

Fremtidens Spildevandsanlæg 2.0

Etablering af et cirkulært organisk kredsløb i Vejle By

Organisk affald omdannes til biogas på rådnetankene på Vejle Renseanlæg, biogassen benyttes som drivmiddel til kommunale køretøjer og slamresten spredes på landbrugsjorde som gødningsmiddel.

Projektet "Fremtidens Spildevandsanlæg 2.0" er udarbejdet af Vejle Spildevand og Vejle Kommune og støttet med midler fra Den Europæiske Fond for Regional Udvikling under Erhvervsstyrelsen.



Projektets mål og rammer

Formål og mål

Formålet med projektet "Fremtidens spildevandsanlæg 2.0" var at undersøge muligheden for at reducere drivhusgasserne og energiforbruget i Vejle by ved at omdanne KOD (Kildesorteret Organisk Dagrenovation) til biogas på rådnetankene på Vejle Renseanlæg, der har en betydelig restkapacitet.

Det var visionen, at biogassen skal benyttes som drivmiddel til kommunale køretøjer, så som bybusser, renovationsbiler mv.

Projektet skulle sandsynliggøre, at de miljømæssige, økonomiske og tekniske potentialer, der skal til for at skabe en langsigtet bæredygtig løsning, kan frigøres, og projektets overordnede mål var at

- reducere drivhusgasserne med **800 ton pr. år** ved at erstatte fossile brændstoffer med biogas
- at producere ekstra **22.000 GJ pr. år** ved fuld effekt af anlægget.
- at udvikle **to nye metoder/ teknologier** til bæredygtig grøn byudvikling via den cirkulære systemtænkning, herunder nye modeller til borger- og virksomhedsinvolvering.

Organisering

Projektet er gennemført i perioden fra marts 2016 til august 2019 under ledelse af Vejle Spildevand og Vejle Kommune, samt en tilknyttet styregruppe.

Mange analyser og forsøg er udført i tæt samarbejde med eksterne specialister.

Projektarbejdet blev opbygget af en række faser:

- en analysefase, hvor der er udarbejdet en samlet analyse og beregning af et komplet anlæg, der kan håndtere grønt affald fra husholdninger og erhverv fra Vejle by.
- en fase med planlægning, udvikling, gennemførelse og evaluering af en række pilotforsøg for at verificere resultaterne fra analysearbejdet.
- en fase, hvor det endelige konceptforslag blev udarbejdet på baggrund af den indsamlede viden fra pilotforsøg og analysearbejdet.

Juridiske vurderinger

Projektets juridiske ramme er vurderet i forhold til modtagelse og behandling af KOD-biopulp, herunder også etablering af et forbehandlingsanlæg.

Afsætning af biogas: Det er vurderet, at der ikke er hjemmel til, at der på et biogasanlæg, der direkte eller indirekte er ejet af Vejle Kommune, kan produceres gas med henblik på afsætning til naturgasnettet.

Til gengæld er det vurderet lovligt at producere opgraderet biogas på et direkte eller indirekte kommunalt ejet biogasanlæg, med henblik på anvendelse som brændstof på kommunale køretøjer inden for kommunegrænsen. Ligesom det er vurderet lovligt, at såfremt biogassen sælges som et overskuds- eller biprodukt uden væsentlig forarbejdning, kan den afsættes direkte til virksomheder .

Behandling af KOD: Det er vurderet lovligt at et kommunalt ejet anlæg behandler KOD fra private husholdninger, fra kommunens egne institutioner og fra nabokommuner, men ikke at det behandler KOD fra erhverv.

Selskabsform: Det ikke er muligt for Vejle Spildevand at hverken investere i et anlæg til produktion af biopulp eller hygiejniseringsanlæg på renseanlægget, hverken i selve Vejle Spildevand eller i et datterselskab hertil. Ejerskabet skal derfor være i et søsterselskab til Vejle Spildevand.

Udbudspligt: Aftaler mellem Vejle Kommune og Vejle Spildevand om køb og salg af KOD eller KOD-pulp er juridisk vurderet at kunne indgås uden forudgående udbud, i medfør af den udvidede in-house regel.

Etablering af anlæg til rejektivandsbehandling

Tekniske vurderinger

Biogasanlægget på Vejle Renseanlæg kan håndtere KOD fra Vejle Kommune med mindre justeringer af anlægget.

