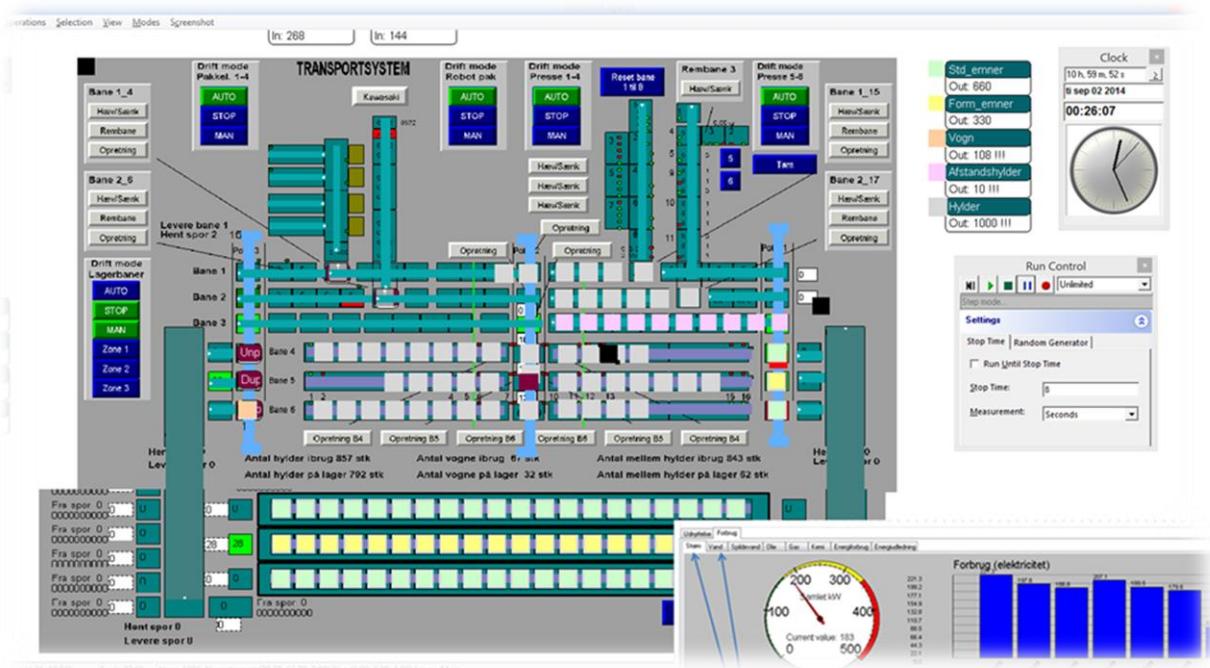


Proces- og energieffektivisering med dynamisk simulering

PSO 346-016



Faglig slutrapport, maj 2015

Udarbejdet af Thomas Ulderup, Integrate

(med bidrag og input fra Rasmus Olsen fra Integrate, Poul Mose Johansen fra Integrate, Professor Kenn Steger Jensen fra Aalborg Universet og Teknisk chef Svend Erik Mortensen fra Skamol)

Indhold

Indledning	3
1. Projektresumé og baggrund	3
2. Kort om arbejdet i casevirksomheden	4
3. Demonstration af værktøj og resultater af simuleringer	6
4. Faglige resultater og teknisk udvikling	12
5. Den videre udvikling herfra samt potentialer for fremtidig kommercialisering	14
6. Vurdering af projektets potentialer og muligheder i andre brancher og nye markeder	15
7. Evaluering af partnernes samarbejde	17
Bilag: Udtalelse fra Skamol	18

Indledning

Denne slutrapport har til formål at beskrive resultater og erfaringer i forbindelse med PSO-projektet "Proces- og energieffektivisering med dynamisk simulering", som blev påbegyndt i februar 2014 og afsluttet ultimo 2014.

1. Projektresumé og baggrund

Dette projekt har haft som formål at udvikle nye systemer, værktøjer og metoder, der kan anvendes til at effektivisere energiforbruget i industrielle virksomheder.

