomasse der er tilbage, når den primære biomasse er fjernet (f.eks. skaller og skræller),
- > Tertiær biomasse: Affaldsstrømmen fra dyrkning af den primære afgrøder (f.eks. animalske rester, brugt olie og gylle).

Klassifikationen af biomassen er vigtig for den samlede miljøprofil af pose materialet, da forskellige typer vil give forskellige miljøpåvirkninger alt efter hvilken afgrøder der bruges og afgrødernes alternative anvendelser.

Produktion af poser lavet af biomasse er under stadig udvikling, og der forskes i at anvende forskellige udgangsmaterialer til at fremstille biobaseret plast. Det er dog stadig oftest sådan, at biomaterialer fremstilles af primær biomasse, hvilket nødvendigvis mindsker miljøgevinsten. Ydermere kan det ofte være svært at identificere på baggrund af dokumentation, hvilken biomasse der har været udgangspunkt for fremstillingen af posen.

Der kan i udbuddet af indsamlingsposerne lægges vægt på, at information om posens biomateriale så vidt muligt indhentes og at der gives point for dokumentation af biomassens oprindelse, samt at denne ikke kommer fra fødevarer.

7.1.2 Arealanvendelsesændringer

Den biomasse, der anvendes til produktion af biobaseret plast, kan endvidere bidrage til arealanvendelsesændringer. Det vil primært være et problem for primær biomasse men kan også være et tilfælde for sekundær biomasse. Der kan forekomme både direkte (omlægning af naturarealer til dyrkning af afgrøder) og indirekte arealanvendelsesændringer (omlægning af dyrket jord som så skal flytte til andet område og derfra omlægges et naturområde).

Under nuværende EU regler må direkte arealanvendelse ikke finde sted, hvis biomassen skal være godkendt til brug i biobaserede poser. Indenfor EU er direkte arealanvendelsesændringer generelt ikke et problem men er et hyppigt problem i de tropiske lande. Det skal bemærkes at miljøgevinsten ved brug af biomaterialer i stedet for fossile materialer går tabt, hvis der omlægges fra skov til landbrug.

Problemet med indirekte arealanvendelsesændringer reguleres i EU. Der er udgivet en liste over afgrøder som ikke bør bruges til fremstilling af bioposer pga. risiko for indirekte arealanvendelsesændringer (se Bilag E).

7.1.3 Biodiversitet

Biodiversitetstab som følge af produktion af biobaserede indsamlingsposer relaterer sig til dyrkningen af afgrøder til biomaterialer. Både de direkte og indirekte arealanvendelsesændringer nævnt ovenfor har betydning for biodiversitetstab. Dyrkning af afgrøder samt landbrug er hovedårsagerne til biodiversitetstab i dag pga. arealanvendelser, ødelæggelse af primære økosystemer, overudnyttelse og forurening af vand og jord. Nogle afgrøder fodrer større biodiversitet end andre og der har dyrkningspraksissen en høj påvirkning.

Hvis der skal tages højde for beskyttelse af biodiversitet ved valg af biobaserede produkter, er det vigtigt at forholde sig til, hvor afgrøderne til biomaterialerne er dyrket, hvordan de er dyrket, og hvorvidt øget efterspørgsel vil resultere i indirekte arealanvendelsesændringer.

Biodiversitetstab forekommer også ved fremstilling af fossilt plast fra råmaterialet. Udvinningen af olie kan foregå både på land og til havs, og påvirker enten terrestriske, akvatiske eller marine økosystemer negativt, direkte eller indirekte.

7.1.4 FNs verdensmål

Tab af biodiversitet er en meget vigtig global udfordring i opfyldelsen af FN's 17 verdensmål. Verdensmålene 14 "Livet i havet" og 15 "Livet på land" er direkte relateret til biodiversitet. Men der er imidlertid flere andre af verdensmålene, der har relation til anvendelse af biomasse, herunder 2 "Stop sult", 6 "Rent vand" og 12 "Ansvarlig forbrug og produktion".

