

Kortlægning af teknologier til effektiv udnyttelse af dybstrøelse til biogas

Kurt Hjort-Gregersen, Teknologisk Institut - AgroTech

Januar 2019

Indhold

1. Baggrund
2. Formål
3. Indledning
4. Typer af teknologi
 - 4.1 Tør indfødning – ofte uden neddeling
 - 4.2 Oprøring med gylle i fortank – oftest snittepumpe + macerator på pumpestræng
 - 4.3 Snegling ind i pumpestrøm af gylle efterfulgt af macerator
 - 4.4 Kraftig mekanisk neddeling før opblanding i fortank
 - 4.5 Kavitation og elektronisk desintegration
5. Emissioner under håndtering af dybstrøelse
6. Konklusioner

1. Baggrund

Indenfor de seneste 10 år har danske biogasanlæg i stigende grad fået øje på dybstrøelse som den meget betydelige ressource til biogasproduktion, den udgør. Faktisk findes ca. 1/3 af al tørstof i husdyrgødning i Danmark i form af dybstrøelse. Samtidig er det en koncentreret biomasse, som anlæggene kan øge tørstofindholdet i reaktorerne i forhold til den kvæg- og svinegylle, der i øvrigt anvendes.

Det er imidlertid ofte en udfordring at få dybstrøelsen ind i anlæggene på en måde, hvor det kan håndteres i de flydende systemer, og hvor risikoen for, at den danner flydelag, kan kontrolleres.

Denne rapport er en kortlægning af de metoder og teknologier til neddeling og indfødning af dybstrøelse og de erfaringer, der er til rådighed om brugen af dem. Undersøgelsen er en aktivitet under INBIOM (Innovationsnetværket for biomasse), støttet af Uddannelses- og Forskningsministeriet og udført af Teknologisk Institut – AgroTech.

2. Formål

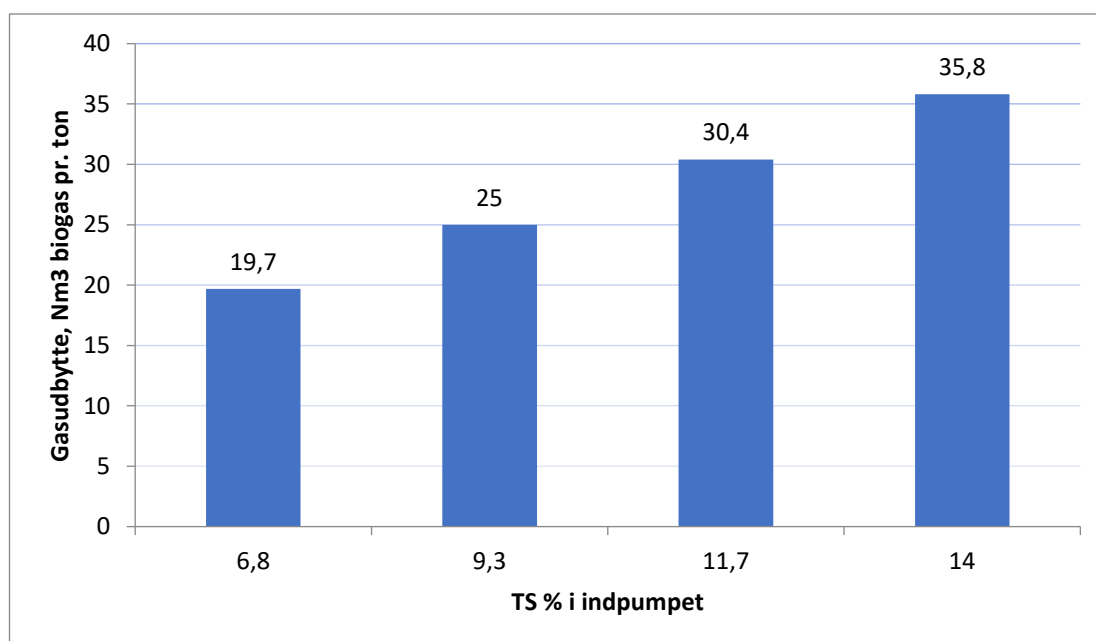
Formålet med rapporten er at give et overblik over teknologier og metoder, der kan bruges til forbehandling og indfødning af dybstrøelse i biogasanlæg samt at videreformidle erfaringer med anvendelse af de beskrevne teknologier.