Biomasser: Følgende biomasser vil potentielt vil være tilgængelige for behandling på Vejle Renseanlæg:

- KOD indsamlet i Vejle Kommune: ca. 8.800 tons/år i 2021 (tidligste etableringsår af anlægsændringer)
- Restprodukter fra nærliggende fødevarerproduktionsvirksomheder: ca. 1.800 m³ pr år
- Primærslam fra Brejning Renseanlæg: ca. 880 tons/år

Transportmønstre for bybusser og renovationsbiler i Vejle by er blevet kortlagt. Biogassen fra Vejle Renseanlæg vil så rigeligt kunne forsyne både Vejle bys flåde af bybusser, der i dag består af 18 dieseldrevne bybusser, og Vejle Kommunes nuværende 12 renovationsbiler, der i dag kører på biometan.

Anlægsændringer: Der skal etableres ekstra modtagetanke og et hygiejniseringsanlæg til biopulpen samt tilhørende pumper og rørføringer.

Kvælstoftilgangen til rensningsanlægget vil øges markant ved tilførsel af biopulp fra KOD, men ved etablering af rejektvandsrensning kan nettoudledningen af kvælstof til recipient reduceres.

Fosfor: Det øgede fosforinput vil hovedsagelig have i slam til udbringning på landbrugsjord og vil derfor ikke være et problem.

Miljøfaktorer som støj, transport og lugt vurderes ikke at blive væsentligt ændret med den nye produktion på Vejle Renseanlæg.

Pilotforsøg

Der blev gennemført en række pilotforsøg for at verificere resultaterne fra det indledende analysearbejde og for at identificere andre egnede biomasser.

Batch-udrådningsforsøg i laboratorieskala af biogaspotentialet i biopulp og slam under forskellige drifts- og blandingsforhold viste et gaspotentiale for biopulp på ca. $340 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{t VS}$.

Kontinuerte udrådningsforsøg kvalificerede gaspotentialet ved samudrådning af biopulp og spildevands-slam ved kontinuert udrådning. Der blev eftervist et gaspotentiale på $340\text{-}400 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{t VS}$ i den samlet slamfraktion.

Forsøgene undersøgte fordele og ulemper mellem parallel og seriel drift af rådnetankene og viste, at den bedste udnyttelse af rådnetankssystemet opnås, hvis rådnetankene drives serielt med et termofilt udrådningstrin først og dernæst et mesofilt trin.

I dag drives rådnetankene mesofilt og i parallel drift.

Pulpningsforsøg på to forskellige pulperanlæg med KOD, for at kvalificere de økonomiske og tekniske problemstillinger ved drift af et pulperanlæg.

Biopulpen overholdt slambekendtgørelsens og SPCR 120 krav til udbringning på landbrugsjord.

For begge anlæg blev der målt gaspotentialer på ca. $340 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{ton VS}$.

Fysiske urenheder: Indholdet af urenheder i den udrådnede biomasse blev vurderet til $0,083 \%$ af TS i den udrådnede biomasse, hvis rådnetankene tilføres biopulp. På nuværende tidspunkt, uden biopulp, estimeres den til at være $0,007 \%$ af TS.

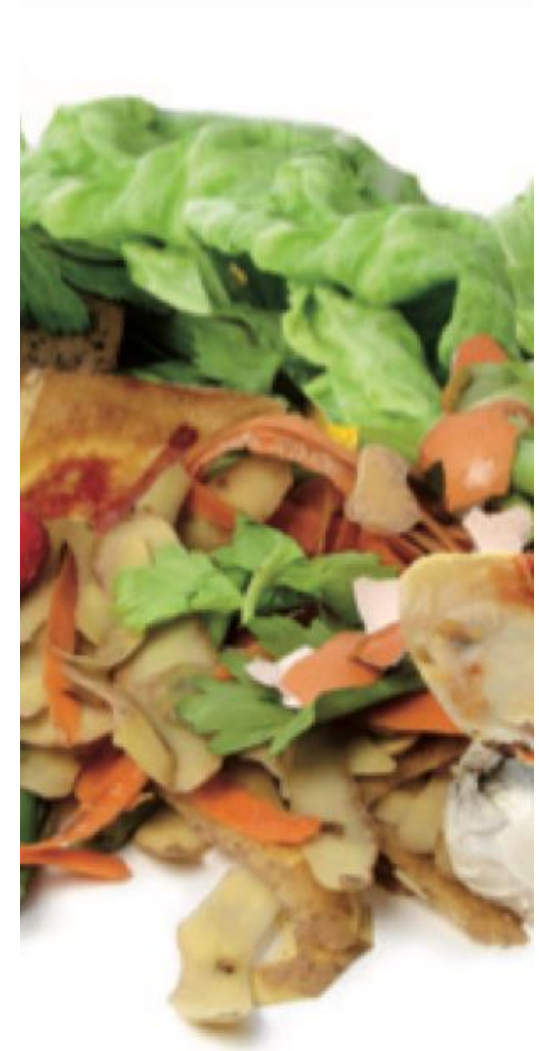
Tilførsel af biopulpen vil derfor medføre en markant stigning i indholdet af fysiske urenheder i den udrådnede biomasse, om end indholdet ikke vurderes at være problematisk i forhold til anvendelsesmuligheder og deponering i henhold til lovgivningen.