Projektet er gennemført som et "forprojekt", der har haft til formål at demonstrere realiserbarheden og potentialet ved et senere "full scale projektet", som ønskes gennemført efterfølgende. I det gennemførte forprojekt, som er forløbet i perioden 2014 til foråret 2015 er der først og fremmest arbejdet med analyse i casevirksomhed, udvikling af modeller og optimeringsværktøj, som efterfølgende er anvendt og afprøvet i casevirksomheden. Der er opnået mange resultater og erfaringer i denne periode, hvilket vi vil prøve at beskrive i denne rapport.

Det overordnede formål med projektet har været at udvikle nye systemer og værktøjer, der skal løse følgende 3 centrale udfordringer, der har stor indflydelse på et unødvendigt "overforbrug" af energi ifm. produktion i virksomhederne.

- 1) I forbindelse med produktionens og anlæggenes dimensionering og etablering mangler der værktøjer og systemer, som kan simulere og konsekvensvurdere den fremtidige drifts for derigennem at fastlægge det optimale match mellem produktionsstyring og energistyring. Alt for ofte ser vi i dag at produktions- og energitekniske anlæg dimensioneres efter forventede spidsbelastninger, hvilket fører til et for stort tomgangsforbrug og en samlet set dårlig udnyttelse på op mod 30-35%. Der er et stort effektiviseringspotentiale forbundet med at dimensionere energiforbruget i overensstemmelse med det reelle procesforbrug gennem anvendelse af en mere "intelligent" styring.
- 2) Produktionens drift, økonomi og ledelse i øvrigt er i dag placeret hos fabriksledelsen mens ansvaret for anlægsteknik og energisystemer typisk er placeret i den tekniske afdeling. Der er et stort potentiale forbundet med at udvikle simuleringsmodeller, der på en brugervenlig og overskuelig måde kan visualisere produktionens forbrugs- og energirelaterede omkostninger i sammenhæng med produktionsstyringsopgaven i øvrigt. Dette vil gøre fokus på energi til en mere integreret del af ledelsens optimeringsfokus og motivationen for at arbejde med energieffektivisering vil øges markant.
- 3) Endelig handler det om at den udviklede teknologi kan anvendes af de mange energirådgivere, der ofte kommer i virksomhederne, men typisk primært har "energitekniske" briller på. Med en simuleringsløsning, der kan binde produktion og energiforbrug sammen vil energirådgivere i højere grad kunne udfordre det store potentiale der er forbundet med at opnå energibesparelser gennem den optimale produktionsstyring og logistik.

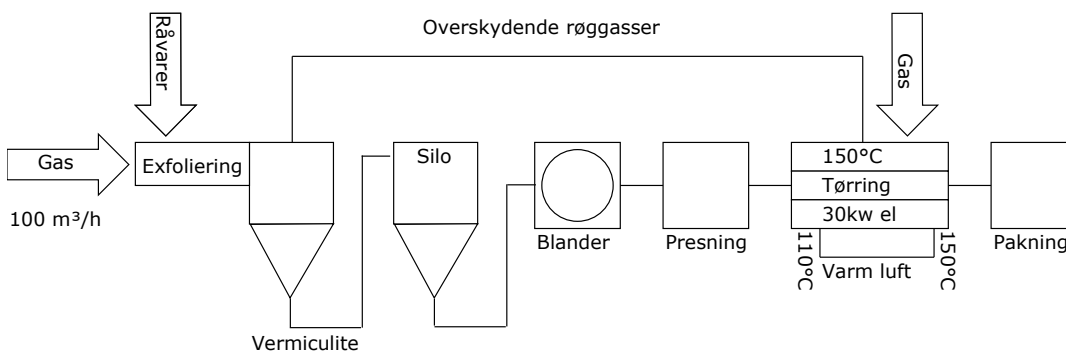
Samlet vurderet skal projektet medvirke til at skabe nye løsninger og metoder, der kan føre til markante energibesparelser i industrien.

2. Kort om arbejdet i casevirksomheden

Den centrale virksomhedscase for udviklingsarbejdet er Skamol, som har afdelinger i Nykøbing, på Fur og i Rødding.

Skamol fremstiller vermiculit plader på deres fabrik i Rødding, hvor projektarbejdet hovedsageligt er foregået. Skamol er en meget stor energiforbruger, hvor nogle af de største energiforbrugere er exfolieringsovne samt 3 store tørreovne, som bruger store mængder gas. Ud over det store gasforbrug har Skamol et meget stort elforbrug i forbindelse med bl.a. formpressere, blandere og en lang række store elmotorer og blæsere, der er installeret ifm. ovnene.