3. Indledning

Som led i Tysklands imponerende udbygning med gårdbiogasanlæg fra ca. 2005 blev der udviklet en bred vifte af udstyr til homogenisering, neddeling og indfødning af faste biomasser til biogasanlæg. Det var derfor nærliggende at tænke, at dette udstyr også kunne anvendes til dybstrøelse i Danmark. Det viste sig i flere tilfælde at volde problemer, for selvom udstyret fungerede glimrende til fx majsensilage, kom det ofte til kort overfor dybstrøelsen, især fordi den ofte indeholder fremmedlegemer i form af sten, jern og plastik. Udfordringen med fremmedlegemer er fortsat det dominerende problem for anvendelsen af dybstrøelse til biogasproduktion. For selvom de fleste af de systemer, der nu er bragt i anvendelse i Danmark er i stand til at håndtere mindre fremmedlegemer, udgør disse stadig en risiko for driftsstop og ikke mindst slid på neddelere og pumpesystemer.

Når et biogasanlæg skal se sig om efter et system til homogenisering, neddeling og indfødning af dybstrøelse, må der i valget tages hensyn til biogasanlæggets øvrige konfiguration, således at valget af udstyr så at sige passer til anlægget. Man skal med andre ord gøre sig klart, hvad man vil opnå, hvilken biomasse der er tale om, og hvordan det efterfølgende kan forbehandles og indfødes.

Der er særdeles god grund til at anvende dybstrøelse i biogasanlæg. Dels er dybstrøelsen ofte gratis, men det betyder meget for produktionsomkostningerne pr. energienhed, hvor meget tørstof der kan håndteres i anlægget. Dette illustreres i nedenstående figur 1.



Figur 1. Beregnet biogasproduktion ved stigende tørstofindhold

Kilde: Udvikling og effektivisering af biogasproduktion i Danmark, Økonomi, nøgletal og benchmark
K. Hjort-Gregersen, 2015

4. Typer af teknologi

Teknologier til homogenisering, neddeling og indfødning kan overordnet inddeles i 4 typer. En femte type udgøres af teknologier til desintegration af biomassen i en pumpestrøm.

