

## 7 Aktivitetsplan 7: Teknologisk fundament for CFD

| <b>Skema til beskrivelser af forsknings- og udviklingsaktiviteter</b> |   |                               |          |
|---|---|-------------------------------|----------|
| <b>Aktivitetssområde (navn):</b>                                      | <b>Teknologisk fundament for CFD til industriel anvendelse</b>  | <b>Aktivitetssområde nr.:</b> | <b>7</b> |
| <b>Sammenfatning</b>  | <p>I 2020 skal 30 % af det danske energiforbrug komme fra vedvarende energi, hvis vi skal nå Danmarks klimamål. Det svarer til en fordobling i forhold til i dag. Den vedvarende energi er samtidig en oplagt drivkraft mod at skabe nye arbejdspladser gennem teknologisk innovation. Men det kræver, at vi overkommer en række problemer, der følger med den vedvarende energi. DONG og Vattenfall forventer, at vi må tage alle former for vedvarende energi i brug for at nå vores klimamål, ikke mindst biomasse.</p> <p>Computational Fluid Dynamics (CFD), som er den mest avancerede metode til beregninger af strømninger i gasser og væsker, har gennem de senere år vundet stadig mere – om end begrænset – udbredelse i dansk industri og benyttes i dag af de største virksomheder til udvikling, design og optimering af udstyr og processer i mange forskellige industrier. Anvendelsen af CFD har et stort potentiale inden for bl.a. biotek, vandbehandling, energi- og miljøindustri, der langt fra er udnyttet til fulde. En øget udbredelse af CFD-værktøjer kan bidrage til at sikre såvel bedre design og drift af anlæg inden for en række industrier som opfyldelsen af Danmarks klimamål; samtidig vil det understøtte industrisegmenter, der hører til blandt spidsindustri i den fremtidige industri- og vidensport for energi- og klimalandet Danmark – men:</p> <p>På grund af en række barrierer for anvendelsen af CFD inden for industriområdet, er den i dag begrænset til 20-30 store danske industrivirksomheder og praktisk talt ingen små. Barriererne for en bredere anvendelse er hovedsageligt: Høj pris for kommerciel licens, mangel på relevante procesmodeller i de konventionelle softwareprogrammer og for lavt uddannelsesniveau hos operatøren. Det vil FORCE Technology og DHI lave om på i fællesskab. Begge GTS-virksomheder har en lang tradition for anvendelse og udvikling af CFD-teknologi. Vi er GTS-systemets to største udbydere af serviceydelser inden for det fluidmekaniske område. Visionen i samarbejdet er at forene kræfterne om at udvikle de grundlæggende værktøjer og at facilitere, at fluidmekaniske kompetencer kan udveksles mere effektivt på tværs af mange fagområder. Det vil vi gøre inden for biotek, miljø- og energiindustri. Målet er at udbrede brugen af nye modeller i dansk industri og benytte teknologien til at reducere energi-, tids- og kemikalieforbrug og samtidig øge effektiviteten (kapaciteten) af procesanlæg. Det teknologiske grundlag herfor bliver et CFD-system</p> |                               |          |

