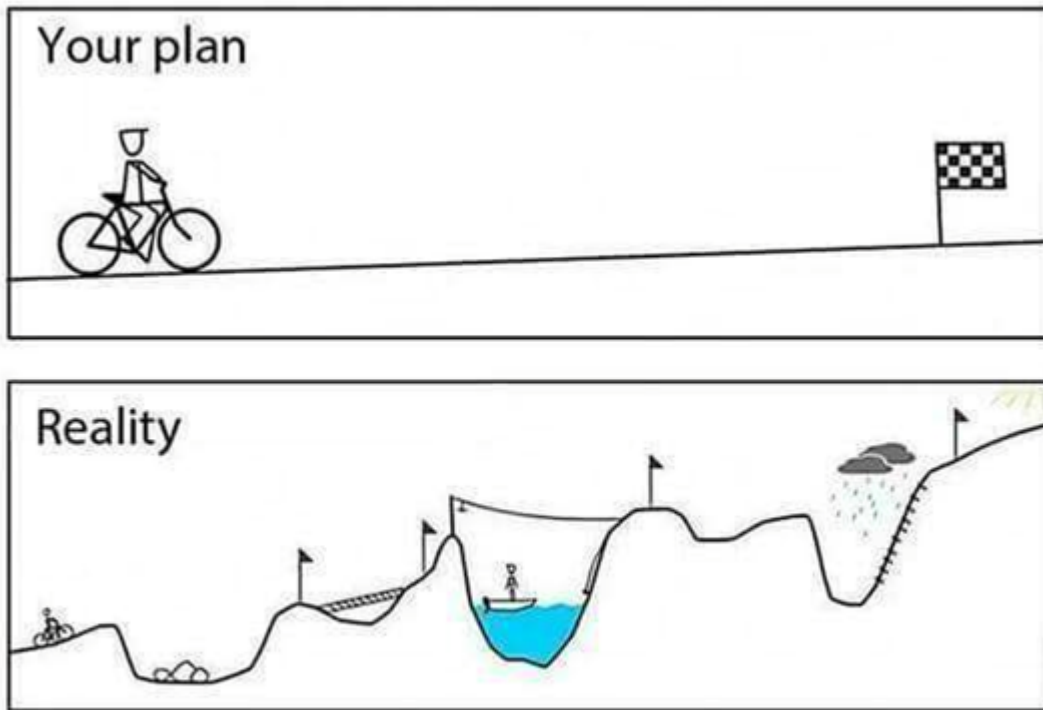


Slutrappport for EUDP projektet

10 MW Pressurised Entrained Flow gasification



Project title	10 MW Pressurised Entrained Flow gasification
Project identification (program abbrev. and file)	J.nr. 64014-0538
Name of the programme which has funded the project	EUDP 14-II
	TK Energy ApS Værftsvej 8 4600 Køge
Project partners	DTU – MEK , NIRAS A/S
CVR (central business register)	34898391
Date for submission	2 september 2014

1.1 Short description of project objective and results

Formålet med dette projekt er at udvikle og demonstrere en energieffektiv 10 MW tryksat entrained flow forgasningsteknologi, som kan udnytte affald og lavkvalitets-biomasser som brændsel til produktion af syntesegas på en effektiv og fleksibel måde.

Denne ansøgning er første fase af projektet, hvor fokus er på den indledende engineering og identifikation af potentielle stopklodser.

Fra projektet blev ansøgt til der blev givet tilsagn faldt olieprisen fra godt 100 \$/bl. til ca. 40 \$/bl. Det medførte at udsigten til at der ville opstå et markedet for den forgasningsteknologi projektet har arbejdet med at udvikle forsvandt.

I løbet af projektets første år blev hovedparten af de projekter det var påtænkt at diskutere/samarbejde med stoppet eller lagt i mølpose.

I løbet af 2016-2017 faldt omkostningerne til sol og vind til 15-30 øre pr KWh og der er udsigt til yderligere fald i omkostningerne i de kommende år.

Det er derfor meget usikkert om forgasningsteknologi nogen sinde bliver konkurrencedygtigt.

The objective of this project is to develop and demonstrate an energy efficient 10 MW pressurized entrained flow gasification technology that can utilize waste and low quality biomasses as a fuel to produce synthesis gas in the energy sector in an efficient and flexible way.

This application is the first phase, where the focus is on the initial engineering and identification of potential show stoppers.

In the period from when the project was written until it was granted the oil price dropped from approx. 100 \$/bl to approx. 40 \$/bl. The consequence of that is that the market for the technology that this project aimed at disappeared or was moth balled.

During 2016 and 2017 the production cost for PV and Wind power dropped to 15-30 Øre pr KWh and further price reductions are at sight.

Therefore it is very uncertain if gasification technology will ever be competitive.

1.2 Executive summary

Termisk forgasning er en kompliceret og dyr teknologi i sammenligning med forbrænding. Forgasning er derfor kun relevant at overveje hvis der ikke er andre muligheder eller alternativet er dyrt. Dette projekt fokuserer alene mod teknologier der kan producere syntesegas til produktion af kulbrinter til energilagring eller den del af transportsektoren der ikke kan erstattes med batteridreven transport. Omkostningerne til anlæg til produktion af kulbrinter ud fra syntesegas er meget afhængige af størrelsen. Jo større jo billigere.

Muligheden for opskalering er derfor vægtet højt ved valg af de teknologi elementer der er brugt tid på.

Forgasser industrien har haft meget svære tider de sidste 2-3 år. Langt de fleste anlæg der endnu er i drift, kæmper med lave priser og ustabil drift. Mange anlæg har indstillet driften eller de er sat på vågeblus indtil tiderne bliver mere gunstige.

Projektet har udført et design og konstruktionsstudie på et brændselshåndterings system der baserer sig 100 % på mekaniske transportløsninger i modsætning til de eksisterende løsninger der er baseret på lufttransport.

I projektperioden og i perioden op til Projektet har TK Energy besøgt og evalueret 10 forgassere til Biomasse, slam og kul.olieprisens fald de første måneder af projektet bevirkede at næsten alle de aktiviteter der var inden for industriel forgasning blev stillet i bero.

Der er derfor inddraget viden fra tidligere besøg på tidligere forgassere – specielt 2 hvor der er kørt biomasse men der nu er demonteret.

Der blev afholdt et stort følgegruppemøde 4 måneder efter projektet startede. Men allerede der var det klart at branchen ville få det svært i de kommende år. De tekniske relevante medlemmer af følgegruppen havde fået andre arbejdsområder i deres organisationer og derfor var deres deltagelse i følgegruppen mindre relevant. Der har været en del personlig kommunikation med følgegruppe medlemmerne i projektperioden

Efter diskussion med producenter af større forgassere (UHDE og Shell) er det vurderet at det vil tage 10-20 år at udvikle et nyt indfødningskoncept til en tryksat forgasser og at det antageligt vil koste 3-5 Mia € at få det første demonstrationsanlæg i drift – under den forudsætning at der er en solid motivation, et marked og en økonomisk gevinst i horisonten.

På den baggrund er det besluttet at dette projekt tager udgangspunkt i en eksisterende forgasser – PRENFLO – fra Thyssen UHDE. Den forgasningsreaktor eksisterer opskaleret til 1200 MW brændsel, og UHDE var som de eneste villige til at diskutere muligheden af at sælge en til projekts eventuelle næste fase.

Den innovative tekniske ide i projektet er at udvikle et komplet mekanisk brændselshåndterings og doseringssystem til at erstatte de pneumatiske løsninger. Det er vurderingen at mekaniske brændselstransport systemer giver en anlægsvirkningsgrad der er 20-75 % (forbedringen er størst for brændsler med lav energidensitet så som biomasse) bedre en løsninger der baserer sig på pneumatisk transport

og dosering. Derved forventes det et tabene ved at bruge brændsler med lav densitet kan reduceres væsentligt.

Designstudiet af den cryogene gasrensning har ikke ført til brugbare resultater men der er udført et studie af cryogen extraction af CO₂.

Da det meget tidligt var klart at dette projekt ikke kunne anbefale at bygge en forgasser blev det besluttet ikke at gennemføre det element der skulle afdække krav til en miljøgodkendelse.

Det er vurderet at syntesegas til at producere 1 tons jetfuel ud fra Biomasse vil koste ca. 1500- 2000 \$ svarende til en produktionspris på diesel og jetfuel på ca. 2200-2700 \$ pr tons.

I projektperioden er prisen på fossil råolie faldet fra ca. 100 \$ pr barrel til ca. 40-50 \$ pr barrel svarende til en produktionspris på fossildiesel på 600-700 \$ pr tons.

