

REPORT



Afsluttende rapport EUDP WP 4.4 Improved Environmental Performance

Prepared Laila Thirup, 12 April 2013
Checked
Accepted
Approved

Doc. no. 1516653
Ver. no. 1516653A
Project no. 200-10-0623

Indholdsfortegnelse

12. april 2013
Dok. nr. 1516653
Ver. nr.1516653A

1.	Executive summary	3
2.	Intern spildevandsrensning & beskrivelse af spildevandskvalitet i Kalundborg	4
3.	Spildevandsrensning og recirkulering af vand i nye versioner af processen	6
4.	CO ₂ capture.....	7

1. Executive summary

Målet med WP4.4 var at forbedre miljøpåvirkningerne af et Inbicon bioethanol-anlæg, især med hensyn til optimering af vandforbrug og reduktion af spildevandsbelastning. Kalundborg anlægget (IKA) havde fra start en 3 årig aftale om udledning af spildevand til Kalundborg kommunale rensningsanlæg, men planen var i løbet af projektperioden at etablere et on-site spildevands anlæg, og reducere spildevandsbelastningen fra IKA. Ligeledes var målet at afdække hvorledes CO₂-capture kunne etableres ved fermenteringstrinnet i et fuldskala-anlæg. Luft-prøver fra IKA fermenteringen og analyse heraf skulle ligge til grund for et design og forberedelse af udbudsmateriale for et CO₂ capture anlæg til fuldskala. Da det er helt essentielt for kommercialisering af en bioethanol-proces at reducere vandforbrug så meget som muligt, og finde den mest optimale og billigste måde at rense spildevand på, blev der i løbet af projektet prioriteret således, at flest ressourcer er brugt på spildevandsdelen. Der er arbejdet med CO₂ capture delen af projektet, men der er ikke opnået viden der er tilstrækkelig til design og udbudsmateriale.

IKA blev bygget til Inbicon version 1, hvor der produceres bioethanol, ligninpiller og C5 melasse. Det primære spildevand består af kondensater fra inddampning til C5 melasse. Den mest økonomiske løsning for en intern spildevandsrensning blev identificeret som en anaerob (biogas) proces, som det primære, første rensetrin. Det blev med succes testet i pilot-skala at en anaerob proces på kondensater kunne forløbe stabilt, af det hollandske firma Biothane, og de kan ud fra resultatet dimensionere et fuldskalaanlæg. Et anlæg i Kalundborg skala var dog for dyrt til at blive prioriteret.

Modellering af spildevandsbelastning er gennem de sidste 2 år blevet godt underbygget med data fra Kalundborg. Overførsel af erfaringerne til vores procesmodel er essentielle for at have mulighed for at beregne på processen, og dermed forudsige effekter af forskellige proces-ændringer.

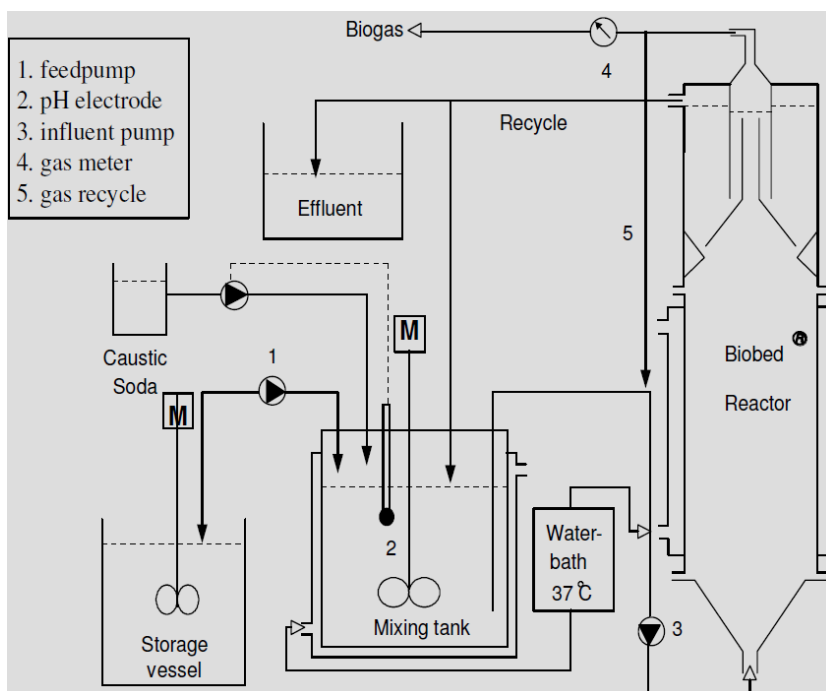
Nye versioner af processen er blevet udviklet i projektperioden: 1) Mulighed for at bioforgasse væskefraktionen fra forbehandling i stedet for at inddampe den til melasse, og derefter rense vandet til recirkulering, har været efterspurgt af potentielle kunder. 2) Ligeledes er udviklet en version af processen hvor væskefraktionen fra forbehandling går til fermenteringstrinnet, således at alle sukre i biomassen kan forgæres til ethanol af en GMO gær (version 2). I version 2 vil væskefraktionen efter destillation være det spildevand der er behov for at rense. For de nye versioner af processen, har dette EUDP projekt været vigtigt for at afklare spildevands-løsninger. Der har været kørt langvarige pilot-test på bioforgasning af begge typer spildevand af Biothane, på samme måde som kondensaterne blev testet. Ligeledes har Biothane vurderet behovet for efterfølgende rensetrin for at sikre vandkvaliteten til recirkulering.