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
|                                   | <p>baseret på <i>open source</i>-software; dvs. at kildeteksten til systemet er fuldt tilgængelig for alle. Målgruppen for aktiviteterne består af virksomheder, som allerede anvender CFD-teknologi, dem som planlægger eller er ved at implementere CFD-teknologi og dem, som uden at besidde teknologien ønsker adgang til den viden og teknologisk service, en detaljeret CFD-analyse kan give dem.</p> <p>Forbrænding og forgasning af affald og biomasse understøtter målet om at reducere emissionen af drivhusgasser ved energiproduktion, men for endegyldigt at sikre en opnåelse af klimamålene er det en nødvendighed, at den udviklede teknologi samtidig er mest muligt miljø- og energimæssigt bæredygtig og har en meget stor fleksibilitet mht. drift og brændselsvalg. Der vil blive udviklet modeller og metoder, som kan anvendes i forbindelse med udlægning og design af forbrændingsanlæg, således at der sikres høj energieffektivitet, størst mulig driftstabilitet og -fleksibilitet samt minimale emissioner. Desuden vil der blive udviklet metoder, der kan understøtte forebyggende vedligehold og risiko-baseret vedligehold på termiske anlæg.</p>  |
| <p><b>Formål og målgruppe</b></p> | <p><i>Aktiviteterne gennemføres i et samarbejde imellem FORCE Technology og DHI, der begge har en lang tradition for anvendelse og udvikling af CFD-teknologi.</i></p> <p><i>I GTS-systemet er DHI og FORCE Technology de to største udbydere af serviceydelser inden for det fluidmekaniske område. Der er stort sammenfald mellem de grundlæggende teknologiske værktøjer, mens der omvendt er stor komplementaritet i forhold til de markeder, vi hver især servicerer. Visionen med samarbejdet er at forene kræfterne om at udvikle de grundlæggende værktøjer, og facilitere at fluidmekaniske kompetencer kan udveksles mere effektivt på tværs af mange fagområder.</i></p> <p>Computational Fluid Dynamics (CFD), som er den mest avancerede metode til beregninger af strømninger i gasser og væsker, har gennem de senere år vundet stadig mere – om end begrænset – udbredelse i dansk industri og benyttes i dag af de største virksomheder til udvikling, design og optimering af udstyr og processer i mange forskellige industribrancher. <i>Anvendelsen af CFD har et stort potentiale inden for bl.a. biotek, vandbehandling, energi- og miljøindustri, der langt fra er udnyttet til fulde.</i> En øget udbredelse af CFD-værktøjer kan bidrage til at sikre såvel bedre design og drift af anlæg inden for en række industrier som opfyldelsen af vores klimamål; samtidig vil det understøtte industrisegmenter, der hører til blandt spydspidserne i den fremtidige industri- og videnskapsport for energi- og klimalandet Danmark – men:</p> <p>På grund af en række barrierer for anvendelsen af CFD inden for industriområdet, er den i dag begrænset til 20-30 store danske industrivirksomheder og praktisk talt ingen smv'er. Barriererne for en bredere anvendelse er hovedsageligt de tre følgende:</p> |

- Prisen for en kommerciel licens af et CFD-system er i dag meget høj og så høj, at systemerne er uden for smv'ernes rækkevidde
- Konventionelle CFD-softwareprogrammer indeholder kun i begrænset omfang relevante procesmodeller, som kan kobles på rene strømningmekaniske (fluid dynamiske) modeller
- Måltrettet og effektiv anvendelse af CFD-software kræver, at operatøren har et højt uddannelses- og erfaringsniveau. Typisk kræves ph.d.-niveau eller en MSc. med specialuddannelse.

Biotek, vandbehandling, energi- og miljøindustri er karakteriseret ved, at de biologiske og kemiske processer er bundet til og styret af gas- og væskestrømninger. Her følger tre eksempler:

- Effektiviteten af en gæringstank er begrænset af en effektiv omrøring i tanken. Jo bedre strømningforholdene og de hertil knyttede biologiske processer kan bestemmes f.eks. i designfasen, desto større effektivitet (mht. tid, råstoffer, energiforbrug og produktkvalitet etc.) bliver det muligt at opnå.
- Effektiviteten af rensningsanlæg er ligeledes styret af strømningforholdene i vandrensningsanlæg. Jo bedre strømningforholdene og de hertil knyttede mekaniske og biologiske processer kan bestemmes, desto større effektivitet (mht. tid, tilsætningsstoffer, energiforbrug etc.) kan man opnå under drift af det endelige anlæg. Det skønnes, at energiforbruget, som går til at drive rensningsanlæg i Danmark, svarer til 1 % af Danmarks samlede energiforbrug, og der er sat et mål om at reducere energiforbruget i den danske vandsektor med 25 % (Dansk vand- og spildevandsforening; [www.danva.dk](http://www.danva.dk)).
- Miljøeffektiviteten og emissioner fra et biomasse-forbrændingsanlæg er ligeledes styret af strømningforholdene. Jo bedre strømningforholdene og de hertil knyttede mekaniske og biologiske processer kan bestemmes, desto større effektivitet (mht. tid, tilsætningsstoffer og energiforbrug, etc.) bliver det muligt at opnå under drift af det endelige anlæg.