Samtidigt er prisen på Sol og Vind-strøm faldet fra ca. 0,1 \$/KWh til 0,02-0,04 \$ pr KWh med udsigt yderligere fald.

Det medfører at man med god sandsynlighed kan fremstille syntesegas ud fra elektricitet, vand og CO₂ fra atmosfæren billigere end man kan fremstille syntesegas ud fra biomasse og måske endda til en pris der muliggør produktion af diesel til en pris der er konkurrencedygtig med fossilt diesel.

Fremtiden for biomasse er at der må forventes større efterspørgsel end udbud. Det må derfor forventes at prisen på biomasse vil stige i fremtiden. Ligesom det vil blive sværere at fremskaffe. Logistikken og udfordringer med spredning af biologisk materiale skal også håndteres.

Det vil med god sandsynlighed være meget lettere at finansiere udvikling af en teknologi der fremstiller flydende brændsel på basis af CO₂ og vand og elektricitet, idet denne teknologi må forventes at falde i pris og den ikke vil være afhængig af ressourcer der kan være svære at fremskaffe.

Konklusionen på dette projekt er derfor at det er meget svært at forestille sig at det er muligt og kommercielt fornuftigt at udvikle forgassere i fremtiden.

1.3 Project objectives

Projektet har været opdelt i 3 dele.

Del 1 har beskæftiget sig med marked og rammebetingelser.

Del 2 har beskæftiget sig med driftsøkonomien for forgasningsteknologi og konkurrerende teknologier.

Del 3 har beskæftiget sig med udvikling af teknikken.

Projektets forhistorie.

I 1990 indgav TK Energy patentansøgning på propindfoder til biomasse til tryksatte forgassere.

Fra 2002-2005 begyndte en række større kommercielle internationale aktører at interessere sig mere aktivt for videreudvikling af tryksatte kulforgasningssystemer.

Årsagen til deres interesse var at olieprisen steg med 10-15 % om året og de forventede at CtL (Coal to Liquid) ville blive kommercielt hvis olieprisen kom op på 120-130 \$/bl.

Indfødning til en kulforgasser sker enten ved kammerslusesystem eller en kulslurry pumpe. Begge systemer giver anledning til meget store tab og er meget kostbare at etablere.

Kammerslusers tab stammer fra mekaniske og termiske tab af komprimeret inert gas. Kulslurry baserede indfødningssystemers tab varmetab der stammer fra at der pumpes væske vand ind i processen og det skal fordampes.

Tryksat entrained flow forgasning var en af de teknologier der kunne omsætte affald og biomasse til produktion af syntesegas der var udviklet længst og opskalaret til store størrelser. Da olieprisen steg og bæredygtigt transportbrændsel kom på dagsordenen var der nogle af de større firmaer der begyndte at snakke om muligheden for at forgasse biomasse i deres entrained flow forgassere.

Siden 1990 havde TK Energi udviklet indfødere til tryksatte biomasseforgassere baseret på mekaniske principper, og havde fået en del større eller mindre ordrer i udlandet. Der er meget få producenter af indfødere til tryksat udstyr, specielt til biomasse og affald, så vi var i kontakt med en stor del af dem der tænkte på tryksatte forgassere fra 1990 til 2014.

TK Energis indfoder var dengang baseret på en proptætning. Det viste sig ret hurtigt at der er betydelige udfordringer ved at opskalere en proptætning til 20-100 MW med tørt materiale. Det er muligt at bygge større indfødere til vådt materiale, men det ønsker man ikke at avende i en forgasser. Desuden virkede princippet ikke til kul.

I 2007 udførte TK Energi en demonstration af propindfoder konceptet sammen med SRI i Raleigh.

<https://www.netl.doe.gov/File%20Library/factsheets/project/NT0006523.pdf>

f. Det var ret klart at princippet ikke virkede tilfredsstillende, men "for-at-kunne-få-det-næste-projekt" blev dette projekt afrapporteret til NREL som en succes.

Dette projekt førte til en række henvendelse fra projekter der havde meget store forventninger til hvad teknologien kan.

Efterhånden blev det mere og mere klart at indfødning af biomasse i avancerede anlæg omfattede hele kæden fra forbehandling, tryksætning, dosering og indfødning ind i brænderen. Vi oplevede gentagne gange at man ikke havde overvejet hvad der skulle ske med biomasse prop/briket som vores propindføder producerede, når den var kommet ind under tryk?

Det førte til en erkendelse af at hvis vi skulle operere i det marked var det nødvendigt at udvikle et komplet indfødningssystem bestående af hele teknologikæden fra biomasseneddeling til indfødning i den varme zone i forgasningsreaktoren.

I samme tidsrum – 2000 og frem påbegyndte man i Europa at udvikle 3 projekter (BioTFuel, Syndiese og BioLiq) der alle baserede sig på entrained flow forgasning og alle skulle føre til opskalerbare demoanlæg til tryksat forgasning af biomasse i størrelsesordenen 10 MW.

Alle 3 projekter var byggede på den samme principielle konstruktion af forgasseren men med forskellige teknologier til håndtering og indfødning af biomassen.

BioTFuel er baseret på en PRENFLO reaktor og indføder og doserer torrified biomasse via et traditionelt pneumatisk princip.

BioLiq er baseret på en Lurgi forgasser og indføder biomasse som en kul/pyrolyseolie slurry

Syndiese er baseret på AirLiquide forgasser og indføder ubehandlet biomasse via en stempelpumpe og doserer med et mekanisk (TKE) system og bruger pneumatisk transport til brænderen.

TK Energi og TK Energy har arbejdet for både BioTFuel projektet og Syndiese projektet.

Syndiese projektet havde til formål at fremstille elektrofuel.

Ingen af projekterne er i drift i dag.

I 2008 henvendte Shell sig for at spørge om TK Energi kunne levere en indføder til kul til tryksatte forgassere.

Det stod ret hurtigt klart at;

- det princip vi havde bygget indfødere efter de sidste 20 år - propprincippet - ikke kunne opfylde de krav til sikkerhed en tryksat forgasser stiller.

- Indfoderen ikke kunne CE mærkes idet den baserer tætningen på prop af biomass/kul der ikke er nærmere defineret.
- Indfoderen ikke kunne opskaleres.

Vi udviklede derfor en indfoder efter et andet princip baseret på ventilslæder. Det nye princip kan CE mærkes og sikkerhedsgodkendes og indføde alle faste stoffer uafhængigt af deres fysiske egenskaber.

Tabene ved TKEs indfødningsskema er reduceret med en størrelsesorden i forhold til kammerersluse indfødning.

I 2011 indgik TK Energi et samarbejde med Shell om at udvikle og demonstrere det nyudviklede indfoder princip i 50 MW skala for kul.

I 2011 var det Shells vurdering at kulforgasning CtL ville være konkurrencedygtigt inden for 3-8 år afhængigt af udviklingen i olieprisen. Og at det ville tage 5-10 år at udvikle det nye indfoderprincip til industriel kvalitet.

I 2011 investerede Vækstfonden 15 mio kr. i TK Energi.

I efteråret 2011 fik TK Energi støtte fra EUDP til at udvikle mekanisk dosering af neddelte ubehandlet biomasse og en brænder til en entrained flow reaktor.

Antallet af henvendelser fra hele verden tog til. 5-10 % fra eksisterende projekter og resten fra projektmagere og fantastere der kunne se forretningen i forgasning når nu olieprisen steg, men ikke havde konkret teknisk forståelse.

Parallelt med dette opstod Energinet.dk's VEGAS vision. De skulle bruge en teknologi der kunne lagre el i stor skala – GW- og vurderede tryksatte forgasningsanlæg som en oplagt mulighed.

Ved årsskiftet 2011/12 mente Vækstfonden at nu skulle de have udbytte af deres investering – der var jo snart gået et år!!, og vi var jo flere måneder bagud i forhold til det salgsbudget vi havde "aftalt".

Kassen var tom i oktober 2012 – Danske Bank ville ikke forlænge kreditten uden sikkerhed for at Vækstfonden ikke tog pengene og Shell mente der var mindst 2-3 år til de ville investere i en indfoder der gav mulighed for reelt udbytte.

Vækstfondens krav om fokus på indfoderen medførte at det ikke var muligt for TK Energi at klare sig igennem ved at udføre andre opgaver og andet arbejde.

I december 2012 gik TK Energi, mit ejendomsselskab og jeg selv konkurs.

I januar 2013 lånte jeg penge af Nykredit (der var bank for ejendomsselskabet) til at starte TK Energy ApS og fik 3 års henstand med husleje/betaling af termin på fabrikken på Værftsvej.