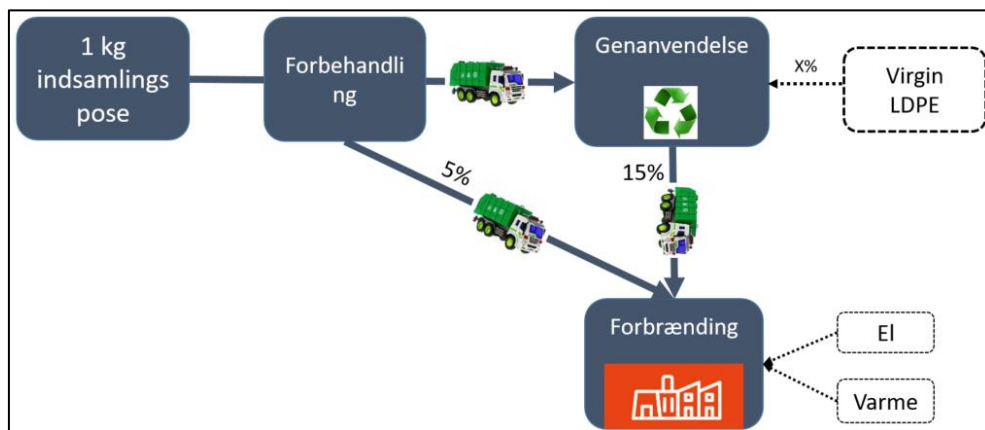
7.2 Genanvendt plast

Det skal pointeres, at genanvendt plast kan defineres som flere ting, som vil have en forskellig miljømæssig fordel. Det genanvendte indhold kan komme fra industrispild (fra poseproducenten selv), plast, der er genanvendt fra industrien eller plast, der er genanvendt fra husholdninger. Der vil selvklart være forskel på, hvilke miljømæssige fordele der er ved at anvende disse forskellige niveauer af genanvendt plast.

7.3 Miljøanalyse (opsamling)

COWI har udarbejdet en forenklet miljøanalyse af de fire forskellige indsamlingsposer. For hver pose er der modelleret to affaldsbehandlingsscenarier, i alt otte scenarier, se Figur 1 i indledningen. I Bilag E præsenteres livcyklusanalysen i detaljer.

Medtaget i miljøanalysen er ekstraktion af råvarer, råvareproduktion, energiforbrug ved materialeproduktion samt affaldsbehandling af poserne. Blæsestøbning af materiale til poser er ikke medtaget. Transport af posen til borgerne er ikke medtaget på grund af begrænset data og usikre faktorer, men dog forventes dette kun at være en minimal andel af miljøpåvirkningerne. Indsamling og forbehandling forventes at være det samme for alle scenarier og vil derfor ikke betyde noget i sammenligningen. Data for materialeproduktionen er taget fra litteratur, mens affaldsbehandlingen er modelleret i LCA-programmet EASETECH. Figur 3 viser et flowdiagram for genanvendelsesscenarierne. For de andre scenarier (bioforgasning og forbrænding) vises der flowdiagrammer i Bilag E.



Figur 3 Flowdiagram for genanvendelse (scenarie 3, 5 og 7). De stiplede linjer betyder, at der sker en substitution.