### Formål

Vi vil gennem aktiviteterne nedbryde de nævnte barrierer og facilitere anvendelsen af CFD inden for biotek, miljø- og energiindustri. Et at virkemidlerne består i at udvikle generiske værktøjer, som kan benyttes til at modellere koblede CFD- og biologiske/kemiske processer med. Målet er at udbrede brugen af modellerne i dansk industri og benytte teknologien til at reducere energi-, tids- og kemikalieforbrug og samtidig øge effektiviteten (kapaciteten) af procesanlæg. Det teknologiske grundlag herfor bliver et CFD-system baseret på *open source* software; dvs. at kildeteksten til systemet er fuldt tilgængelig for alle. Hovedvægten af aktiviteterne i planen vil ligge på *open source* CFD-systemer, men da en del af målgruppen forsat forventes at anvende kommercielt CFD-software, vil aktiviteterne efter behov også være rettet mod udvikling af generiske værktøjer hertil.

Vi vil hjælpe danske virksomheder til bedre at kunne optimere deres industri anlæg og produkter, herunder reducere ressourceforbruget (for eksempel forbrug af kemikalier eller brændsel) og miljøbelastningen fra udledninger og derigennem afstedkomme, at CFD-teknologi adapteres bredt af dansk industri med heraf forøget international konkurrenceevne.

### Målgrupper

De tre overordnede målgrupper for aktiviteterne er:

- Virksomheder, som allerede anvender og har implementeret CFD-teknologi
- Virksomheder, som planlægger eller er i færd med at implementere CFD-teknologi
- Virksomheder, som ikke ønsker at besidde teknologien, men udelukkende ønsker adgang til den viden og teknologisk service, som en detaljeret CFD-analyse kan give dem.

Aktiviteterne vil blive kædet sammen med aktiviteter, som det er planlagt at gennemføre i DHI og FORCE Technologys øvrige resultatkontraktaktiviteter, nemlig: *Vand i Byer* (DHI), *Industrial Produktion og Teknologi* (DHI), *Økologi og Akvakultur* (DHI), *Kyst og Hav* (DHI). Et tæt samarbejde mellem FORCE Technology og DHI om udvikling af det teknologiske fundament – herunder deling af generiske software-moduler og algoritmer til eksempelvis procesmodellering, men rettet mod hver af de to institutters markeds- og kundesegmenter – vil sikre, at den bedst mulige teknologiske service tilvejebringes til industrien.

I DHI's resultatkontrakt er det planlagt at gennemføre aktiviteter, som vil benytte den udviklede CFD-teknologi. De primære målgrupper, hvoraf flere har et betydeligt smv-segment, vil her være forsyningselskaber, kraftværker, vandforbrugende industrier, bioteknologisk og kemisk industri, føde-vareindustrier, akvakultur industri og landbrug med sigte på optimering af drift (energi- og ressource besparelser), samt teknologiproducenter inden for de nævnte segmenter med sigte på at tilføre produkterne ekstra værdi gennem optimering med CFD.

FORCE Technology planlægger ligeledes at gennemføre aktiviteter, der understøttes af den udviklede CFD-teknologi. Aktiviteterne vil primært være rettet mod energi- og miljørigtig omsætning (f.eks. forbrænding og forgasning) af affald og biomasse. Det vil ske med henblik på at understøtte Danmarks klimaforpligtigelser og ikke mindst Danmarks energi- og miljøeksport. Den primære målgruppe består af udstyrsleverandører, hvoriblandt der findes mange smv'er, og anlægsejere eller serviceudbydere, der har behov for rådgivning i forbindelse med energi- og miljøforbedringer på eksisterende anlæg. Aktiviteterne i nærværende aktivitetsplan bliver også rettet mod leverandører af støttesystemer såsom røggasrensningssystemer. Herudover består målgruppen af producenter af procesudstyr til bl.a. den kemiske industri, fødevareindustri samt olie-gas-industrien.