I marts 2013 kom den første ordre til TK Energy – fra Shell – der få måneder forinden havde tabt knap 1 mio €. På udvikling af den mekaniske kul indføderen. Det nye projekt handlede om udvikling af en teknologi til indføding af biomasse direkte i et olieraffineri.

I maj 2013 kom der en ordre fra Syndiese/CEA på udvikling af et mekanisk doseringssystem til frisk biomassepulver til den brænder Air Liquide havde udviklet. Formålet med dette projekt var at udvikle et mekanisk doseringssystem til at dosere ubehandlet biomasse ind i det pneumatiske transport-system der skulle blæse biomassen ind i forgasningsreaktoren.

Stor var min undren over at det stort set ikke så ud til at påvirke mine forretnings- og samarbejds muligheder at være gået konkurs.

Olieprisen så ud til at blive ved med at stige. Henvendelserne fra udlandet og turene ud og besøge kunder i hele verden blev ved med at stige i antal.

Jeg mødte ikke nogen der fortalte om nogen der havde brændselsforbehandlings- og indfødnings systemer ude i verden der så ud til at fungere – men mange historier om det modsatte.

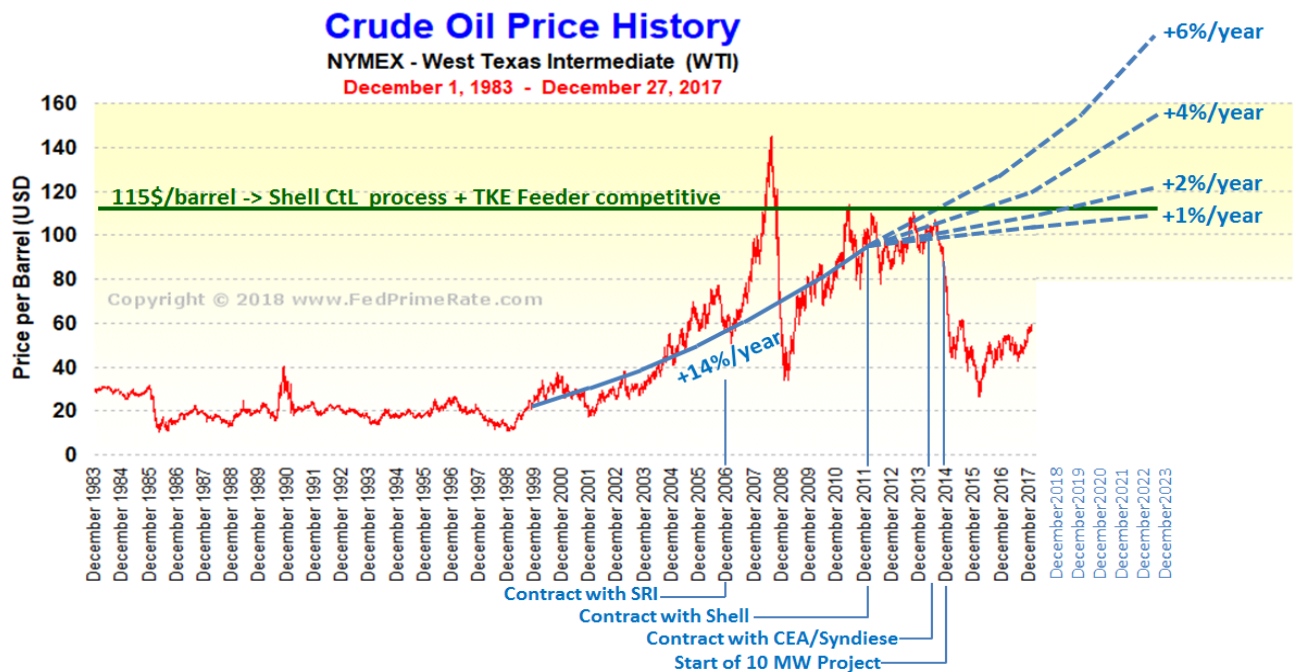
For kulforgasning gik 20-30-40-50 % af omkostningerne til forbehandling, indføding og dosering.

For biomasse gik op til 50-75-85 % af omkostningerne til brændsel, forbehandling, tryksætning og dosering.

Der var tilsyneladende et stort marked for energieffektiv forbehandlings teknologi og indfødingsteknologi.

Det blev samtidigt klart at hvis TK Energy skulle sælge teknologi og løsninger til andet end urealistiske projektmagere, var det altafgørende at have noget at vise frem.

I vinteren 2013/14 kom der 3 personer fra Nippon Steel i Japan til Køge. De havde fået en opgave om at komme med et forslag til et indfødningsystem til 2 forgassere som Mitsubishi Heavy havde bygget for J-Power. En på 160 MW og en på 500 MW. Projektet var gået skævt pga. problemer med indfødnings. De havde snakket med Shell. De var meget interesserede.



Markedssituation for teknologien og projektet er vist på grafen herover Omkring år 2000 begynder olieprisen at stige. I 2003- 2005 begynder en ny type aktører at henvende sig.

I 2010 sidder jeg sammen med Shells markedsfolk og laver scenarier for olieprisen de næste 10-20 år.

De mener "nok ikke" olieprisen vil stige lige så meget fra 2011 til 2021 som den gjorde fra 2000 til 2011.

Men uanset om olien stiger 1, 2 eller 4 % er det på høje tid at komme i gang med at få udviklet et nyt indføderprincipl!

I 2013 får TK Energy kontrakt, efter 8 års forhandling, med CEA på udvikling af brændselsdoseringsenheden – det næste trin i teknologikæden.

I 2015 sidder jeg igen sammen med Shells markedsfolk og laver scenarier for olieprisen. Nu mener de at "nok ikke" olieprisen vil komme over 50-60 \$ pr barrel de næste 10 år og deres forgasningsafdeling er nedlagt.

Det var set i det lys dette projekt blev ansøgt i sommeren 2014 og bevilget i efteråret 2014.

Projektets aktiviteter

Projektets formål har været at identificere stopklodser, barrierer og udfordringer i forhold til at fortsætte projektet i en fase 2.

Projektet har været opdelt i 3 dele.

Del 1 har beskæftiget sig med marked og rammebetingelser.

Del 2 har beskæftiget sig med driftsøkonomien for forgasningsteknologi og konkurrerende teknologier.

Del 3 har beskæftiget sig med udvikling af teknikken.

Ved projektets start blev der desuden nedsat en følgegruppe der kunne diskutere projektets resultater.

Del 1 Marked og ramme betingelser.

Forgasningsteknologien kan producere syntesegas af en række forskellige kulholdige brændsler.

Syntesegassen kan videreforarbejdes til brændstof, kemikalier eller el og varme.

Det er således en mulighed for at bruge lavværdige brændsler så som affald og biomasse til at producere transportbrændsel og kulbrinter til lagring.

I dette projekt har vi vurderet produktionsprisen på et "diesel lignende" produkt produceret ud fra biomasse BtL og sammenlignet med tilgængelige kommercielle data for CtL anlæg i drift.

Teknologi	Brændselspris \$/tons	Dieselpris \$/l
Fossil olie 2014	Olie - 700	0,8
Fossil olie 2017	Olie - 350	0,5
SASOL(Sydafrika) CtL	Kul - 25	0,8
Shell CtL(med TKE indføder)	Kul - 50	1
Shell BtL	Torrefied biomasse - 200	2,5
BioTfuel BtL	Torrefied biomasse - 200	2,5
TKE - Prenflo BtL	Tørt biomasse - 100	2

Alle data for biomasseanlæg er behæftet med en meget betydelig usikkerhed. Eksempelvis er der kun kørt 4 timer med torrefied biomasse på en Shell fuldskala forgasser og biomassen kostede godt 1000 € pr tons alt inkl. Dvs. at den syntesegas der er produceret kostede mere end 10 gange så meget som syntesegas på kul.

Der er meget betydelige opskaleringsudfordringer med alle teknologielementer. Eksempelvis vil et 500 MW forgasningsanlæg skulle have 22-25 kg torrefied biomasse pr sekund og det vil producere 8-10 kg tjærevand pr sekund på torrefaction anlægget som skal håndteres.

Ovennævnte omkostninger er vurderet på anlæg no 5 der fungerer. Det er ikke vurderet vad det koster at nå til anlæg 5, men det er antageligt betydeligt mere end de samlede midler til energiteknologi udvikling og forskning i 10 år.

Ved at udvikle et mekanisk indfødningssystem som er dette projekts tekniske formål, forventes det at OPEX udgifter kan reduceres med 1/3 på en TKE-Prenflo forgasser i sammenligning med en Shell eller en BioTFuel.