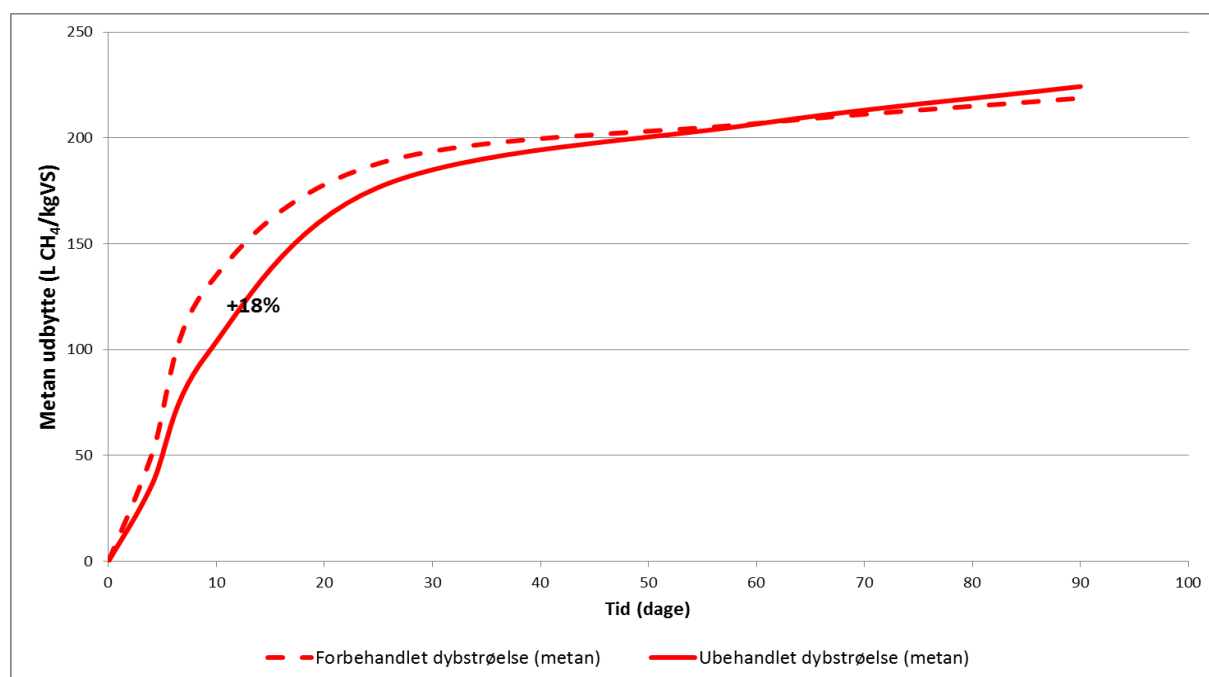
1. Tør indfødning – ofte uden neddeling
2. Oprøring med gylle i fortank – ofte snittepumpe og/eller macerator på pumpestrøg
3. Snegling ind i pumpestrøm af gylle efterfulgt af macerator
4. Kraftig mekanisk neddeling før opblanding i fortank
5. Kavitation og elektronisk desintegration.

Som nævnt er det vigtigt at holde sig for øje, hvad man vil opnå ved installation af udstyr til homogenisering, neddeling og indfødnings af dybstrøelse. De teknologier, der er omfattet af kortlægningen, har i sagens natur forskellige egenskaber og omkostninger. Man kan i varierende grad opnå følgende:

- Øget pumpbarhed
- Smidig varmeveksling
- Øget gasudbytte
- Øget gasproduktion
- Mindre tendens til flydelag
- Mindre bøvl
- Minimering af omkostninger

Det er de færreste systemer, der fungerer helt uden neddeling, men de findes. Andre indføder ganske vist uden egentlig neddeling, men har så en macerator på pumpestrøgen. Teknologisk Institut har ikke kendskab til undersøgelser, der kan vise neddelingsgradens betydning for dannelse af flydelag, men det må være rimeligt at antage, at neddeling øger opfugtningen af halmdele og gør det lettere at få luften ud af halmstråene, der ellers vil skabe opdrift. Neddeling vil også være nødvendig hos anlæg, der anvender varmevekslere til opvarmning eller varmegenindvindning.

Spørgsmålet, om hvorvidt neddeling øger gasudbyttet, er til diskussion. Undersøgelser fra Aarhus Universitet tyder på, at neddeling medfører, at gassen så at sige kommer hurtigere ud. Forskellen til ikke neddelt halm udligner sig til gengæld over tid, som vist i nedenstående eksempel i figur 2.



Figur 2. Eksempel på gasudbytte over tid ved forbehandling

Kilde: Udvikling og effektivisering af biogasproduktion i Danmark, Fagrapport, H.B. Møller

Figuren viser klart, at dybstrøelsen slipper gassen hurtigere, når den er neddelt, men at forskellen er udlignet ved 60 dages opholdstid. Allerede efter 40 dage ligger kurverne ret tæt på hinanden.

Har man derfor et anlæg med kort opholdstid og ønsker at anvende dybstrøelse, kan det give god mening at overveje en kraftig neddeling. Har man derimod et anlæg med en lang opholdstid, kan man overveje at undlade neddeling, forudsat den øvrige anlægskonfiguration tillader det, herunder opvarmningssystem, omrørersystem og kapacitet samt pumper.