En skitse over procesforløbet fremgår herunder:



Hovedprocessen forløber ved, at vermiculit materiale opvarmes i en exfolieringsproces, der er drevet af meget store gasbrændere. Dette får vermiculitten til at "poppe op" og blive til letvægtsmateriale, som opbevares i en silo. Herefter blandes dette med vandglas og presses i 4 store formpressere til vermiculitplader, som efterfølgende køres igennem 3 store tørreovne.

Det færdige produkt er vermiculit-plader, som vi kender dem fra især brændeovne, men som også anvendes i procesindustrien til varmeisoleringsformål.

Total set har Skamol et årligt elforbrug på ca. 1,9 mio kwh og et gasforbrug på 600.000 Nm³. Alt i alt er Skamol en af Region Nordjyllands største energiforbrugere.

Den tekniske udvikling og resultater hos Skamol

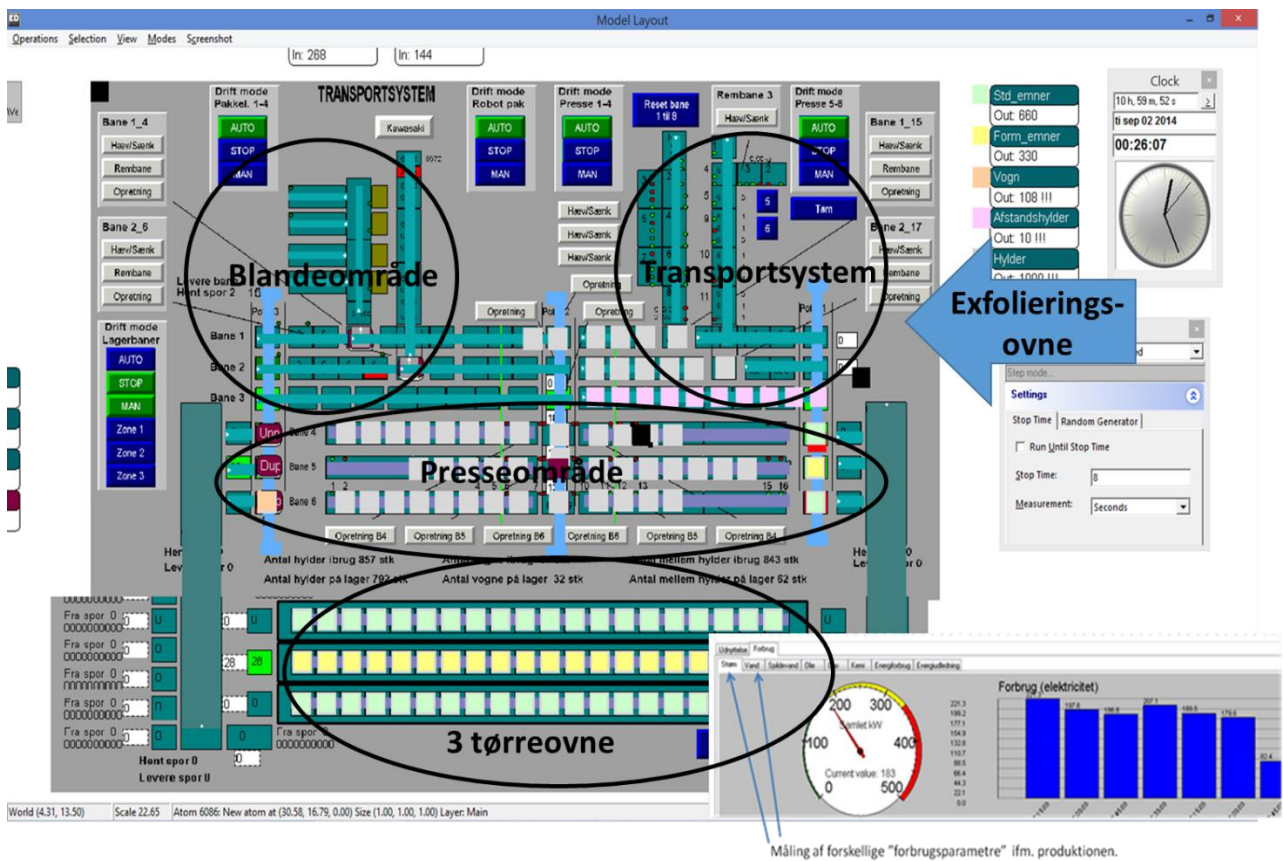
Skamol havde inden projektets opstart ikke noget præcist billede af sammenhængende mellem proces, produktionsstyring og forbrug. Hver uge blev energiforbrug i form af el, gas, vand og andre kilder omhyggeligt rapporteret og drøftet på møder. Virksomheden har i gennem flere år således haft fokus på energiforbruget, men det er ikke lykkedes at gennemføre væsentlige tiltag, der kan styre og forudsige energiforbruget før forbruget opstår. Derfor har Skamol udgjort den helt rigtige case i projektets udviklingsarbejde.