|   |   |
|---|---|
|   | <p><b>BedreInnovation.dk</b></p> <p>Vi har under udarbejdelsen hentet inspiration i de forslag, der har været præsenteret på BedreInnovation.dk og i den dialog, som har været i det offentlige rum. Det drejer sig primært om følgende to:</p> <p><u>Klima &amp; energi</u><br/> <u>Åbne værktøjer til modellering af effekter af og tilpasning til klimaforandringer</u></p> <p><b>Ekstern anerkendelse fra erhvervsliv og Vidensystem</b></p> <p>Aktivitetens erhvervsmæssige relevans samt forsknings- og udviklingsmæssige højde er demonstreret gennem anerkendelser fra erhvervsliv og vidensystem.</p>  |
| <p><b>Aktivitetsplanens indhold</b></p> | <p>Forbrænding og forgasning af affald og biomasse understøtter målet om at reducere emissionen af drivhusgasser ved energiproduktion, men for endegyldigt at sikre en opnåelse af klimamålene er det en nødvendighed, at den udviklede teknologi samtidig er mest muligt miljø- og energimæssigt bæredygtig og har en meget stor fleksibilitet mht. drift og brændselsvalg. Der vil blive udviklet modeller og metoder, som kan anvendes i forbindelse med udlægning og design af forbrændingsanlæg, således at der sikres høj energieffektivitet, størst mulig driftstabilitet og -fleksibilitet samt minimale emissioner. Det vil sige opbygning af modeller til beregning af forbrændingsprocesser, beregning af CO-, NOx-, SOx- og partikelemissioner samt modeller til udlægning af SCR- og SNCR-systemer. Desuden vil der blive udviklet metoder, der kan understøtte forebyggende vedligehold og risiko-baseret vedligehold på termiske anlæg (tilstandsovervågning, minimere belægningsdannelse og begrænse korrosion).</p> <p>Energiforbruget i forbindelse med blandings- og omsætningsprocesser i væsker i industrier er overvældende stort, f.eks. når det gælder iltning i biologiske rensningsanlæg, omsætning i gæringstanke, begroning af membranfiltre, styring af græselags-hydraulik langs eksempelvis katalytiske overflader i avancerede rensningssystemer, afvanding af slam osv. I mange væskestrømninger er der en feedback kobling mellem strømningsmekanikken, transport af suspenderet og opløst organisk og ikke-organisk stof samt kemiske og biologiske processer. Det er målet at udvikle det nødvendige teknologiske grundlag for at kunne beregne fremtidens procesanlæg, der er langt mere energieffektiv og kan håndtere højere hydrauliske belastninger, end det er muligt med eksisterende design. Programmet retter sig primært mod at udvikle et generisk værktøj, der kan benyttes til at beregne forhold i industrielle anlæg.</p> <p>Udviklingsarbejdet vil blive gennemført i to faser.</p> <p>1) Indledningsvis er det vigtigt at udvikle et beregningsredskab, der kan håndtere ikke-reaktive systemer. Her vil der være fokus på systemer og modeller, der kan medvirke til design af både passive (uden kemiske og biologiske processer) og aktive opblandingsystemer. Effektiv opblanding er en fundamental udfordring inden for alle de industrisegmenter, der er i</p> |

fokus i nærværende aktivitetsplan, og derfor er det af stor betydning for virksomhederne at få adgang til modeller, der effektivt og pålideligt kan anvendes i forbindelse med design af opblandingsudstyr. Udviklingerne vil blive fokuseret på at tilpasse programkoden således, at den kan håndtere bevægelige maskinkomponenter, statiske mikser systemer samt injektionssystemer for tilførsel af reaktanter. (for eksempel omrøring i en tank med propeller, roterende jethoveder, turbulatorer og systemer for injektion af luft eller ammoniak). Resultaterne af denne udvikling vil være modeller, der kan benyttes til optimering af blandingsudstyr i væsker og gasser, til sammenligning og valg af forskellige typer blandingsudstyr (traditionel impeller, roterende jet hoved, statiske mikser), og til udvikling af designkorrelationer, som senere kan bruges til design af blandingsystemer.