4.1. Tør indfødning – ofte uden neddeling

Tør indfødning kan udføres ved flere simple metoder. I nedenstående eksempler er medtaget et batchanlæg, et anlæg, hvor dybstrøelsen skubbes ind via en tragt, og et hvor dybstrøelsen snegles direkte ind i reaktoren.

Leverandørfirmaer:

Aria Energie	(Frankrig)
Sauter	(Tyskland)
JH bioenergi	(Danmark)

Eksempler på anlæg med tør indfødning uden neddeling findes i figur 3, 4 og 5.



Figur 3. Eksempel på fransk batchanlæg, ARIA Energie

Foto: Kurt Hjort-Gregersen

I Frankrig er dybstrøelse ganske udbredt på malkekvægbedrifter. Franske ARIA Energie har derfor udviklet et anlægskoncept, hvor dybstrøelsen lægges i en række specielle siloer, hvorefter dybstrøelsen overdækkes gastæt. Biogasprocessen holdes i gang ved overbrusning med væske, der recirkuleres. Det viste anlæg findes i Burgogneregionen i Frankrig og producerer efter ejerens udsagn forbavsende meget gas. Det var dog tydeligt for de besøgende, at der var problemer med at holde overdækningen gastæt. Systemet er robust overfor fremmedlegemer, idet der ikke er hverken pumper eller omrørere, bortset fra pumper til recirkulering af væske.



Figur 4. Biomassen skubbes ind via en tragt på ydersiden af reaktoren på et Sauter anlæg i Tyskland.

Kilde: PlanEnergi, 2017

Tyske Sauter har udviklet et anlægskoncept, hvor dybstrøelse og andet fast materiale kan skubbes ind via en tragt i siden af den første reaktortank. Anlægget udmærker sig ved, at der hverken er pumper eller omrørere i anlægget. Ved overløb løber gyllen af sig selv til den sekundære reaktor. På den måde minder systemet om de amerikanske plug-flow anlæg, der dog som oftest er firkantede. I stedet for omrøring overbruses flydelaget med tynd gylle fra midten eller bunden af tanken. Eventuelle fremmedlegemer vil blive liggende på bunden af den første reaktortank.



Figur 5. Biomassen snegles ind via en tragt. Gårdanlæg i Tyskland

Foto: Kurt Hjort-Gregersen

Billedet er fra et tysk gårdbiogasanlæg, hvor dybstrøelsen snegles direkte ind i reaktortanken med en kraftig snegl via en tragt monteret ovenpå sneglen. Den kraftige snegl kan nok håndtere mindre fremmedlegemer, der efterfølgende vil lægge sig på bunden af reaktortanken. Større fremmedlegemer vil sandsynligvis give problemer for sneglen.



Figur 6. Snegle til løft og indføding, Kroghsminde Biogas

Foto: Kurt Hjort-Gregersen

Danske JH Bioenergi bygger anlæg på basis af et anlægskoncept fra tyske AgriComp. Indfødningsystemet består af en opriver med udfødningsnegl, en løftesnegl og en indfødningsnegl. Konceptet udmærker sig ved at have en kraftig horisontal omrører, den såkaldte kæmpepaddel, der ved langsom omdrejning sørger for at evt. flydelag trækkes ned i gyllen. Motoren til paddelomrøreren kan ses yderst til højre på billedet. Systemet kan nok klare mindre fremmedlegemer, men større fremmedlegemer vil kunne give problemer for sneglene.