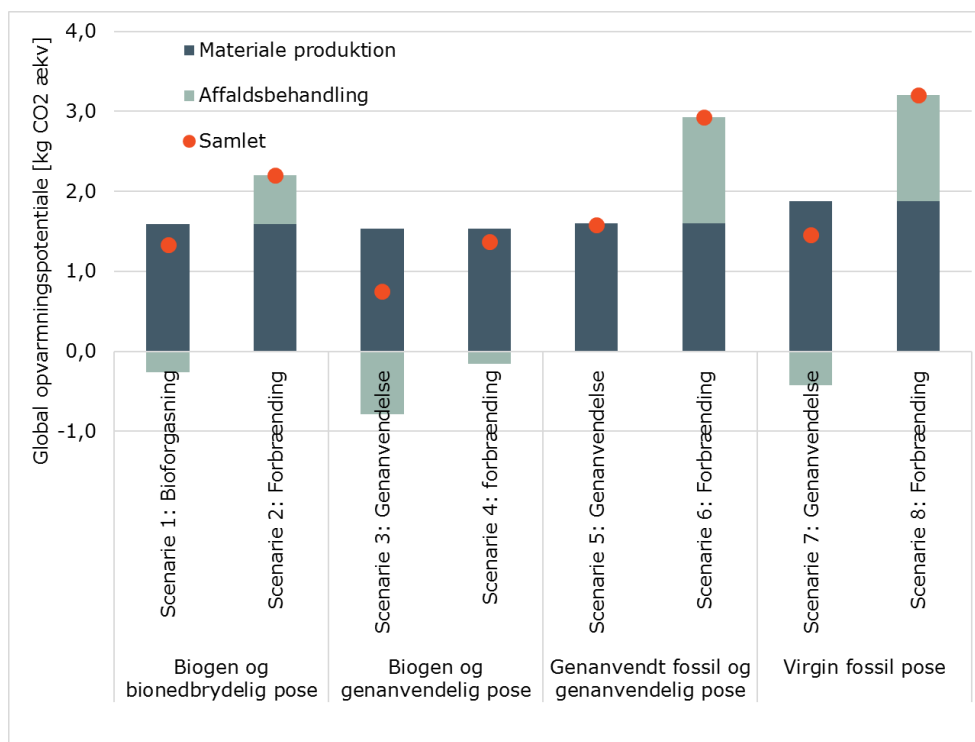
Der er ikke stor forskel på miljøpåvirkningerne fra materialeproduktionen af de fire indsamlingsposers materialer. CO₂ udledningen er højst for materialeproduktion af fossil LDPE, på 1,9 kg CO₂ ækv./kg. Bionedbrydeligt biogent materiale har en udledning på 1,6 kg CO₂ ækv./kg og det biogene ikke-bionedbrydelige materiale på 1,5 kg CO₂ ækv./kg.

Resultaterne fra LCA'en, se Figur 4, viser, at scenarierne med forbrænding af fossile plastposer giver den største udledning af CO₂ ækv. på grund af direkte emissioner. Det scenarie, som performer bedst mht. global opvarmning, er genanvendelse af den biogene indsamlingspose, der giver besparelser ved substitution af LDPE samt lavere direkte emissioner fra forbrænding af det frasorterede plast. Bioforgasning af den biogene bionedbrydelige pose viste en besparelse fra bioforgasningen og dette scenarie er det andet mest fortrukne scenarie mht. CO₂ ækv.

Hvis der tages udgangspunkt i det nuværende scenarie for affaldsbehandling af indsamlingsposer i Danmark vil den blive forbrændt og de biogene ikke-bionedbrydelige poser have den laveste CO₂ udledning.

På nuværende tidspunkt er kun scenarierne 2, 6 og 8 realistiske scenarier for Københavns Kommune. Det skyldes at scenarie 1 skal undersøges ift. fremtidig behandling. For scenarierne 3 og 4 har markedsundersøgelsen vist at den biogene pose et meget lille marked. For scenario 5 og 7 er teknologien til genanvendelse af indsamlingsposer ikke færdigudviklet. Når scenarie 2, 6 og 8 sammenlignes er det den biogene bionedbrydelige pose til forbrænding det scenarie med lavest miljøbelastning.

Miljøbelastningen fra de biogene bionedbrydelige og de biogene ikke bionedbrydelige poser er blandt andet afhængig af hvor højt indholdet af biogent kulstof er i posen. Jo højere biogent kulstof jo lavere er miljøbelastning i affaldsbehandlingen. Markedet er i høj udvikling og der forventes at det biogene indhold i poserne vil stige i den nærmeste fremtid og dermed vil miljøbelastningen i affaldsbehandlingen mindskes.