2) Efter etablering af et CFD-model-redskab for et ikke-reaktivt system skal det teknologiske fundament i anden fase udvides med modeller, der kan beregne reaktive systemer med feedback mekanismer til fluiddynamikken. Modellerne skal kunne håndtere masseoverførsel (ilt tilføres via beluftning eller dysesystemer; CO, CO<sub>2</sub> eller andre emissioner forlader reaktoren via afgangsgassen), kemiske ligevægte og reaktioner (pH-gradienter, forbrænding og dannelse af emissioner). Hertil kommer de biologiske processer (vækst af mikroorganismer, produkt dannelse, produkt-inhibering) og sammenhængen mellem vækst af bakterier og de rheologiske væskeegenskaber.

Specifikt bliver der i denne fase af projektet udviklet komponenter, der kan håndtere:

- koblede fluiddynamiske og biologiske modeller
- NO<sub>x</sub> og SO<sub>x</sub> dannelse ved forbrænding
- ikke-newtonske og højviskose væsker
- masse transfer imellem forskellige faser
- reduktion af NO<sub>x</sub> i røggasser med SCR og SNCR systemer
- geometri (og eller ruheds) opdatering som følge af begroning.

De nævnte processer foregår i forskellige tidslige og stedlige skalaer. Nogle af processerne foregår på mikroniveau over meget kort tid, mens andre processer foregår på langt større skala og over længere tid. Det er derfor, at der udvikles en teknologi, der kan kombinere disse meget forskellige skalaer og få dem til at virke i en fælles CFD model. Da computer beregningstiden ofte er stor for CFD modeller, er det en løsning, der kræver, at man beskriver hurtige og småskala processer på en måde, så de kommer på samme skala som de større processer. Det er derfor vigtigt for projektet, at de udviklede modeller kan overføres til praktisk anvendelse.

Tidshorizonten for markedsmodning af de forskellige udviklede teknologier og ydelser er typisk et til tre år og ligger således for en væsentlig del inden for perioden af denne resultatkontrakt.

Flere elementer i den udviklede teknologiske service er nyskabende også i en international sammenhæng. Model-redskabet, der udvikles og udbydes som en del af aktiviteterne, vil udvide grænserne for anvendelse af CFD og vil i en national sammenhæng adressere industrisegmenter med stort eksportpotentiale for Danmark. Det er endvidere nyskabende, at der udvikles og udbydes teknologisk service, som er baseret på *open source* CFD og som nedbryder barrierer i forhold til implementering af CFD-teknologi i forhold til smv'er. Ingen af de ydelser udbydes via det private rådgivermarked, men vil omvendt kunne udnyttes og integreres i private videnudbyderes forretningskæbelse.

#### **Ph.d-forløb**

Vi vil gennemføre et ph.d.-projekt i forbindelse med resultatkontrakten. Projektet bliver gennemført i samarbejde mellem DHI og Institut for Kemiteknik, Danmarks Tekniske Universitet. Ph.d.-projektet vil fokusere på at udvikle de ovennævnte reaktive beskrivelser i en CFD-model.

#### **Væsentlige samarbejdspartnere**

Som nævnt gennemføres aktiviteterne i handlingsplanen i tæt samarbejde mellem DHI og FORCE Technology, men herudover er det aftalt, at aktiviteten vil blive gennemført i samarbejde med Institut for Mekanisk Teknologi på DTU, Institut for Kemiteknik på DTU, Institut for Byggeri og Anlæg på AAU samt Institut for Energiteknik på AAU.

#### **International videnhjemtagning**

Vi tager viden hjem som det er relevant for den kompetenceopbygning og videnforankring, der skal foregå en del af aktiviteten. Der er allerede etableret tætte kontakter til Chalmers Universitet i Gøteborg og Gent Universitet i Belgien inden for områderne generel modellering med *open source* CFD og udvikling af biologiske modeller. DHI har for nyligt etableret et forskningscenter i Singapore. Industriel anvendelse af CFD er defineret som et indsatsområde for centret, som har et tæt samarbejde om emnet med ledende universiteter i regionen. Gennem aktiviteten vil vi gøre brug af og udbygge kontakterne herfra.