Resultatet af EUDP projektet er, at der er fundet en løsning på spildevandsrensning for alle de nu-værende salgbare versioner af processen, som sikrer at recirkulering af vand er mulig, og at forbrug af vand til processen bliver meget lavt. Belastet spildevand behandles på fabrikken, og miljøbelastningen er dermed reduceret meget betydeligt. Projektet har givet værdifuld viden, som er vigtig for videre udvikling og salg af Inbicon bioethanol processen.

2. Intern spildevandsrensning & beskrivelse af spildevandskvalitet i Kalundborg

Den bedste løsning for spildevandsrensning af kondensater fra inddamper, som udgør hovedparten af spildevandsmængden fra Inbicons Kalundborg anlæg, blev identificeret gennem projektets første faser. Krüger A/S med bred erfaring indenfor industrielle spildevandsløsninger blev inddraget i vurderingen. En biologisk nedbrydning blev vurderet som den mest økonomiske, og det primære, første rensetrin skulle være anaerobt (= en biogasreaktor). I en fuldskalaløsning ville det være langt det billigste. I den indledende fase blev der lavet flere mindre nedbrydningstest hos forskellige mulige leverandører. Pga. spildevandets sammensætning blev det bedste industrielle reaktorkoncept vurderet at være en EGSB biogasreaktor.

Denne løsning blev herefter testet i pilotskala af det hollandske firma Biothane, og det blev bekræftet at reaktorkonceptet er velegnet, og at en stabil biogasproces kan opnås. I figur 1 vises en principskitse af deres opsætning af forsøgsreaktor til kontinuert biogas forsøg. I tabel 1 ses forsøgsdesign.