Det medfører at man er nødt til at gennemføre meget betydelige udviklingsprojekter før man kan udtale sig mere præcist om omkostningsniveauet.

De prisfremskrivninger for biomasseteknologier man kan finde er behæftet med så betydelige usikkerheder at de er svære at bruge. Men som hovedregel er fremskrivningerne på et niveau så de kan bruges til at argumentere for støtte til det næste projekt.

Del 2 driftsøkonomien for forgasningsteknologi og konkurrerende teknologier.

Følgende 7 dedikerede biomasseforgassere er blevet vurderet og de 6 første er besøgt i forbindelse med teknologiudviklingen af denne teknologi.

1. Syndiese. Et demo projekt gennemført i samarbejde mellem CEA og Air Liquide
2. BioTFuel. Et demo projekt gennemført i samarbejde mellem UHDE og Lurgi
3. BioLiq. Et demo projekt gennemført i samarbejde mellem KTI og Lurgi
4. Gobi Gas en dual fluidbed forgasser.
5. Svensk Gasteknisk center i Luleå – 1 MW entrained flow biomasse forgasser.
6. Chemrec en forgasser til sortlud
7. Pyroneer. En lavtemperatur forgasser der er udviklet på Risø/DTU og Opskaleret til 6 MW.

Derud over der besøgt 2 slamforgasser i Tyskland

1. Sülzle Kopfs slamforgassere i Mannheim og Balingen

Derud over er 3 kulforgasserprojekter besøgt med det formål at forsøge at sælge en tryksat indføder. I den forbindelse er det generelle tekniske niveau vurderet og realismen i at anvende biomasse som brændsel vurderet.

1. Willem Alexander Powerplant, Buggenum Holland. Shell kulforgasser i kommerciel drift nu revet ned
2. Kemper County – en 1,8 GW entrained flow kulforgasser baseret på en TRIG reaktor. Opgivet efter en budgetoverskridelse på 5,1 Mia \$
3. Nippon steel entrained flow kulforgasser – 2 stk MHI kulforgassere der ikke kom i drift pga. faldet i olieprisen

Vurdering af state of the art for forgasningsteknologi.

Der har i projektet været udført store bestræbelser for at finde ud af hvor udviklet de enkelte teknologier og teknologielementer er.

Det er vanskeliggjort i betydeligt omfang af at man fra projekternes side ønsker at få et positivt budskab frem om at "der er ikke så langt igen".

I projektets løbetid er vi stødt på 2 eksempler på at der er grundlæggende problemer med en forgasningsteknologi der i pressen beskrives som "klar til markedet"; men hvor teknologien ikke virker.

Det er desuden mere reglen end undtagelsen at man ikke afrapporterer projekterne – måske fordi man generelt er så langt fra det man stiller i udsigt ved projektet start – at man mener det er pinligt at skrive.

Projektet PYRONEER

Pyroneer teknologien bygger på en dansk udviklet lavtemperatur fluidbed.

Samtidigt med at man i Ingeniøren skriver at processen virker og man søger efter partnere til at opskalere processen udgiver man denne rapport - **GASOLUTION – Enables efficient power and gas solutions**

https://energiforskning.dk/sites/energiteknologi.dk/files/slutrapporter/10730_gasolution_fina_l_report.pdf

- hvori man skriver at der akkumuleres K i bedden og bedden smelter sammen ” During the inspection, it was observed that the CR bed was transformed into a massive and very hard agglomerate.”

Projektet afbrydes da ca. 55 % af budgettet er brugt fordi man ikke kan måle det der planlagt.

Projektet GOBIGAS

GOBIGAS teknologien bygger på en 2-trinsfluidbed der er udviklet i Østrig gennem de sidste 25 år. Den er så opskaleret en faktor 5 til 32 MW og et anlæg er bygget i Gøteborg.

Planen var at det skulle opskaleres til 100 MW når børnesygdommene var løst.

TK Energi har givet tilbud på en indføder til anlægget for ca. 15 år siden men de mente den var for dyr. Den daværende danske IEA repræsentant fortalte mig at de havde bygget noget selv der ”til forveksling lignede en TK Indføder”

Stor var min undren derfor da jeg en dag fik en henvendelse fra et Indisk firma GP Engineering om jeg ville hjælpe dem med at bygge en ny indføder til GOBI forgasseren. De viste en del tegninger og fortalte at indfødningsystemet både i Østrig og Gøteborg kørte meget ustabil.

Umiddelbart før det blev besluttet at lukke GOBIGAS ned fik de et BESTF3 projekt der omhandlede indfødnings.

Kofods mantra fra (Kofod var leder af DTUs forgasningslaboratorium fra 1987-1990) – ”Vi ved ikke om indfødnings er det største problem ved forgasning, men vi ved der er det første, og før vi har løst det kan vi ikke finde de næste problemer” stod lysende klart.

De havde laaangt igen på GOBIGAS. Anlægget er nu afskrevet til 0 og sat til salg.

Projektet Syndiese.

I forbindelse med denne rapport kontaktede jeg den tekniske projektleder på Syndiese projektet Karine Froment, der også deltog i det tekniske styregruppe møde på dette projekt, for at få en teknisk status.

Projektet er gennemført I CEA der er en del af det franske forsvar. Alle medarbejdere er opsagt og der er ingen relevante dokumenter der er tilgængelige

Concerning Syndièse, which type of technical reference would you need ? This project is no more alive (not to say died), but I don't know what was published : I can ask Muriel if some papers were published about some technical parts, or technico-economic ones ...

Hi Thomas

I had the confirmation that NO paper was published at all : It is crazy I think, not to disseminate the work that was done... but I am no more in the activity...

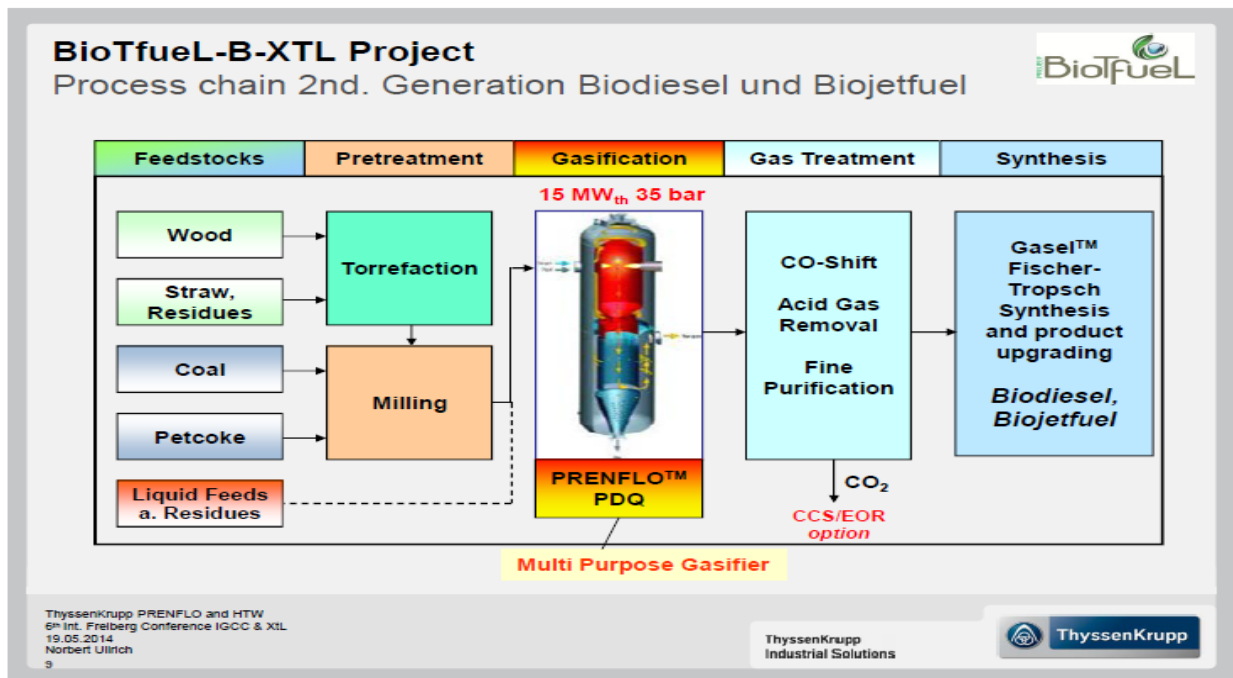
I apologize because no way to help you...