#### **Forsknings- og innovationsmæssig nyhedsværdi**

De modeller, der udvikles som en del af aktiviteten, bryder de teknologiske grænser for, hvor potentialet i anvendelsen af CFD kan udnyttes og hermed udvides områderne, hvor DHI og FORCE Technology kan og vil udbyde teknologisk service. Herudover vil vi henvende os til nye industrisegmenter såsom biotek og rensningsanlæg med CFD-services.

GTS faciliterer skabelsen og vedligeholdelsen af et fælles teknologisk fundament, som kan anvendes og videreudvikles i nye netværk og alliancer mellem danske og internationale aktører. Denne model for netværksbaseret innovation bygger på det såkaldte wiki-koncept, hvor alle i netværket kan bygge videre på andres bidrag; modellen har med bl.a. Linux som eksempel vist sig at være yderst værdifuld. Hvis danske forskningsinstitutioner og virksomheder skaber sig en førerposition

|   |  |
|---|--|
|   | <p>international i brugen af denne type netværk, vil det være en ny bro til effektiv videnoverførsel og -hjemtagning, samt evt. kundekommunikationsplatform (virtuelle produkter til eksempelvis demonstration).</p>   |
| <p><b>Koordinering og samspil med andre FoU-aktiviteter</b></p> | <p>Aktiviteterne inden for resultatkontrakten vil bestå i at udvikle det <i>teknologiske fundament</i> og forudsætning for de fire aktivitetsplaner, der er beskrevet ovenfor. DHI og FORCE ser en stor fordel i at opbygge dette teknologiske fundament i fællesskab da, der et stor sammenfald mellem de grundlæggende værktøjer, der skal opbygges for at understøtte de fire aktivitetsplaner.</p> <p>Resultatkontrakten vil ligeledes blive knyttet sammen med og være et vigtigt fundament for øvrige fælles eller adskilte fremtidige F&amp;U-aktiviteter som f.eks. Innovationsnetværk og øvrige instrumenter fra RTI, strategiske forskningsrådsprogrammer, EU-forskningsprogrammer m.v.</p>  |
| <p><b>Formidlings- og spredningseffekt:</b></p>                 | <p>Det er planlagt at gennemføre en række kurser, seminarer, opbyggende arbejde og informationsaktiviteter i forbindelse med resultatkontrakten. Målet med disse aktiviteter er få spredt viden om den udviklede teknologi og få denne forankret bredt blandt danske industrivirksomheder.</p> <p>For at sikre effektiv videnhjemtagning og –spredning vil der blive afholdt seminarer/workshops som en del af aktiviteten. I disse inddrages internationale og nationale nøglepersoner inden for CFD og Open Source og det sikres at deltagerne har mulighed for at udveksle erfaringer. Det er planen at seminarerne vil dække følgende områder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muligheder og barriere i forbindelse med anvendelse af Open Source baseret CFD-teknologi med specielt fokus på udfordringerne blandt SMV.</li> <li>• Fagspecifikke workshops inden for 3-4 udvalgte industrisegmenter hvor projektets mere konkrete faglige resultater vil blive formidlet.</li> <li>• Forberedelse af teknisk indhold af brugerbetalte kurser i anvendelse af grundlæggende eller mere avancerede elementer i Open Source CFD.</li> </ul> <p>Potentielle interessenter og deltagere i industrien vil blive adresseret og inviteret i forbindelse med de gennemførte seminarer/workshops. Der vil i forbindelse med identifikation af virksomhederne blive lagt specielt vægt på deltagelse af SMV.</p> <p>DHI's og FORCE Technologys kvantitative mål for vidensspredningen er samlet set som følger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efter tre år genereres en forøget omsætning på fire mio. pr. år, heraf 2 mio. blandt små og mellemstore virksomheder. Herefter forventes en årlig stigning på 15 %.</li> </ul> |