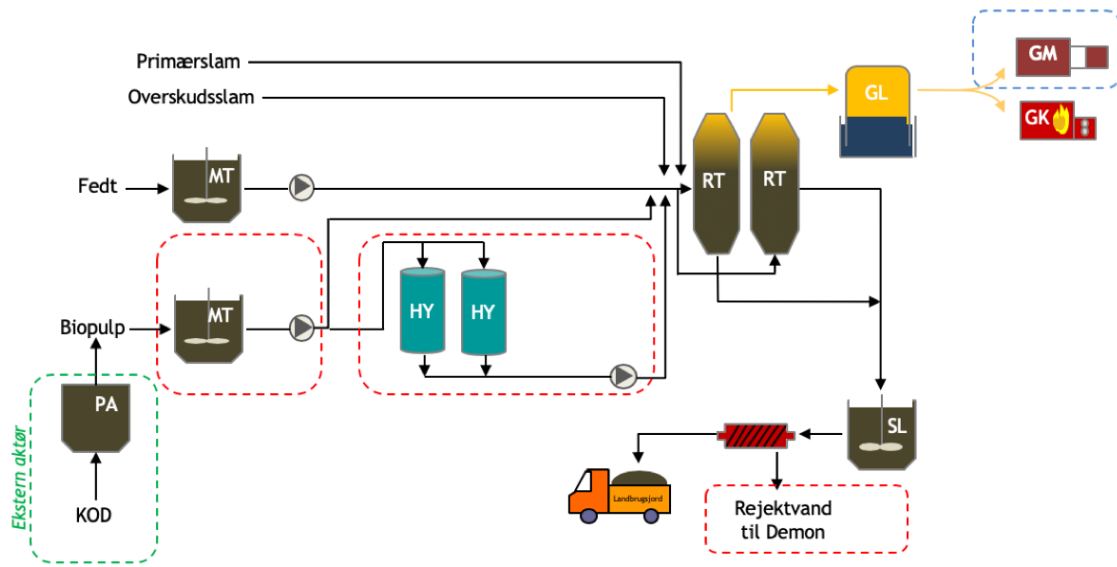
Udrådningsforsøg. Foto: Teknologisk Institut

Nye rammevilkår

Ikke kun fokus på KOD.

- Der har igennem de indledende faser været taget udgangspunkt i at anlægget skulle håndtere og behandle Vejle Kommunes kildesorterede organiske dagrenovation (KOD) med efterfølgende afsætning af den producerede biogas som drivmiddel i kommunale køretøjer. Projektet tog imidlertid en drejning sent i forløbet, da man i Vejle Kommunes Natur- og miljøudvalg besluttede ikke at dedikere kommunens indsamlede KOD til Vejle Spildevand.
- Dermed var fundamentet for det oprindelige set-up ikke tilstede, og det var nødvendigt at undersøge muligheden for tilgangen af andre biomasser for at kunne indfri visionen om energibesparelser og CO₂ reduktion ved udnyttelse af den ledige kapacitet på Vejle Spildevand. Derfor er der i det endelige konceptforslag, i tillæg til behandling af biopulp fra KOD, fokuseret på behandling af en række øvrige biomasser som genereres på industrier og andre renseanlæg i Vejle Kommune og nært opland.
- De ændrede rammevilkår betød også at etableringen af eget forbehandlingsanlæg til KOD ville være en usikker investering, hvorfor der i konceptforslaget tages udgangspunkt i at KOD'en behandles på et eksternt forbehandlingsanlæg.
- Yderligere er Vejle Kommune i fortsat proces med at afdække alternative drivmidler til bl.a. den kollektive transport (bybusser mv.) og har ikke lagt sig fast på en model, hvor biogas er et sandsynligt drivmiddel. Derfor er der i konceptforslaget kun forudset at den producerede biogas bruges til produktion af kraftvarme (el og varme), i modsætning til de indledende analyser, hvor også gasopgradering indgik som et muligt scenarie.