Best regards

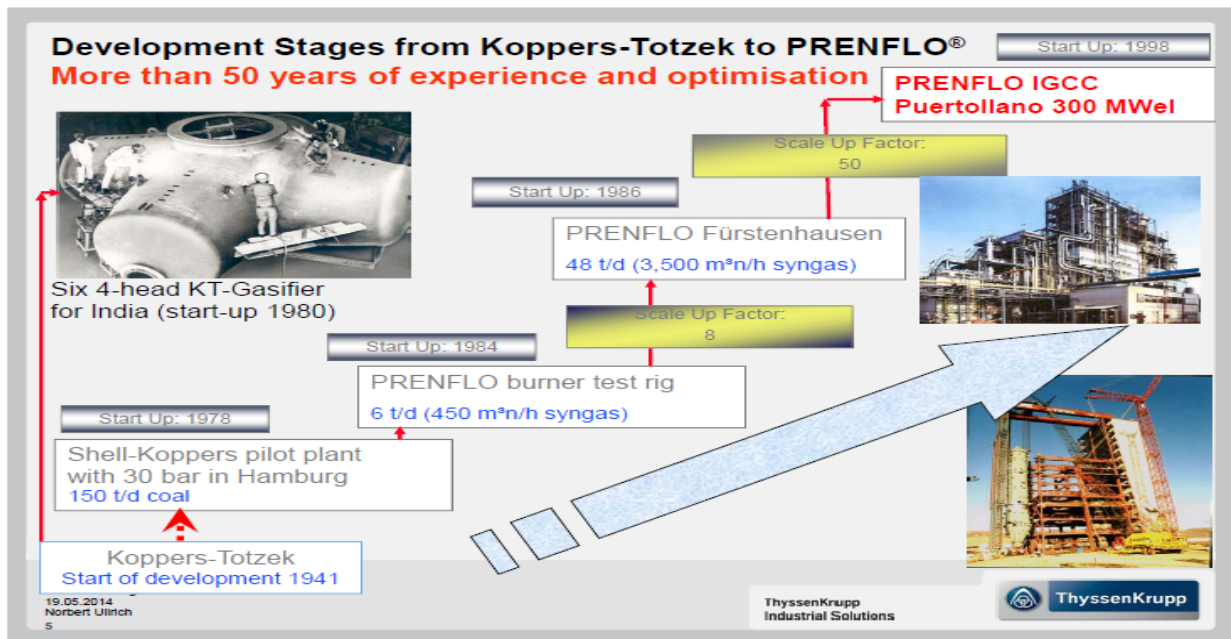
Karine

Tidsforløb for udvikling af teknologien.

Et af de projekter der ikke blev lukket helt ned er BioTfuel projektet. I dette projekt har man taget udgangspunkt i en eksisterende forgasser PRENFLO og kun nyudviklet en torrefaction process.



En væsentlig årsag til at man har valgt denne fremgangsmåde er at det har taget 50 år i et samarbejde mellem Thyssen Krupp og Shell at udvikle forgasningsreaktorer.



Det viser sig dog at det torrefactionprincip man har taget udgangspunkt i efterlader 1-3 % af biomassepartiklerne rå, hvilket bevirker de ikke kan neddeles og derfor ikke opnår de rislegenskaber torrefied biomass har. Det har derfor været nødvendigt at udvikle en plug flow torrefier.

Det forsinkede BioTfuel projektet i flere år og forøgede omkostningerne så meget at flere af partnerne har svært ved at se en kommerciel virkelighed – selv før olieprisen faldet i 2014-2015.

TK Energi var i forhandling om denne opgave i 2010 men vi vurderede at man kunne få en bedre virkningsgrad og lavere produktionsomkostninger ved at indføde ubehandlet biomasse og løse de udfordringer der i stedet ville være med hensyn til rheologi og brodannelse mm – det var det projekt TK Energi solgte til CEA i 2013.

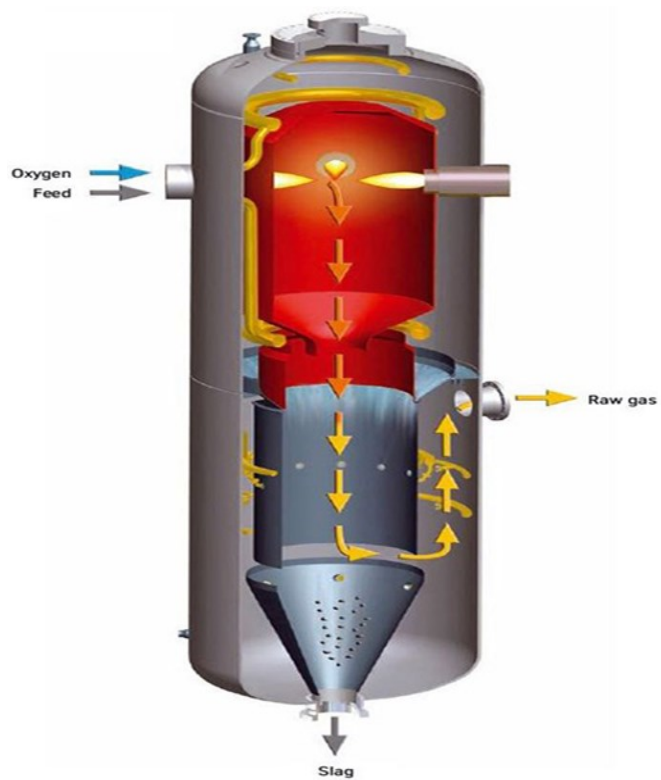
Forgasseren.

I dette projekt hvor et af de tekniske hovedformål var at udvikle et transportsystem til brændslet der er baseret på mekanisk transport og ikke som traditionelt på pneumatisk transport skal tyngdeloven hjælpe brændslet ind i forgasseren. Brændslet skal derfor indføres fra toppen af reaktoren.

Efterhånden som de tekniske udfordringer ved at udvikle og fremstille en ny reaktor står klart er de klart at hvis projektet nogen siden skal gennemføres skal vi tage udgangspunkt i en eksisterende forgasser.

UHDE er de eneste der vil sælge deres forgasser som komponent. PRENFLO forgasseren er vist her under. Den har tangentielt indløb af brændsel i toppen. Det er afgørende for funktionen af den udviklede brænder at den arbejder med tyngdeloven og der indføres brændsel lodret ned ad.

PRENFLO forgasseren er forsynet med en top flange hvor den brænder konstruktion vi ønsker kan monteres kan den anvendes uden konstruktive ændringer i den trykærende væg.