|  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindst 100 virksomheder deltager i fagspecifikke kurser</li> <li>• Der vil blive publiceret mindst 10 videnskabelige artikler, publikationer og konferencepapers gennem aktivitetsperioden.</li> <li>• Der påbegyndes samarbejde med mindst 40 nye virksomheder omkring implementering og industriel anvendelse af Open Source CFD.</li> </ul> <p>Formidling vil også ske gennem DANSIS (Dansk Selskab for Industriel Strømningsmekanik), der er et fagteknisk selskab, der omfatter alle betydende aktører anlægsproducenter, anlægsejere, rådgivere samt videninstitutioner inden for fagområdet. FORCE Technology har formandskab og driver sekretariat for DANSIS.</p>   |
| <b>Centrale kompetencer involveret i FoU-projektet</b> | <p>Civilingeniør, ph.d. Henrik Hassing, Industriel Strømningsmekanik, FORCE Technology<br/>         Civilingeniør Jan Jørgensen, Industriel Strømningsmekanik, FORCE Technology<br/>         Civilingeniør Elisabeth Akho Hove, Industriel strømningsmekanik, FORCE Technology<br/>         Civilingeniør Lars Yde, Port &amp; Offshore Technology, DHI<br/>         Civilingeniør, ph.d. Erik Damgaard Christensen, Port &amp; Offshore technology, DHI<br/>         Civilingeniør Gert Holm Kristensen, Urban and Industry, DHI.</p>  |
| <b>Milepæle år 1</b>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CFD modelsystemer der kan beregne et ikke reaktivt system herunder statiske miksere og injektionssystemer</li> <li>• Katalog over skademekanismer i biomasse anlæg og deres relation til strømningsforhold er udarbejdet og en model grundlæggende model for beregning af belægningsdannelse og erosion er specificeret</li> <li>• Model for opblanding af ammoniak er implementeret og valideret med måledata</li> <li>• Model for konvertering af Urea er specificeret</li> <li>• Model for ammoniak og NOx reaktion er specificeret</li> <li>• Der er udviklet og implementeret en model for biomassefyrrum og model for affaldsforbrændingsanlæg</li> <li>• CFD modelsystem testet på en prototype model af et rensningsanlæg</li> <li>• CFD modelsystem testet på en prototype model af en gæringstank.</li> </ul> <p>Udover ovenstående milepæle, der knytter sig direkte til de faglige aktiviteter, vil aktiviteten yderligere samlet set for DHI og FORCE Technology udmønte sig i følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindst 30 virksomheder deltager i fagspecifikke kurser</li> <li>• Der vil blive publiceret mindst 2 videnskabelige artikler, publikationer og konferencepapers.</li> <li>• Der påbegyndes samarbejde med mindst 8 nye virksomheder omkring implementering og industriel anvendelse af Open Source CFD.</li> </ul> |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
|                             | <p><b>Innovationsnetværk:</b><br/>I forbindelse med aktivitetsplanen er målsætningen at vi årligt henviser minimum 15 virksomheder til Innovationsnetværk for yderligere sparring, videnhjemtagning og samarbejde i så fald det er relevant. Det drejer sig her primært om Innovationsnetværkene: Center for Bioenergi og Miljøteknologisk Innovation, Nordjysk Innovations- og Kompetencecenter for Vedvarende Energi , VE-NET, Center for bioenergi og miljøteknologisk innovation (CBMI) samt Na-Net.</p>  |
| <p><b>Milepæle år 2</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CFD modelsystem som inkluderer modeller af ikke-newtonske og høj viskose væsker</li> <li>• Masse transfer imellem forskellige faser</li> <li>• CFD modelsystem der inkluderer modeller ikke-newtonske og høj viskose væsker samt masse transfer testet på en prototype model af et rensningsanlæg</li> <li>• CFD modelsystem der inkluderer modeller ikke-newtonske og høj viskose væsker samt masse transfer testet på en prototype model af en gæringstank Model for ammoniak reaktion er implementeret og der er gennemført indledende