Figur 4 Resultater fra livscyklusvurderingen for global opvarmning af de otte scenarier. Det røde punkt er den samlede CO₂ emission fra både materialeproduktion og affaldsbehandling.

I Bilag E præsenteres resultater for andre miljøkategorier (forsuring, nærings-saltsbelastning, partikler, fotokemisk ozondannelse og abiotisk ressourceudtømming).

8 Litteraturliste

- Adhikari, Dinesh, Masaki Mukai, Kenzo Kubota, Takamitsu Kai, Nobuyuki Kaneko, Kiwako S. Arakai, og Motoki Kubo. 2016. »Degradation of Bioplastics in Soil and Their Degradation Effects on Environmental Microorganisms.« *Journal of Agricultural Chemistry and Environment* (Scientific Research Publishing) 23-34.
- AffaldPlus, interviewet af Asbjørn Wejdling. 2018. *Wejdling, Henrik* (03. 10).
- Alexandersson, Louise, Sandra Persson, David Palm, Jenny Lexén, Carl Rosén, Ulf Nordberg, og Lars Frid. 2013. *Biopåse för matavfall*. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås: Waste Refinery.
- Audsley, Eric, Matthew Brander, Julia Chatterton, Donal Murphy-Bokern, Catriona Webster, og Adrian Williams. 2010. *How low can we go? An assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope reduction by 2050. Report for the WWF and Food Climate Research Network*.
- Biedermann, E, D Birassoulis, B De Wilde, F Degli Innocenti, P Jame, C Lott, D Makarow, et al. 2016. *Opening markets for bio-based products: Standardisation, labelling and procurement. Work package 5: In situ biodegradation*. Open BIO.
- Borregaard, Jens, interviewet af Jesper Keur Devantier. 2017. København, (06. 12).
- Butt et al. 2013. »Biodiversity risks from fossil fuel extraction.« *Science* 342.6157: 425-426.
- COWI. 2018. *Madaffaldsordning i Herlev Kommune - Baggrundsnotat*. Lyngby: COWI.
- COWI. 2017. *Posekvalitetens og materialets betydning for indholdet af fysiske urenheder i biopulp*. Lyngby: COWI.
- De Wilde, Bruno, Nike Mortier, Miriam van Eekert, Maarten van der Zee, Maurizio Tosin, og Michele Pognani. 2016. *Opening bio-based markets via standards, Work package 6 ,Deliverable N° 6.8: Validated biogasification test*. Gent: Open-BIO.
- Delft, CE. 2017. *Biobased Plastics in a Circular Economy*. Ministry of Infrastructure and Environment .
- di Franco, C.R., V.P. Cyras, J.P. Busalmen, R.A. Ruseckaite, og A. Vázquez. 2004. »Degradation of polycaprolactone/starch blends and composites with sisal fibre.« *Polymer Degradation and Stability* (Elsevier) 86: 95-103. doi:10.1016/j.polymdegradstab.2004.02.009.
- Durlinger, Bart, Elena Koukouna, Roline Broekema, og Mike van Paassen & Jasper Scholten. 2017. *Agri-footprint 3.0 Part1: Methodology and basic principles*. Gouda.
- EBBC. 2017. *Easy guide: Biodiversity Criteria in Standards and Labels for the Food Sector*. European Business and Biodiversity Campaign, EBBC.
- Endres, Hans-Josef, og Andrea Siebert-Raths. 2011. »Chap. 6: End-of-Life Options for Biopolymers.« I *Engineering Biopolymers: Markets, Manufacturing, Properties and Applications*., af Hans-Josef Endres og Andrea Siebert-Raths, 225-243. Munich: Hanser Publishers.
- EU Directive. 2015. »Directive (EU) 2015/1513 of the European Parliament and of the Council of 9 September 2015 amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewabl.«