Anlægsopbygning:

- Modtagetanke for biopulp (MT): 2 stk. 60 m³ rustfri tanke med omrøring og pumper på 20 m³/h.
- Hygiejniseringsanlæg (HY): Nyt anlæg til opvarmning af biopulp/flotationsslam til 70°C i 1 time. 2 stk. 8 m³ tanke udstyret med omrører og chopperpumper.
- Rådnettanke (RT): Eksisterende rådnetanke med en betydelig overkapacitet
- Slamlager (SL): Eksisterende anlæg

- Gaslager (GL): Eksisterende anlæg (500 m³)
- Gasmotor (GM): Eksisterende gasmotor (1,25 MW indfyret effekt), med etablering af ekstra gasmotoranlæg (ca. 1 MW indfyret effekt).
- Gaskedel (GK): Eksisterende kedel (1,35 MW indfyret effekt), der fremadrettet vil bruges som nød- og reservelastskedel ved udvidelsen af gasmotoranlægget.
- Rejektvandsbehandlingsanlæg (DEMON), etableret i projektet til håndtering af den øgende kvælstofbelastning.

Konceptforslag

for to scenarier : et med KOD og et uden

	Scenarie 1	Scenarie 6
Biomasser der skal tilledes anlægget	13.400 ton/år biopulp fra KOD + 35 m ³ /uge flotationsslam fra slagterier	35 m ³ /uge flotationsslam fra slagterier.
Estimeret metan produktion	1.637.000 Nm ³ CH ₄ /år heraf 660.000 Nm ³ CH ₄ /år hidhørende fra biopulp og 147.000 Nm ³ CH ₄ /år fra flotationsslam	977.000 Nm ³ CH ₄ /år heraf 147.000 Nm ³ CH ₄ /år hidhørende fra flotationsslam
Afsætning af gas	Kraft-/varmeproduktion	Kraft-/varmeproduktion
Afsætning af slam	Afvandet slam udbredes på landbrugsjord	Afvandet slam udbredes på landbrugsjord
Energiproduktion, total med fradrag af forbrug til interne processer	50.000 GJ/år på basis af biopulp og flotationsslam	30.000 GJ/år på basis af flotationsslam
Energiproduktion, bidrag fra tilsat biomasse	25.500 GJ/år	4.500 GJ/år
CO ₂ -besparelse	1.040 tons CO ₂ -ækvivalenter/år	Øget udledning på 230 tons CO ₂ -ækvivalenter/år
Investering	9,75 mio. kr. Tilbagebetalingstid på 8 år (ved indkøbspris for biopulp 60 kr./ton).	9,75 mio. kr. Tilbagebetalingstid på 11 år

Nye teknologier og metoder

Projektets mål om at udvikle mindst to nye metoder/teknologier for bæredygtig grøn byudvikling blev indfriet.



Et samlet koncept: Der er udviklet et samlet koncept som vil gøre det muligt at udnytte et spildevandsanlægs restkapacitet til at producere biogas på baggrund af KOD og andre energiholdige restprodukter i en mængde og kvalitet der kan bidrage væsentligt til en grøn omstilling i Vejle by, herunder grøn energi til byens kommunale infrastruktur.

Rejektvand: Der er udviklet og *etableret* et anlæg til behandling af rejeckt vand, så spildevandsanlægget ikke udleder øgede mængder kvælstof ved behandling af en øget mængde biomasse.

Juridisk grundlag er kortlagt: Det er redegjort for det juridiske grundlag for behandling af KOD på et spildevandsanlæg.

- Øget affaldssortering:**
- Der er udarbejdet en kampagne målrettet Vejle Kommunes kommunale institutioner og virksomheder, med inspiration til planlægning og sammensætning af affaldsløsninger, der passer til den enkelte institution/virksomheds behov.
 - Metoder til undersøgelser i private bebyggelser: Ambassadøraktiviteter, spørgeskemaer med støtte for samtaler, informationstavler

Vejle Renselanlæg

Resultater

Et udpluk af de væsentligste resultater og effekter der er opnået i projektet.

CO₂-reduktion og energiproduktion:

Med etablering af konceptforslaget vil der kunne opnås en reduktion af den årlige udledning af CO₂-ækvivalenter på ca. 1.040 tons/år og en netto energiproduktion på 25.500 GJ/år, i et scenarie med tilledning af biopulp fra KOD og med flotations slam fra slagterier. Det opfylder de overordnede mål sat for projektet.