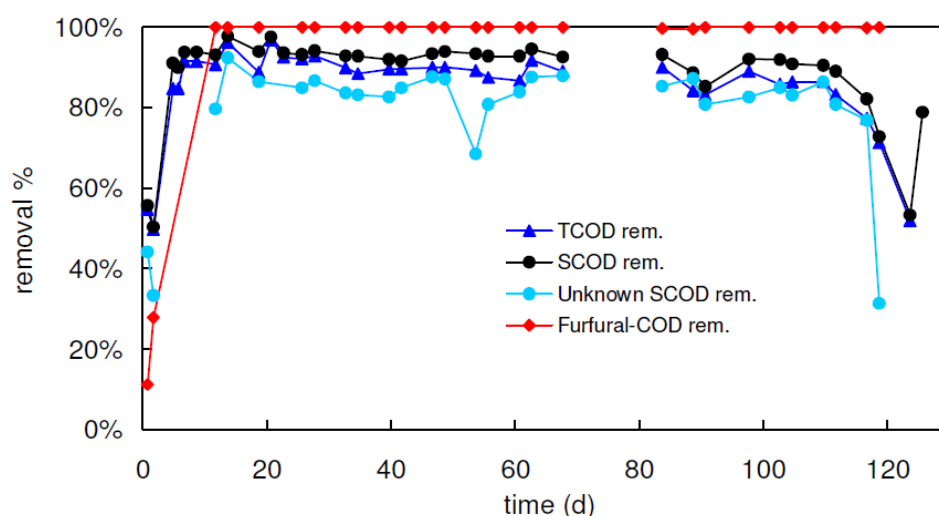


Figur 1. Set-up af kontinuert pilot- reaktor

Table 1: Test phases

Phase	Days	OLR kg COD m ⁻³ d ⁻¹	HRT h	Remarks
I	0-6	3.1	11.5	8x dilution (tap water)
	6-12	6.0	11.7	4x dilution (tap water)
	12-19	13.3	11.5	2x dilution (tap water)
II	21-37	14.9	19.6	Typical EGSB design load
III	41-68	18.8	15.2	Higher than typical EGSB design load
IV	68-81	0	---	
V	81-95	10-18	15-23	Restart (minor disturbances)
VI	95-117	12.7	22.7	Caustic dosage optimisation
VII	118-125	15	22.8	Furfural shock

Nedenfor vises en figur fra forsøget der forløb over 4-5 måneder. Figuren viser at der blev opnået en stabil fjernelse af alt furfural og af total og opløst COD. Sidst i forsøget blev eksperimenteret med lavere pH i feed og øget furfural niveau, hvorefter processen blev ustabil.



Figur 3. COD fjernelse, kondensater

Udgiften til at etablere et biogasanlæg i Kalundborg skala var imidlertid for store til at prioritere dette til vores demonstrationsanlæg. I stedet udledes spildevand fortsat til Kalundborg kommunale renseanlæg.

Den opnåede viden er vigtig, da det er den mest optimale løsning for rensning af spildevand i et fuldskala anlæg.

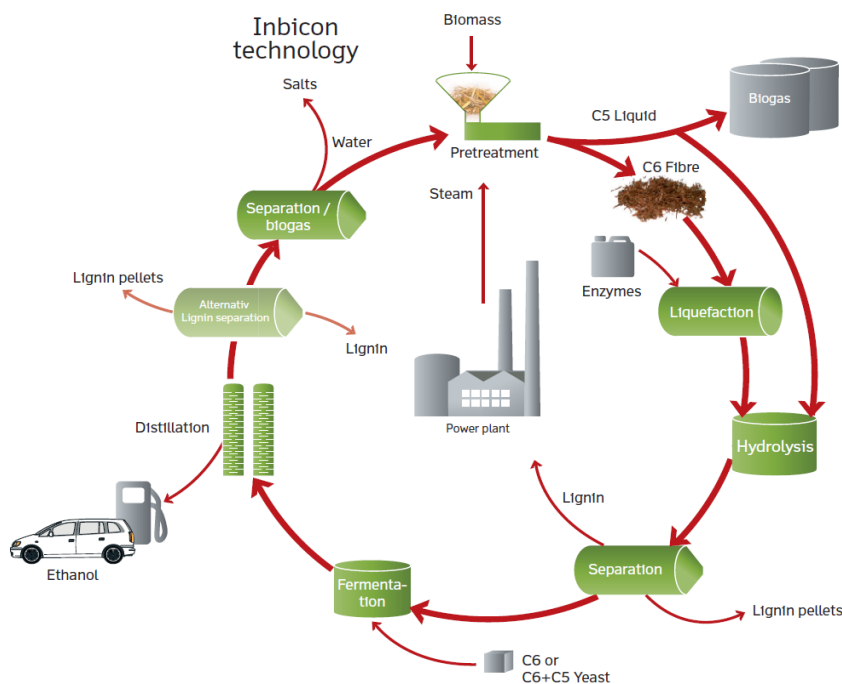
Modellering af spildevandsbelastning fra kondensater er gennem de sidste 2 år blevet godt underbygget med data fra Kalundborg. Der er etableret en beskrivelse af produktion af fordampbare stoffer under forbehandling, samt disses fordeling i processen efterfølgende, efter et omfattende analyseprogram, og efterfølgende modellering og validering af modellen mod mange datasæt. Modellering af vores 5 forskellige kondensatkvaliteter fra inddamperen er også godt underbygget med data fra Kalundborg, ved at opstille massebalance sammen med analyse af kondensaterne mange gange. COD bidraget til spildevand fra spild fra processen, er også godt underbygget.

Der er gjort den erkendelse, at i fuldskala er det nødvendigt at sende alle kondensatstrømme til vandrensning, inden de recirkuleres til processen.