Figur 7. Bånd og snegl til indfødnings, Aarhus Universitet

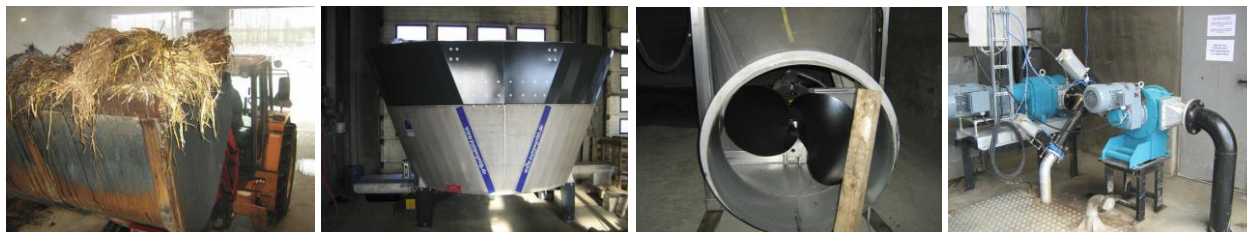
Kilde: PlanEnergi

På biogasanlægget ved Aarhus Universitet i Foulum anvendes et bånd til at løfte biomassen i stedet for en løftesnegl. Systemet fungerer udmærket.

4.2. Oprøring med gylle i fortank – oftest snittepumpe + macerator på pumpestrøg

Leverandørfirmaer:

Lundsby Bioenergi	(Danmark)
Combigas	(Danmark)



Figur 8. Indfødningsystem til dybstrøelse hos Bånlev Biogas.

Fotos: Arne Jensen

En af de første til at anvende dybstrøelse til biogasproduktion er fællesanlægget Bånlev Biogas. Her designede man selv et system bestående af en mixer og en fortank med kraftig omrøring. En specialdesignet, højdejusterbar omrører monteret i en tragt trækker dybstrøelsen ned i gyllen i en lille fortank. Efter grundig omrøring pumpes blandingen via en macerator videre ind i anlægget. Ideen er, at eventuelle fremmedlegemer vil synke til bunds i fortanken, hvorfra de senere kan fjernes. En erfaring her er, at blandingen kan blive så tyk, at mindre sten eksempelvis holdes svævende i massen og ikke synker til bunds.



Figur 9. Standardsystem hos Lundsby Biogas, her hos Viftrup Biogas.

Foto: Kurt Hjort-Gregersen.

På nyere anlæg leveret af Lundsby Biogas består indfødningsystemet til dybstrøelse typisk af en biomixer (rød farve) og en relativt lille fortank med kraftig omrøring, hvor dybstrøelse opblandes med gylle. Ved hjælp af en langakslet snittepumpe sendes blandingen via en macerator videre ind i biogasanlægget. Lundsby Biogas har leveret ca. 10 anlæg i Danmark med tilsvarende systemer.



Figur 10. Indtag til faste biomasser på Combigas, her Sdr. Vium

Kilde: Biogasanlæg til afgangning af kløvergræs og andre faste biomasser. E. Fog, SEGES

Noget tilsvarende kendes fra anlæg leveret af Combigas. Dybstrøelsen væltes ned i en lille fortank med kraftig omrøring og sendes ind i anlægget via en snittepumpe. Systemet er udviklet i samarbejde med Landia, der leverer pumpe og omrørere. Combigas har 3 anlæg i drift i Danmark med dette system.

4.3. Snegling ind i pumpestrøm af gylle efterfulgt af macerator (PreMix)

Leverandørfirma:

Vogelsang (Tyskland)

Et relativt nyt system, der allerede har vundet en vis udbredelse i Danmark, er PreMix systemet, der produceres af tyske Vogelsang og forhandles af den danske afdeling i Tarm. Dybstrøelsen homogeniseres i en mixer, hvorefter den snegles ind i PreMix enheden. Her blandes den med en pumpestrøm af gylle, hvorefter blandingen passerer gennem en macerator, der er integreret i enheden. Foran knivene er der et hulrum, der tillader mindre fremmedlegemer at synke ned i et bundkar, hvorfra de manuelt eller automatisk kan udtages afhængigt af den valgte model. Efter opblanding og snitning pumpes blandingen videre ind i anlægget.



Figur 11. Vogelsang PreMix

Kilde: Vogelsang.dk



Figur 12. PreMix i aktion på Ribe Biogas

Foto: Kurt Hjort-Gregersen

Her ses den røde mixer til højre og PreMix enheden lidt til venstre for midten.

Vogelsang har 13 referencer på solgte PreMix i Danmark, hvoraf nogle biogasanlæg har købt 2 PreMix-enheder.