I forbindelse med projektets analysefase har der især været arbejdet med procesmapping igennem hele vermiculit-processen. De ugentlige rapporter med el, gas osv. viste sig hurtigt at være for overordnede til at kunne anvendes i en simuleringsmodel.

Derfor gik arbejdet i gang med systematisk proces- og forbrugsmapping i Skamol's produktion. Denne dataopsamling har især bidraget med data omkring:

- Tidsforbrug pr. produkt pr. proces – var delvist kendt fra ERP-system, men skulle efterprøves
- Elforbrug pr. proces pr. time (drift, tomgang)
- Gasforbrug pr. proces pr. time (drift og tomgang)
- Transportanlæg, hastigheder, bufferkapaciteter mv.
- Procesruter og omstillinger mellem forskellige produkter

Alle processer, transportere og varebufferne har indgået i modelspecifikationen for simuleringsmodellen. Et screendump af simuleringsmodellen er skitseret i det nedenstående:



Simuleringsmodellen er udviklet i en sådan grad, at der i dag er udviklet en komplet model, der indeholder alle relevante proces- og forbrugsdata over vermiculitproduktionen. Som konkrete resultater og udbytte ved den udvikle simuleringsmodel kan nævnes:

- Modellen kan simulere og forudse produktionens output samt el- og gasforbrug ved forskellige produktionsplaner (tabeller som læses ind i simuleringsmodellen). Virksomheden kan inden produktionen reelt igangsættes ændre på produktionsrækkefølge, produktionsmængder, tidpunkter mm., og forudse de eksakte konsekvenser forbundet med dette.

- Simuleringen af forskellige produktionsscenarier, hvor den samlede produktion reelt er den samme, viser at energiforbrug kan variere med op til ca. 30%, hvilket bl.a. skyldes mulighed for udnyttelse af overskudsvarme på tværs af processer (exfolieringsovn og tørreovn), ligesom der er store udsving i elforbruget afhængig af om, der køres med 2 eller 3 tørreovne af gangen (blæsere, elmotorer mv. kobles til og fra). Simuleringerne har blandt andet vist, at det igennem optimal planlægning (af samtidighed) er muligt at udnytte overskudsvarmen fra exfolieringsovnen til tørreovnene i en stor del af driftstiden, hvilket reducerer gasforbruget ganske betragteligt.
- Den tidsmæssige dimension i simuleringen er den måske mest afgørende fordel ved at anvende dynamisk simulering i proces- og energieffektivisering. Med modellen hos Skamol er der mulighed for at simulere produktionsplanen (en tabel læses ind i simuleringsmodellen) og forudse behovet for tørrekapaciteten, der afhænger af, hvor mange vogne med vermiculit, der ankommer til tørreprocessen samt på hvilke tidspunkter. I simuleringsmodellen er der blandt andet mulighed for at planlægge produktionsrækkefølgen, således at der kan planlægges perioder (op til hele skift), hvor det blot er nødvendigt at køre med 2 "åbne" tørreovne, hvilket reducerer både gas og elforbrug med en tredjedel. Hidtil har Skamol altid kørt med alle 3 tørrelinjer åbne, og udnyttelsen har i mange tilfælde blot været ca. 50-60% gennemsnitligt.