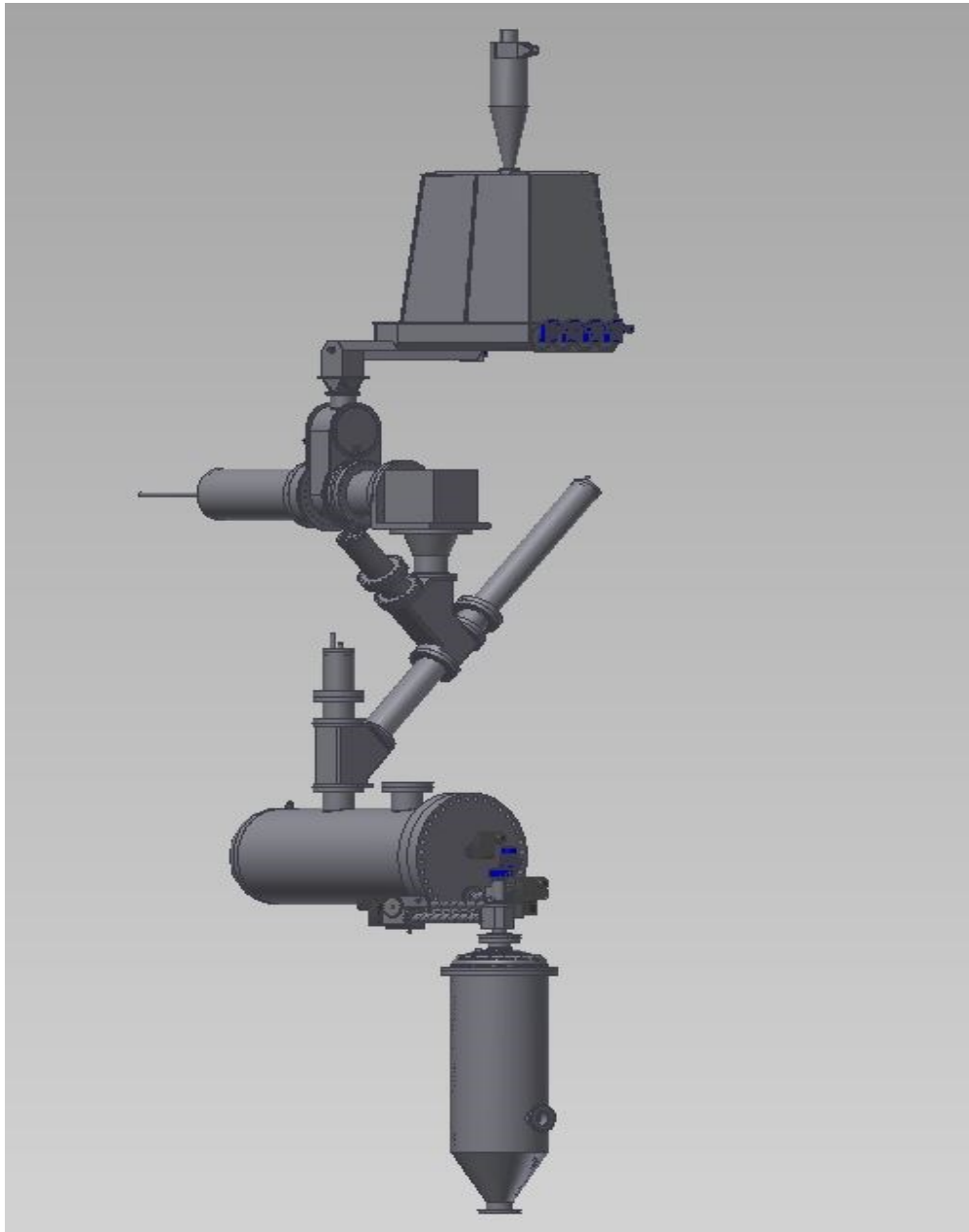


I projektet er der designet en entrained flow forgasningsproces til og med forgasseren.

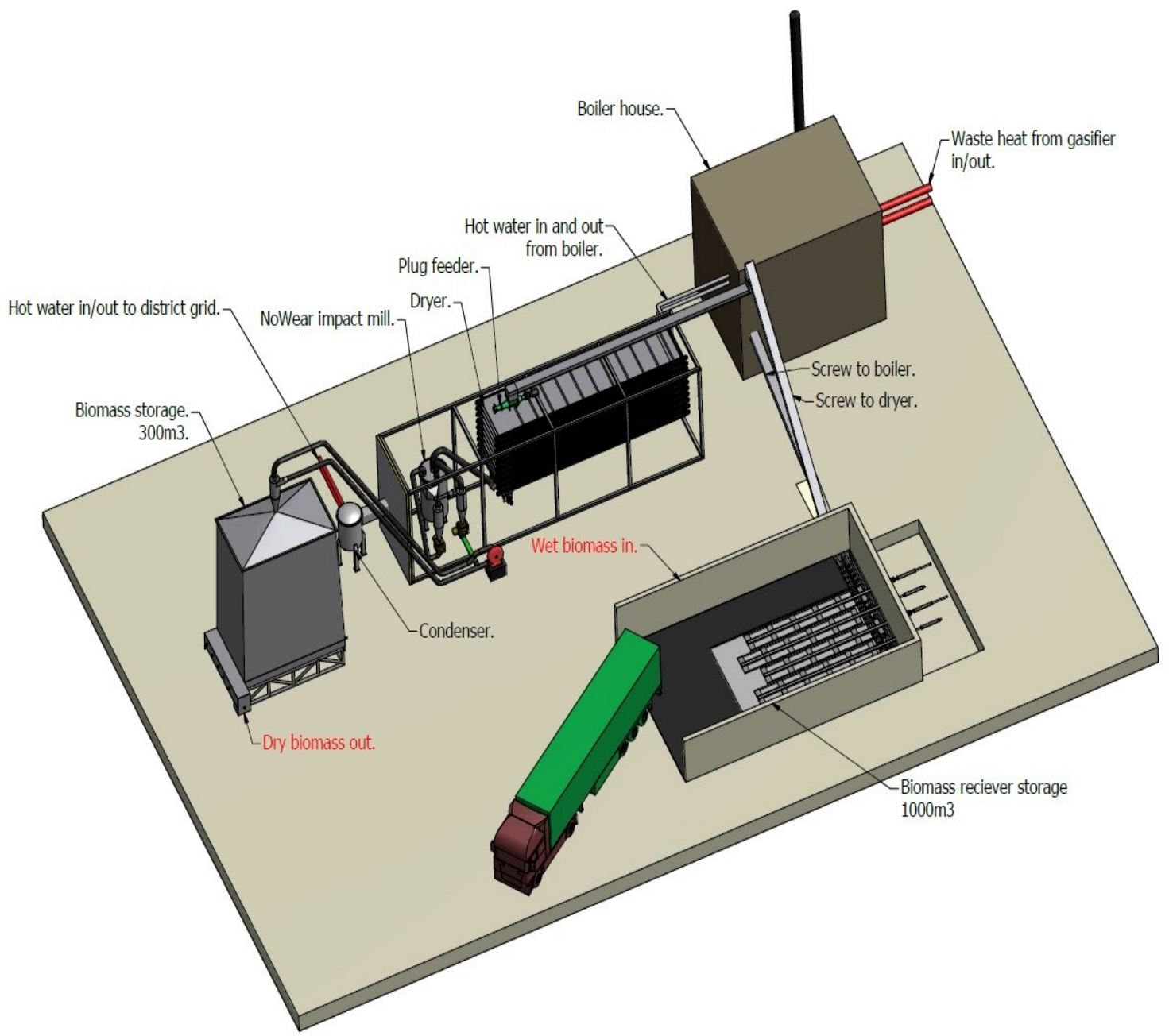
Processen er vist herunder.

Den består af:

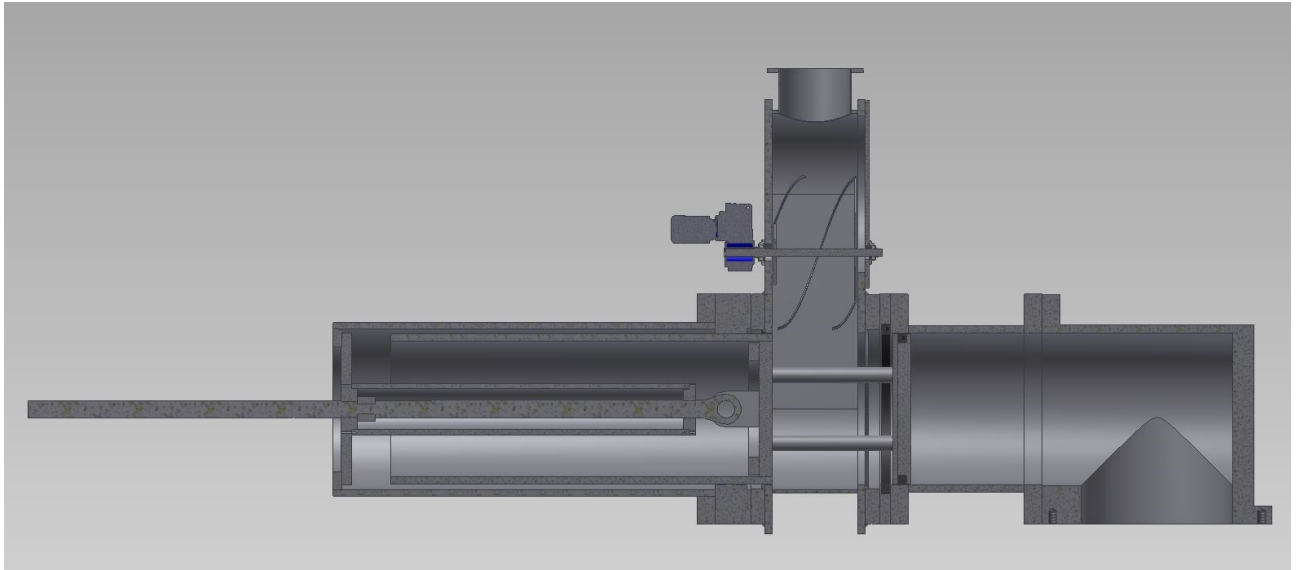
1. Fødebeholder
2. Sikkerhedsbarriere
3. Indføder
4. Doseringsbeholder
5. Brænder
6. Prenflo forgasser