4.4. Kraftig mekanisk neddeling før opblanding i fortank

Leverandørfirmaer:

X-chopper er dansk produceret, Haybuster og I-Grind er amerikanske, de øvrige tyske.

Produktnavn

Forhandles af:

Haybuster

PS Machinery

I-Grind

Grønning smede og maskinforretning

X-chopper

Xergi

Bomatic Bioknuser

LSH Biotech

Bio-QZ	Andritz
RGB Biogrinder	Lobe Aps
Hamtermøller – mobile	AB Skovservice, Haybuster, I-Grind
Hamtermølle – stationær	Huning
Kollermølle (kahl)	AST/GO-Trading
Extruder	Lehmann

Bortset fra Extruderen har de nævnte neddelere alle enten roterende hamre/køller eller slagler/kæder. Fælles for dem er, at der skal bruges en del energi til driften, ligesom der erfaringsmæssigt er et relativt stort slid på de bevægelige dele ved neddeling af dybstrøelse, især i forbindelse med fremmedlegemer. Det betyder, at der jævnligt skal skiftes sliddele, hvor maskinen skal standses og åbnes manuelt og nye dele sættes i.

Der er ikke gennemført en sammenlignende test af de forskellige neddelertyper, men det vurderes, at de alle kan neddele dybstrøelse til et særdeles attraktivt substrat til biogasproduktion. Bortset fra ekstruderen vil de alle kunne knuse mindre fremmedlegemer, hvorimod store sten og jern, der kan forekomme i dybstrøelse må forventes at volde problemer.



Figur 13. Haybuster

Kilde: Udvikling og effektivisering af biogasproduktion i Danmark, Faglig rapport, AU og PlanEnergi

Haybusteren er en traktortrukket hamtermølle med et betydeligt kraftbehov, primært udviklet til snitning af halm.



Figur 14. I-Grind.

Kilde: I-Grind.dk

I-Grind er en relativt ny maskine på det danske marked. Den er noget kraftigere end haybusteren. Der er solgt 7 maskiner i Danmark til maskinstationer, der bl.a. servicerer biogasanlæg.



Figur 15. Mobil hammermølle i funktion for AB Skovservice

Kilde: AB Skovservice.dk

AB Skovservice har optimeret en stor grenknuser til neddeling af dybstrøelse. Maskinen aflægger jævnligt besøg hos en række gårdbiogasanlæg rundt om i landet.



Figur 16. Stationær hammermølle hos Thorsø Biogas

Kilde: Udvikling og effektivisering af biogasproduktion i Danmark, Faglig rapport, AU og PlanEnergi

Thorsø Biogas installerede for nogle år siden en stationær hammermølle fra tyske Huning. Møllen fødes fra en opriver med walking floor og en snegl. Efterfølgende røres den neddelte dybstrøelse op i en fortank. Maskinen kan klare mindre fremmedlegemer.



Figur 17. X-Hopper og X-Chopper hos Vegger Biogas

Kilde: Udvikling og effektivisering af biogasproduktion i Danmark, Faglig rapport, AU/PlanEnergi samt Xergi