Biopulp fra ekstern leverandør: Det vurderes at der er bedre økonomi i at indkøbe biopulp fra en ekstern leverandør end i selv at investere og drifte et forbehandlingsanlæg til at producere biopulp. Der er formentlig behov for en KOD mængde på omkring 20.000 ton om året for at drive pulpningen rentabelt.

Investering: Løsningen vil kunne etableres for en investering på ca. 9,75 mio. kr. hvor scenariet med biopulp fra KOD vil kræve en tilbagebetalingstid på ca. 8 år og scenariet uden biopulp vil kræve ca. 11 år.

Alternative biomasser: Vil der ikke kunne tilledes biopulp fra KOD, vil det mest optimale scenarie med andre alternative biomasser, nemlig flotations slam fra slagterier, kun i nogen grad opfylde målsætningen, i det der vil være en ekstra energiproduktion på 4.500 GJ/år og desværre en forøgelse af CO₂-udledningen på 230 tons/år.

Bybusser og renovationsbiler: Biogassen fra Vejle Renseanlæg vil så rigeligt kunne forsyne Vejle bys bybusser og kommunens renovationsbiler med grøn energi.

Yderligere mængder KOD: Affaldsanalyser i Vejle by viste, at hvis man ser isoleret på potentialet for fællesbebyggelser og enfamiliehuse, ville man kunne indsamle yderligere 2.500 tons organisk affald fra disse to beboelsestyper, der udgør godt 80% af boligmassen i Vejle Kommune. Det svarer til en forøgelse af indsamling af organisk affald på ca. 28%.

Anbefalinger og perspektiver



Langsigtede kontrakter

Med de høje investeringer og forholdsvis lange tilbagebetalingstider, vil det være en stor risiko at løbe, hvis ikke der kan indgås langsigtede kontrakter vedr. levering af biomasser.

Alt efter tilgængelighed, mængder og leveringssikkerhed af biomasser, bør det afklares, om det er relevant at investere i et hygiejniseringsanlæg.

Leverandør tæt på

En mulig biopulp-leverandør bør være placeret ganske tæt på Vejle Kommune for at kunne sikre en rimelig økonomi, da beregningerne viser at anlæggets tilbagebetalingstid ændres væsentligt med beskedne stigninger i indkøbsprisen, herunder transportomkostningen.

Optimering af drift

I dag drives rådnetankene mesofilt og i parallel drift. For at opnå den bedste udnyttelse af rådnetankssystemet, bør rådnetankene drives serielt med et termofilt udrådningstrin først og dernæst et mesofilt trin.

Separat udrådning

Hvis der udføres separat udrådning af biopulpen, vil der opnås mulighed for at kunne afsætte den udrådnede biopulp som økologisk gødning samtidig med at der opnås en besparelse i at biopulpen ikke sammenblandes med spildevandsslammet, og herved ikke skal underkastes de relativt høje omkostninger, der er forbundet med slamafvanding og slamdisponering.

Anden udbudsform

Et muligt scenarie for tilførsel af Vejle Kommunes KOD til Vejle Spildevand vil være, at Vejle Kommune fremadrettet udbyder KOD til en ekstern leverandør med krav om at den producerede biopulp efterfølgende skal afsættes til Vejle Spildevand.

Ambitionen

er inden for rækkevidde.

Hurtig omstilling til et helt cirkulært system:

Selvom projektets ambition om at udvikle et system der demonstrerer et cirkulært system for organisk affald, med en direkte forbindelse mellem affald fra byens borgerne og drivmidlet på de bybusser og renovationsbiler som betjener de samme borgere, ikke opfyldes til fulde med konceptforslaget, betyder det ikke, at ambitionen ikke er inden for rækkevidde.

Det udarbejdede konceptforslag imødekommer allerede en stor del af ambitionen, nemlig den at udnytte renselanlæggets ekstra kapacitet til at producere grøn energi på organiske restprodukter.

Der er allerede etableret et anlæg til rejskvandsrensning, og det er forventningen at et udvidet gasmotoranlæg er idriftsat med udgangen af 2019. Og yderligere installationer som hygiejniseringsanlæg og særskilte tanke er allerede projekterede og kan derfor hurtigt etableres, hvis beslutningen om at tildele byens KOD til renselanlægget bliver truffet.