tests</li> <li>• Der er gennemført validering af ikke-katalytisk ammoniak-NOx reaktion baseret på måledata</li> <li>• Conferenceindlæg eller videnskabelig artikel om SNCR model</li> <li>• Der er gennemført mindst én kommerciel opgave med den udviklede SNCR-model på affaldsforbrændingsanlæg</li> <li>• En model for belægningdannelse og kedelerrosion er implementeret og der er gennemført indledende test</li> <li>• Modeller for biomasse- og affaldsforbrænding på rist</li> <li>• Der er opstillet og udviklet en model for CO, NOx og SOx dannelse i biomasse forbrændingsanlæg</li> <li>• Der er afholdt mindst ét conferenceindlæg om anvendelsen af fyrrumsmodellen for biomasseanlæg og affaldsforbrænding.</li> </ul> <p>Udover ovenstående milestones, der knytter sig direkte til de faglige aktiviteter, vil aktiviteten yderligere samlet set for DHI og FORCE Technology udmønte si i følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindst 30 virksomheder deltager i 2 fagspecifikke kurser eller seminarer</li> <li>• Der vil blive publiceret mindst 2 videnskabelige artikler, publikationer og conferencepapers.</li> <li>• Der påbegyndes samarbejde med mindst 12 nye virksomheder omkring implementering og industriel anvendelse af Open Source CFD.</li> </ul> <p><b>Innovationsnetværk:</b><br/>I forbindelse med aktivitetsplanen er målsætningen at vi årligt henviser minimum 15 virksomheder til Innovationsnetværk for yderligere sparring, videnhjemtagning og samarbejde i så fald det er relevant. Det drejer sig her primært om Innovationsnetværkene: Center for Bioenergi og Miljøteknologisk Innovation, Nordjysk Innovations- og Kompetencecenter</p> |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
|                             | <p>for Vedvarende Energi , VE-NET, Center for bioenergi og miljøteknologisk innovation (CBMI) samt Na-Net.</p>   |
| <p><b>Milepæle år 3</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koblede fluiddynamiske og biologiske modeller</li> <li>• Fuldt koblet CFD model af rensningsanlæg</li> <li>• Fuldt koblet CFD model af gæringstank</li> <li>• Der er gennemført mindst én kommerciel opgave med den udviklede SNCR-model for et biomasseforbrændingsanlæg</li> <li>• Model for belægningdannelse og kedelerosion er valideret i forhold til praktiske erfaringer og målinger</li> <li>• Der er afholdt et konferenceindlæg eller udarbejdet videnskabelig artikel omkring modeller for belægningsdannelse i biomasseanlæg</li> <li>• Der er gennemført mindst én kommerciel opgave med anvendelse af modellen for belægningsdannelse og kedelerosion</li> <li>• Forbrændingsmodeller for dannelse af CO, NOx og SOx er implemteret og testet i forhold til måldata</li> <li>• Der er gennemført mindst en kommerciel opgave hvor model for CO, NOx og SOx anvendes</li> <li>• Modeller for NOx reduktion med SCR og SNCR.</li> </ul> <p>Udover ovenstående milestones, der knytter sig direkte til de faglige aktiviteter, vil aktiviteten yderligere samlet set for DHI og FORCE Technology udmønte si i følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindst 30 virksomheder deltager i 2 fagspecifikke kurser eller seminarer</li> <li>• Der vil blive publiceret mindst 2 videnskabelige artikler, publikationer og konferencepapers.</li> <li>• Der påbegyndes samarbejde med mindst 20 nye virksomheder omkring implementering og industriel anvendelse af Open Source CFD.</li> </ul> <p><b>Innovationsnetværk:</b></p> <p>I forbindelse med aktivitetsplanen er målsætningen at vi årligt henviser minimum 15 virksomheder til Innovationsnetværk for yderligere sparring, videnhjemtagning og samarbejde i så fald det er relevant. Det drejer sig her primært om Innovationsnetværkene: Center for Bioenergi og Miljøteknologisk Innovation, Nordjysk Innovations- og Kompetencecenter for Vedvarende Energi , VE-NET, Center for bioenergi og miljøteknologisk innovation (CBMI) samt Na-Net.</p> |