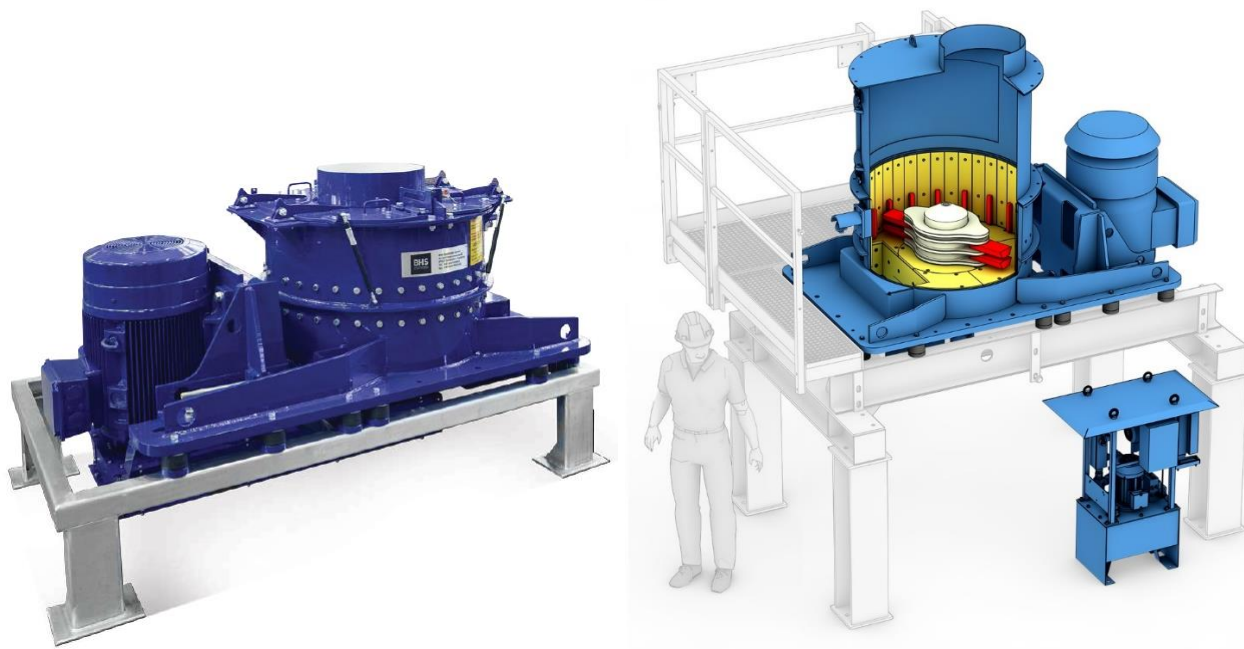
Firmaet Xergi udviklede for nogle år siden deres egen kædeknuser, X-chopper. Knuseren har to kæder med en jernklods for enden til neddeling af dybstrøelse. Den blev efterfølgende installeret på de første anlæg, som Nature Energy opførte. I alt er der solgt 6 stk. i Danmark



Figur 18. Bomatic Bioknuser

Kilde: LSH-Biotech.dk

Bomatic Bioknuser har fastmonterede køller til neddeling af dybstrøelse. LSH-Biotech har 2 referencer i Danmark.



Figur 19. RGB Biogrinder i hidtidigt og nyt setup

Kilde: Lobe Aps.

RGB Biogrinder har ligeledes fastmonterede køller til neddeling. Lobe har 3 referencer i Danmark indtil nu og 2 mere på vej.



Figur 20. ME-WA Bio-ZQ kædeknuser og nyt design fra Andritz

Kilde: Økologisk Biogas, E. Fog, SEGES og ANDRITZ

Bio-ZQ er ligeledes en kædeknuser med to kæder, men har ikke nogen klods for enden. Den findes i Danmark, men det er uklart, hvor mange der er solgt til biogasanlæg til neddeling af dybstrøelse.



Figur 21. Kollermølle i forsøgsopstilling hos Sønderjysk biogas

Foto: Kurt Hjort-Gregersen

Den såkaldte kollermølle er i realiteten en pillepresse beregnet til halm- eller træpiller, som den producerer ud fra tør biomasse. Ved våd halm eller dybstrøelse produceres et spagnumlignende produkt velegnet til biogasproduktion. På midterste billede ses to af de tre ruller, der maser dybstrøelsen gennem en vandret liggende matrice. Maskinen kan klare mindre fremmedlegemer, men større sten eller jern vil give problemer. Der er solgt 1 maskine i Danmark til neddeling af dybstrøelse.



Figur 22. Extruder hos Aarhus Universitet i Foulum

Kilde: Udvikling og effektivisering af biogasproduktion i Danmark, Faglig rapport, AU og PlanEnergi

Extruderen kan neddele både tør og våd halm samt dybstrøelse. Der skal dog ske en forudgående oprivning af materialet. Maskinen er sårbar overfor fremmedlegemer.