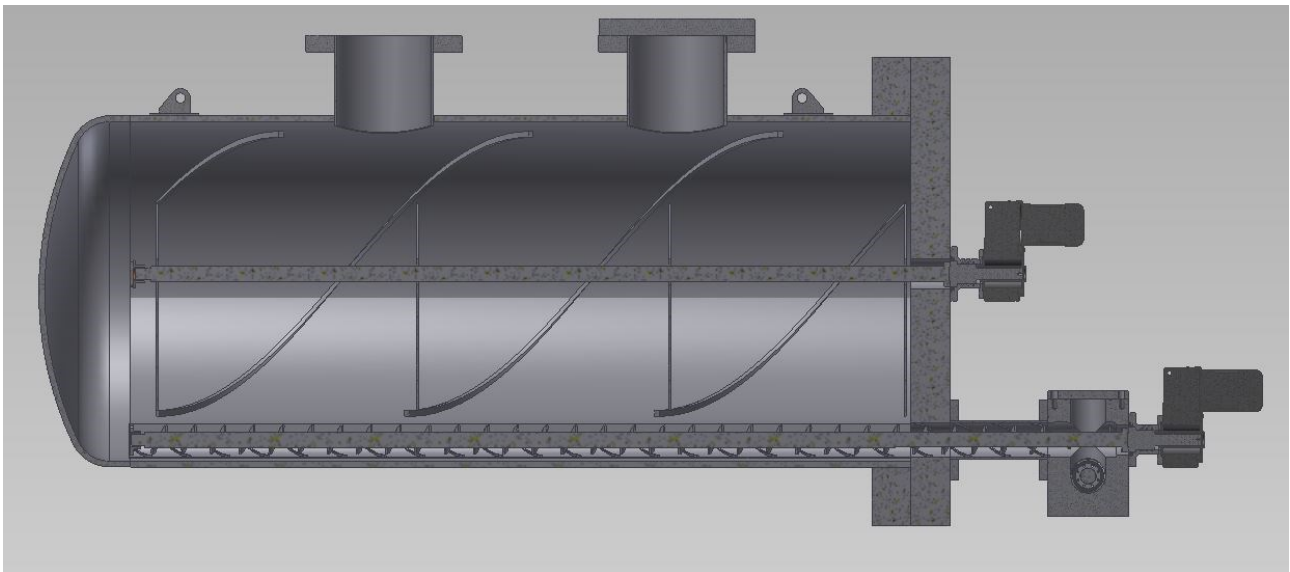
Der er designet en lavtemperatur damp tørre med en neddeler. Neddeleren er placeret i dampatmosfæren hvorved explosionsfaren er elimineret. Tørreanlægget er vist Herunder.



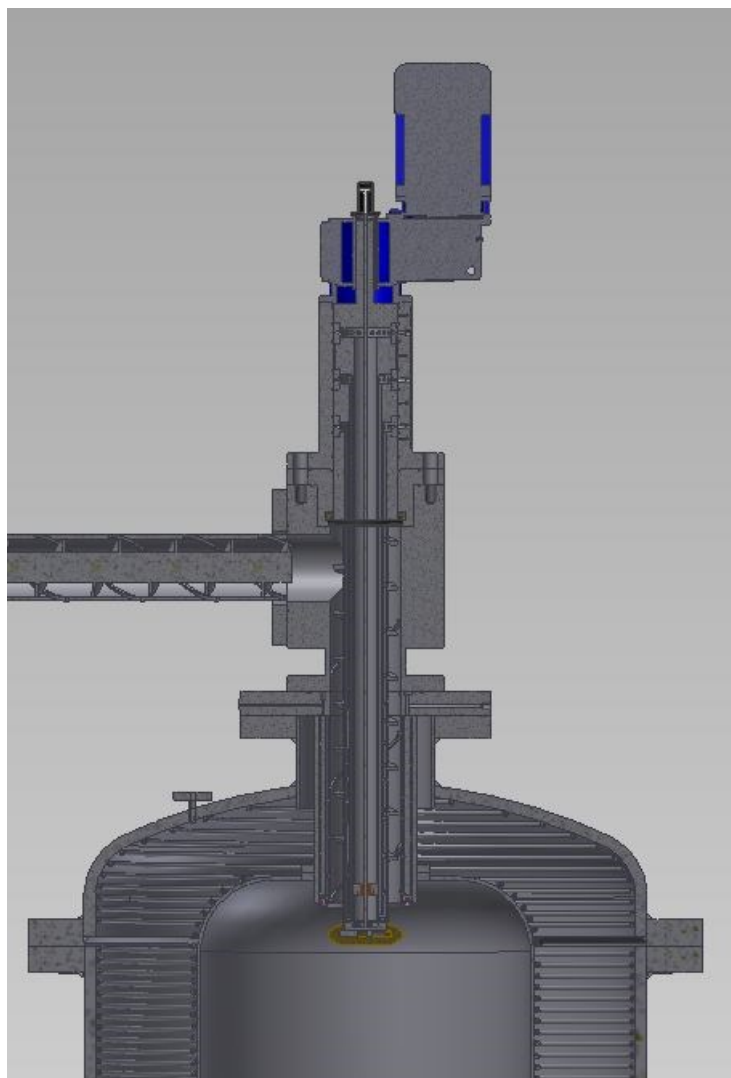
Der er udviklet en sikkerheds barriere der opfylder kravene til beskyttelse af indfødningsåbninger for trykbærende anlæg med explosive gasser. Sikkerhedsbarrieren er vist herunder



Der er udviklet en mekanisk doserings anordning med meget høj nøjagtighed. Doseringsenheden er vist her under.



Der er udviklet en mekanisk kontrollerbar brænder til injektion af brændslet til for-gasseren. Herunder er den vist monteret på topflangen i en PRENFLO forgasser.



Pris for forgasningsgas fra en entrained flow termisk biomasseforgasser

Der eksisterer ikke nogen driftsdata for omkostningerne ved forgasning af biomasse i entrained flow forgasning, men der eksisterer driftsdata for kul til diesel. CtL I projektet er det forsøgt estimeret hvad det vil koste at producere syntesegas ud fra biomasse.

Shell har gennemført et fuldskala biomasseforgasnings forsøg på Buggenem forgasseren. Der blev omsat 400 tons torrefied biomasse på 4 timer. Forsøget kørte uden problemer.

På den baggrund har vi taget udgangspunkt i denne forgasningsteknologi ved vurdering af omkostningerne til at producere syntesegas på biomasse.

Omkostningerne til at producere flydende brændsel ud af kul varierer fra 50 til 125 \$/bl. afhængigt af teknologien, de krav der stilles miljøomkostninger og prisen på kul.

<http://www.ogj.com/articles/print/volume-106/issue-40/general-interest/economics-on-fischer-tropsch-coal-to-liquids-method-updated.html> - vurderer at omkostningerne ligger mellem 75 og 135 \$/bl.

SASOL og GE har de laveste omkostninger for forgasningsprocessen; men også den laveste virkningsgrad og den største miljøbelastning men den kan ikke anvendes til biomasse.

Da vi indgik kontrakt med Shell i 2010-2011 vurderede Shell de samlede maskinomkostninger til at ligge på ca 90 \$/bl for deres CtL teknologi + omkostningerne til kul. Det var deres vurdering at deres teknologi var konkurrencedygtig fra en råoliepris på 125 \$/bl. Og at ca 10 \$ af omkostningerne stammede fra gasrensning og syntesen

Virkningsgraden af en sådan process er 50-55 %, forgaseren har en effektivitet på 65-70 % og syntesen 75-80 %.

1 barrel olie = 159 liter crudeoil, 140 Kg, 6,1 GJ
1 tons biomasse, 100 \$ tons, 100 kg/m³ 17 GJ
Kul, 30 MJ/kg, 550 kg/m³

I dette regne eksempel er virkningsgradstabet ved at konvertere fra kul til biomasse på en PRENFLO forgasser vurderet når der anvendes torrified biomasse og en kammersluse til tryksætning og pneumatisk indblæsning til brænderen.

Når man konverterer en Prenflo forgasser til biomasse er det nødvendigt med en omfattende forbehandling af biomassen for at den kan doseres og transporteres pneumatisk til brænderen.

For BioTfuel og Shell torrifier man biomassen derved mister man 25 % af energiindholdet. Brændværdien forøges til 20 MJ/tons Og prisen forøges til ca. det dobbelte af frisk biomassen ~ 200 \$ tons.

Densiteten af neddelt torrifieret biomasse er 150-175 kg /m³.