3. Spildevandsrensning og recirkulering af vand i nye versioner af processen

I EUDP WP4.4 projektperioden har vi udviklet Inbicon processen til nye versioner. I Kalundborg bliver produceret melasse og kondensat ved inddampning, men den ikke-inddampede væske (C5 liquid) kunne i stedet for gå direkte i et biogasanlæg. Nogen steder i verden hvor det er relevant at producere 2.generations bioethanol, er det ikke nemt at afsætte store mængder melasse, og derfor er det en fordel hvis C5 liquid går direkte i en biogasreaktor, fremfor at producere melasse af den. Det vil få den konsekvens, at der produceres en meget større biogasmængde. Det vil også være en anden sammensætning af feed der går til biogas trinnet, og derfor vigtigt at teste at en kontinuert stabil proces kan opnås. Der er i EUDP WP4.4 gennemført en sådan pilottest hos Biothane, over mange måneder ligesom der blev udført for kondensaterne som beskrevet ovenfor (men med et andet reaktordesign). Ydermere tester Biothane de rensetrin der skal følge efter biogas-trinnet, for at vandet kan recirkuleres til processen. Testen af biogastrinnet er afsluttet med den konklusion, at der godt kan opnås stabil kontinuert proces på C5 liquid.

I figur 4 er flere af de nye set-ups af Inbicon processen, hvor der ikke produceres melasse, vist. Ovenstående proces er illustreret i hjulet, ved at C5 liquid efter forbehandling ledes direkte til biogas, mens C6 fibre køber ind i hydrolysen, og fortsætter rundt i de forskellige processtrin alene. Det separationstrin der fremgår efter hydrolysen, er ikke relevant i dette proces set-up. Separationen vil ske efter destillation.



Figur 4. Illustration af forskellige nye set-ups af Inbicon processen

Der er arbejdet meget med endnu en ny version af Inbicon processen i projektperioden. Denne ændring er mere gennemgribende end den ovenstående, og kaldes derfor Inbicon "Version 2". I denne

version udnyttes C5 sukrene hverken i et melasseprodukt, eller ved at blive omsat i en biogasproces, men de udnyttes i stedet til yderligere ethanol produktion. C5 liquid ledes udenom den primære hydrolysefase, da stoffer i C5 liquid har vist sig at forringe hydrolysen. C5 liquid tilsættes C6 fibre i slutningen af hydrolysen, og en samlet strøm af C5 og C6 sukre går til fermenteringen. Da konventionel gær kun kan omsætte glukose (C6 sukker) i vores biomasse, udnytter man i Version 2 en GMO gær der også kan omsætte C5 sukre. Efter fermentering ledes den tynde fraktion (Version 2 thin stillage) til en biogasreaktor. Version 2 thin stillage er blevet testet i en kontinuert biogasproces hos Biothane i pilotskala. Resultatet har vist visse udfordringer ved at opnå kontinuert stabil proces, men har også fundet en løsning på dette, således at stabil kontinuert proces kan sikres. De sidste 2 måneders pilotkørsel har vist meget lovende resultater efter implementering af denne løsning. I Version 2 med produktion af ethanol vil man fra-separere lignin efter destillationstrinnet, ligesom man gør nu. På sigt vil vi gerne udvikle produktion af sukker til andre formål end ethanol produktion, og da kan det være meget relevant at separere lignin fra efter hydrolyse, som illustreret i ovenstående figur.

4. CO₂ capture

Inbicon ville i samarbejde med Union undersøge mulighed for udtag, oprens og komprimering af CO₂ gas fra 2. generations bioethanol fermentering. CO₂'en skal anvendes i læskedrikke. Desværre er vi ikke kommet i hus med denne del af projektet.

Force har udtaget prøve fra IKA fermentering to gange før sommerferien 2012. Prøverne blev sendt til Airborne Labs i USA til analyse. Den første prøve til Airborne Labs blev åbnet og ødelagt i USA toldkontrol. Den prøve der blev sendt i 2. omgang, blev analyseret hos Airborne labs. Vi forventede et CO₂ indhold tæt på 100%, måske 97 – 99%, men der blev målt 23,7%. Union angiver, at det lave CO₂ indhold giver betydelig usikkerhed, hvilket medfører de ikke kan garantere renhed af det færdige produkt. Det virker usandsynligt at CO₂ indholdet er så lavt i fermentorerne, og analyseresultatet kan være opstået i forbindelse med fejl ved prøvetagning eller analyse. Det blev i slutningen af projektperioden besluttet ikke at forfølge denne task yderligere.