4.5. Kavitation og elektronisk desintegration

Leverandører

Førstnævnte product produceres i Italien, de to næste i Tyskland.

Produktnavn	Forhandler
BioBang	C-biotech
PlurryMax	Röhring
BioCrack	Vogelsang.



Figur 23. BioBang – kavitation, demonstratskørsel hos AU, Foulum

Foto: Kurt Hjort-Gregersen

En pumpestrøm fra reaktoren ledes ind gennem tromlen på billedet til venstre. En kraftig rotation i tromlen skaber kavitation og dermed en desintegration af biomassen. På billedet til højre ses øverst ubehandlet gylle, og nederst den kaviterede gylle. Der er solgt 1 stk. til biogasanlæg i Danmark.



Figur 24. PlurryMaxx kavitation

Kilde: Bioenergi Tønder

Et andet koncept til kavitation er den tyske PlurryMax. Her sørger horisontalt monterede knive for kavitationen under hurtig rotation. Der kendes ikke til eksempler med anvendelse af PlurryMax i Danmark.



Figur 25. BioCrack II, elektronisk desintegration

Kilde: Vogelsang.dk

BioCrack fungerer ved, at en pumpestrøm med gylle udsættes for kraftig elektrisk påvirkning under passage gennem systemet. BioCrack er solgt til rensningsanlæg i Danmark, men endnu ikke til landbrugsbaserede biogasanlæg.

5. Emissioner under håndtering af dybstrøelse

Det er velkendt, at der frigives lugtstoffer og ammoniak, når der håndteres husdyrgødning. De første biogasfællesanlæg gjorde sig for 30 år siden den dyrekøbte erfaring, at det ikke var en god ide at parkere lastvognsslamsugeren i aflæssehallen, fordi den ammoniakholdige luft kunne ødelægge lastvognens elektronik. Mange fællesanlæg, der anvender dybstrøelse, har imidlertid valgt at bygge en hal, hvor dybstrøelsen kan håndteres. Typisk vil noget af forbehandlingsudstyret være placeret i hallen, med risiko for skader på især elektronik.

Hos Ribe Biogas gjorde man den erfaring, at der frigives en fugtig ammoniakholdig tåge fra den mixer, der homogeniserer dybstrøelsen forud for PreMix installationen. Det problem har man løst ved at etablere en punktudsugning over mixeren, hvor luften afsuges til lugtfilter.

Løsningen hos Nature Energy er, at luften fra hele hallen løbende suges ud til et filter.

6. Konklusioner

Den største udfordring med dybstrøelse er fremmedlegemer.

- Især sten og jern kan vanskeligt håndteres i snegle. Snegle bør udføres med stor diameter.
- Sten og jern kan bundfælde i en fortank, hvis væsken ikke er for tyk.
- Ved fællesanlæg er det afgørende at opdrage på leverandørerne af dybstrøelse, så de leverer en ren vare.
- Der opfordres til udvikling af et effektivt system til frasortering af sten og metal inden neddeling.

Det er vanskeligt at udpege en entydig vinder. Valget skal afhænge af, hvad man vil opnå, og hvordan anlægget i øvrigt er udrustet.

Har man en relativt lang opholdstid kan en PreMix være en relevant løsning. Det ser ud til, at udbredelsen af PreMix systemer er i klar fremgang.

Har man en relativt kort opholdstid, kan det give mening at vælge en af de mere hårdhændede neddelingsteknologier. Især hvis man så kan håndtere en større mængde tørstof i reaktorerne.

Oprøring i fortank efterfulgt af snitterpumpe og macerator er udbredt på gårdanlæg. Flere bruger recirkulering for at få maximal tørstofmængde ind i reaktoren.

Kun ganske få biogasanlæg i Danmark snegler direkte ind.

Mobil neddelers med stor kapacitet er populær hos gårdanlæg, og det er billigt.