DVS de tab der er relateret til det pneumatiske system er 3-4 gange så store som for kul.
Der er derfor antaget en virkningsgrad fra torrefied biomasse til produkt på 40 %.
DVS der skal $6,1/0,4 = 15,25$ GJ torrefied biomasse til at producere 1 bl biofuel.
Omkostningerne til at producere syngas til 1 bl biofuel er således $90 + 15,25/20 \cdot 200 = 240$ \$
Svarende til en produktpris på ca 2,5 \$ pr liter

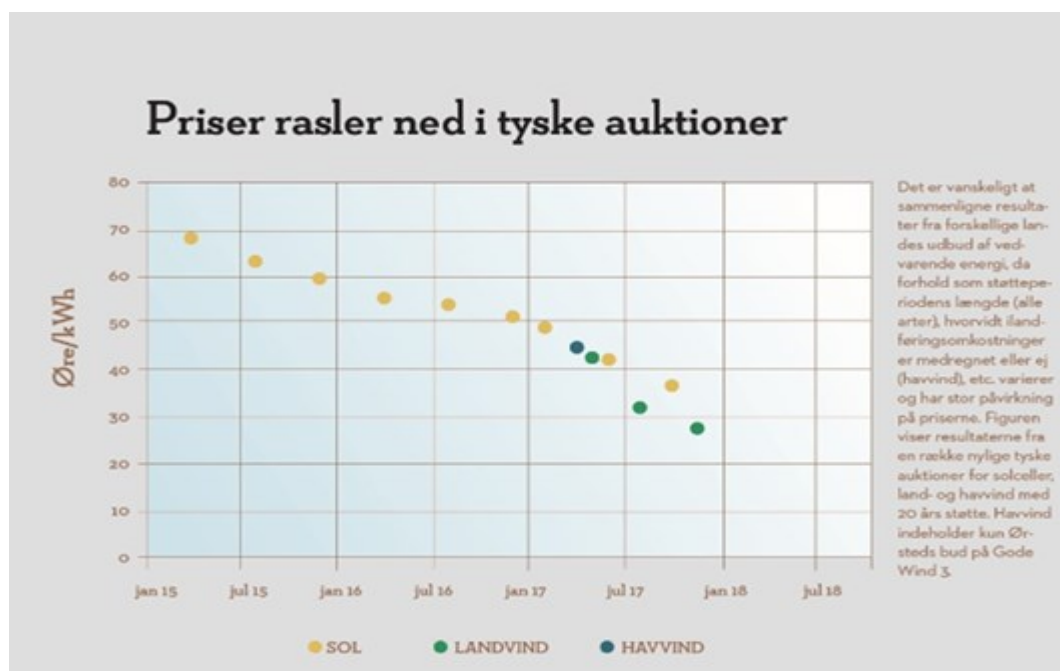
Konkurrerende processer.

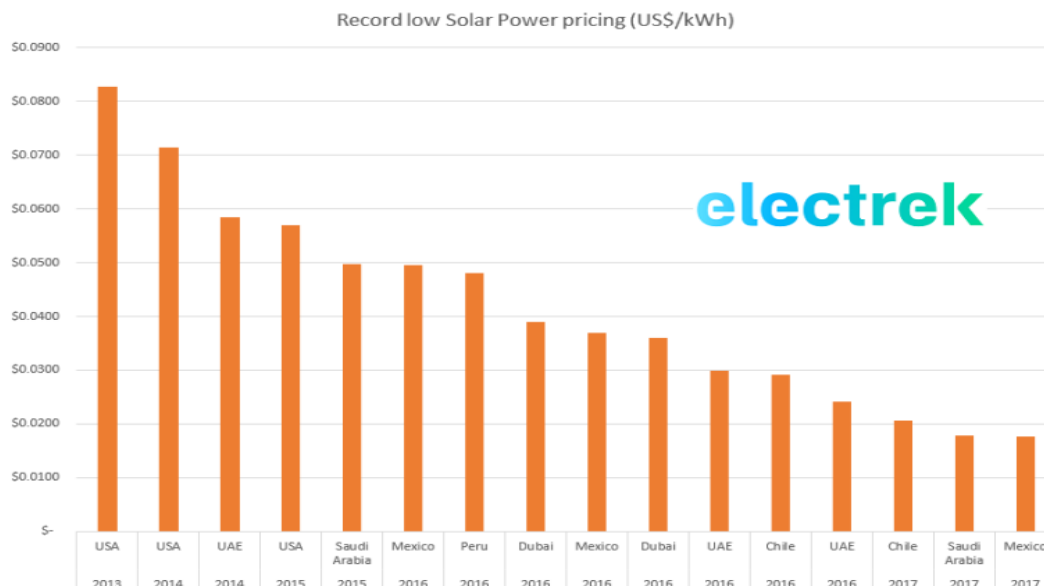
I projektperioden er prisen på PV og vindkraft faldet meget betydeligt. Prisen på PV og vindkraft er faldet fra 70 til 30 øre pr kWh på de tyske auktioner og ude i verden er prisen faldet yderligere til 12-15 øre pr kWh og der er forventning om yderligere fald.

Omkostningsbarrieren for produktion af elektrofuels er en høj elpris.

Hvis elprisen falder til 10-15 øre pr kWh vil forgasningsteknologi ikke kunne konkurrere.

Til understøttelse af realismen i dette prisniveau kan det siges at elprisen i Sverige på engros handel er ca. 0,25 SEK/KWh nu \sim 0,2 DKK/KWh.





1.4 Project results and dissemination of results.

Formålet med projektet er at udføre indledende engineering på en 10 MW tryksat termisk forgasser og identificere potentielle stopklodser for at fortsætte projektet.

Projektet er stort set gennemført i overensstemmelse med projektplanen.

Der har været 2 ændringer

1. DTU-MEK der skulle gennemføre et studie af potentialet i cryogen gasrensning valgte at udføre et studie i cryogen udskillelse af CO₂. De har brugte hele deres budget.
2. Det gav ikke mening at vurdere hvilke myndighedskrav der ville være relevante for at bygge en demonstrationsanlæg. Niras her derfor kun brugt en mindre del af deres budget.

Projektets engagement og fremdrift har været præget af en stor del af de forgasningsprojekter der var i drift da projektet blev formuleret (i 2012 til 2014) blev lukket og de folk der havde arbejdet på dem afskediget i det første år af projektet.

I foråret 2015 besøgte vi en entrained flow biomasseforgasser i Piteå i Sverige. Succes historien var at man med nød og næppe havde undgået at anlægget var revet ned.

I 2016 etableredes kontakt med et svensk projekt der skulle besøge slamforgassere i hele verden og evaluere state of the art for slamforgasning.

Det var kun muligt for dem at finde et fungerende anlæg. På det tidspunkt var situationen den samme for dette projekt som i hele det netværk vi havde opbygget op til projekt start var væk. Vi valgte derfor at tage på en fælles tur til denne forgasser

6 dedikerede biomasseforgasningsprojekter er besøgt i umiddelbart før eller i starten af projekt perioden og analyseret og deres udviklingsforløb er vurderet.

Projektet har identificeret 2 stopklodser for en fortsættelse.

1. Olieprisen faldet med 50-60 % i de første 6 måneder af projektperioden.

2. Omkostningen til produktion af el fra sol og vind er faldet med 75 % i projekt perioden. Og der er udsigt til yderligere reduktion i prisen på sol og vind elektricitet.

Det er desuden projektets vurdering at det vil tage 15-25 eller mere år at udvikle en entrained flow forgasser til biomasse – hvis det over hovedet er muligt i den nuværende situation.

1.5 Utilization of project results

Resultaterne af dette projekt i kombination med markedssituationen har ført til at TK Energy har indstillet aktiviteterne med at udvikle termisk forgasningsteknologi.

1.6 Project conclusion and perspective

Konklusionen på dette projekt er at det er meget tvivlsomt om termisk forgasning af biomasse og affald har et marked.

De demoanlæg og koncepter der eksisterer til termisk forgasning er et betydeligt stykke vej fra at fungere.

Termisk forgasning er ca. 4-5-6-7 gange dyrere end forgasning af fossilt brændsel med det prisniveau der er i 2017-2018.

Der er et meget betydeligt udviklingsarbejde der skal udføres før teknologien fungerer industrielt.

En konkurrerende teknologi- elektrofuels – er faldet meget betydeligt i pris og ser ud til at falde yderligere i pris i den kommende tid.

For man skal kunne udvikle anlæg der er så relativt komplicerede som termisk forgasning er, kræver det at der er meget stærke incitamenter.

Disse incitamenter er ikke til stede.

I en sådan markeds situation er der stor risiko for at udviklingen sker så langsomt at den opbyggede viden forsvinder før den kan bringes i spil.

Projektets konklusion er derfor at det ikke giver mening at udvikle termiske forgasningsanlæg før der er klare og stærke incitamenter for at gøre dette.

De væsentligste incitamenter der skal være til stede er:

- at der skal være et marked for de produkter en forgasser producerer;
- at en termisk forgasser producerer et produkt der ikke eller kun meget vanskeligt kan produceres på anden måde
- at der ikke er konkurrerende teknologier der kan det sammen og er billigere og simple.
- at der kunne være udsigt til at forgasningsteknologi udvikler sig prismæssigt gunstiger end konkurrerende teknologier

Ingen af disse incitamenter er til stede på nuværende tidspunkt.

Annex

Relevant links