- Official Journal of the European Union, L239* (The European Parliament and the Council of the European Union) 1-29. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2015/1513/oj>.
- European Commission. 2017. »Bio Fuels: Land use change.« *European Commission*. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels/land-use-change>.
- Furesø, interviewet af Jesper Keur Devantier. 2017. (01. 12).
- Gómez, Eddie F., Frederick C, og Michel Jr. 2013. »Biodegradability of conventional and bio-based plastics and natural fiber composites during composting, anaerobic digestion and long-term soil incubation.« *Polymer Degradation and Stability* 2583-2591.
- Hansen, Daniel Lyng, interviewet af Asbjørn Wejdling. 2017. *Vestforbrænding* (01. 12).
- Henriksson, Gunilla. 2010. *Kartläggning av utvecklingsarbete samt problem vid olika insamlingstekniker för matavfall*. Borås: Waste Refinery.
- Hisaaki Yagi, Fumi Ninomiya, Masahiro Funabashi, og Masao Kunioka. 2009. »Anaerobic Biodegradation Tests of Poly(lactic acid) under Mesophilic and Thermophilic Conditions Using a New Evaluation System for Methane Fermentation in Anaerobic Sludge.« *International Journal of Molecular Science* 3824-3835.
- Hjørring, interviewet af Asbjørn Wejdling. 2017. *Fra diskussion på KL konference 11/2017* (28. 11).
- Lwanga, E.H., H Gertsen, H Gooren, P. Peters, T. Salánki, M. van der Ploeg, E. Besseling, A.A. Koelmans, og V. Geissen. 2016. »Microplastics in the terrestrial ecosystem: Implications for Lumbricus terrestris (Oligochaeta, Lumbricidae).« *Environmental Science and Technology* 50: 2685-2691.
- Miljø- og Fødevareministeriet. 2018. »Biodiversitet - Livets byggesten.« *Miljø- og Fødevareministeriet, Miljøstyrelsen*. <https://mst.dk/naturvand/natur/biodiversitet/>.
- Miljøstyrelsen. 2017. *Majspose løftede madaffaldets kvalitet i Frederikssund*. 28. 02. <http://genanvend.mst.dk/nyheder/nyhedsarkiv/2017/majspose-loeftede-madaffaldets-kvalitet-i-frederikssund/>.
- Narayan, Ramani. 2017. »Biodegradable and Biobased Plastics: An Overview.« I *Soil degradable Bioplastics for a Sustainable Modern Agriculture*, af Mario Malinconico, 23-34. Green Chemistry and Sustainable Technology. doi:10.1007/978-3-662-54130-2.
- Rødovre Kommune, interviewet af Jesper Keur Devantier. 2017. *Interview om KOD* (01. 12).
- Schmidt, Jannick Højrup, og Ivan Munos. 2014. *The carbon footprint of Danish production and consumption: Literature review and model calculations*. Energistyrelsen.
- Solaro, Roberto, Andrea Corti, og Emo Chiellini. 1998. »A New Respirometric Test Simulating Soil Burial Conditions for the Evaluation of Polymer Biodegradation.« *Journal of Environmental Polymer Degradation* 6 (4).
- Tonini, Davide, Lorie Hamelin, og Thomas F. Astrup. 2016. *Environmental implications of the use of agro-industrial residues for biorefineries: application of a deterministic model for indirect land use changes*. *Gcb Bioenergy*, 8(4): 690-706.
- UN. 1992. *Convention on Biological Diversity*. United Nations, UN.
- UNEP. 2016. *Food Systems and Natural Resources. A Report of the Working Group on Food Systems of the International Resource Panel*. Westhoek,

H, Ingram, J, Van Berkum, S, Özay, L and Hajer, M., United Nations Environment Programme.

WWF. 2018. *Extracting responsibility*. www.panda.org.

Ørnstrup, Niels Holm, og Claus Petersen. 2016. *Mere genanvendelse i henteordninger*. København: MST Genanvend.