For Skamol er det helt nyskabende at kunne simulere produktionsplaner og optimere på proces og forbrug inden produktionen rent faktisk sættes i gang. Det giver både store økonomiske og miljømæssige besparelser for virksomheden. Samtidig har Skamol et præcist billede af forbruget pr. vermiculit-plade og har dermed fået et nøgleord at fokusere på, hvilket ikke tidligere har været muligt.

En detaljeret demonstration af simuleringsmodellens opbygning og funktion er fremvist på et projektmøde med deltagelse af Dorthe Lindholm fra Elforsk den 25. september 2014.

Udtalelse fra Skamol

I det vedlagte bilag er der indsat en udtalelse fra Skamols tekniske chef Svend Erik Mortensen afgivet mod slutningen af forprojektet, der dokumenterer Skamols oplevelse af deltagelsen i forprojektet.

3. Demonstration af værktøj og resultater af simuleringer

I det følgende beskrives og demonstreres de udviklede løsninger i nærmere detaljer med henblik på at give et mere præcist indblik i metodik og modellernes virkning.

Kort om simuleringssoftwaren Enterprise Dynamics

Udviklingen af modeller, værktøjer og systemer i projektet er baseret på det universelle simuleringsværktøj Enterprise Dynamics. Enterprise Dynamics er udviklet i Holland af virksomheden Incontrol, der har kontorer og partnere overalt i verden. Integrate har været såkaldt Enterprise Dynamics partner i 15 år og har hidtil benyttet softwaren i forbindelse med produktions- og logistikudvikling. Softwaren Enterprise Dynamics er et såkaldt objektorienteret værktøj, hvilket betyder at det er muligt at bygge modeller af eksempelvis en produktionslinje ved at sætte procesobjekter, transportbåndsobjekter, lagerobjekter, operatørobjekter, produktobjekter osv. ind i modellen. Variationsmulighederne er uendelige, og det handler altid om i størst muligt omfang om at sammensætte standardobjekter til at designe netop den produktion som man råder over. Er dette ikke muligt (og det er oftest tilfældet) må man supplere med tilpasning, programmering og kodning i modellerne.

Enterprise Dynamics har aldrig tidligere været anvendt til projektets formål omkring energieffektivisering, og der findes ingen objekter, der indeholder forbrugsparametre. Det er netop denne udfordring som vi har taget op i projektet og Incontrol er derfor også meget interesseret i projektet idet den færdige udvikling potentielt kan integreres og blive en del af den globale softwarepakke – gerne med Integrate som udvikler og servicepartner.

Softwarepakken koster typisk mellem 20-30 t.kr. for en flydende licens, og dette er naturligvis et tema, som vi skal have undersøgt i en senere projektfase. Det handler om at skrue et attraktivt og bæredygtigt koncept sammen, hvor softwarepakke og udvikling af virksomhedsspecifik løsning kombineres. Dette vil være et væsentligt fokusområde i den næste projektperiode.

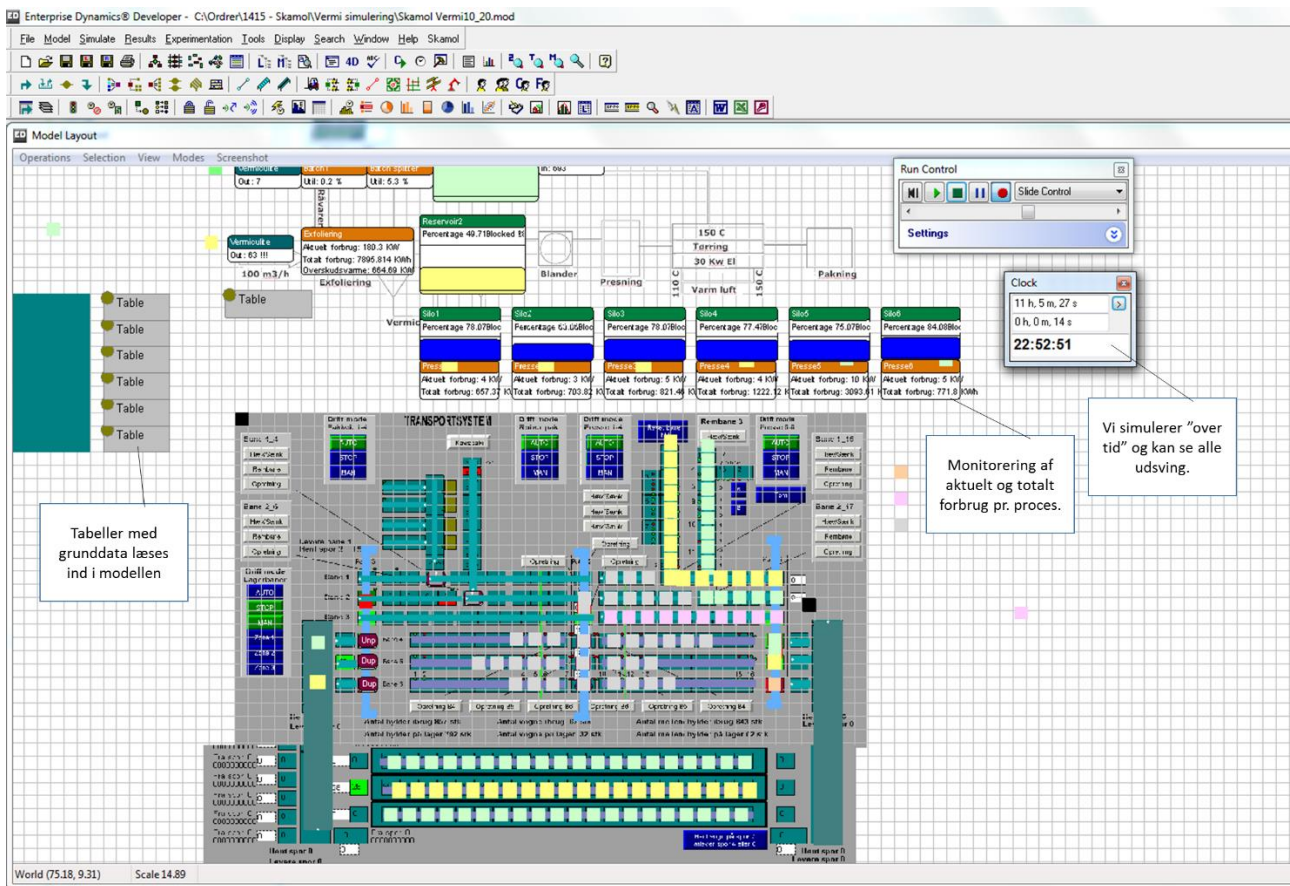
I projektet har Integrate stillet egen software til rådighed for udviklingsarbejdet og for Skamol.

Anvendelsen hos Skamol

Indledningsvist er herunder indsat et "screendump" af selve simuleringsmodellen opbygget i Enterprise Dynamics. Alle processer er angivet med orange. Alt datamateriale er angivet i tabeller, hvor et eksempel vises lidt senere. Enhver simulering kører over tid, det vil sige at produktionen startes. Der ankommer produkter/ordrer, som har en rute igennem produktionen. Når et produkt/ordre fremstilles på en proces er der angivet en procestid, som eventuelt også kan være en opvarmningstid, driftstid og afkølingstid.

For hver enkelt proces er der angivet forbrugsdata fra den gennemførte mapping. Forskellige produkter/varerenumre har forskellige forbrugsdata på de forskellige processer og hver proces har både forbrug ifm. drift og ifm. standby. Alle processer kan kobles til og kobles fra modellen som vi ønsker det og vi kan frit ændre på tidspunkter hvor de kører, dvs. vi kan forsøge at balancere produktionen bedre ud fra hensyn til bl.a. flaskelhalse og spidsbelastninger rent forbrugsmæssigt.

Når vi nu kender alle data på processerne og vi kender Skamols afregningspriser for de forskellige proces- og forbrugsparametre over tid, så kan vi også "nemt" simulere de økonomiske konsekvenser forbundet med de forskellige driftsscenerier, hvilket realistisk vurderet ofte er det, som motiverer ledelsen til at tage beslutninger om forandringer. Den direkte økonomiske "live transmission" af modellens proces- og forbrugsparametre til kroner og øre har dog ikke været en del af forprojektet.



Nedenfor er vist eksempler på indsamlet data, der er struktureret i tabeller. Det hele er lagt i regneark som er integreret med simuleringssmodellen, således at Enterprise Dynamics læser de enkelte proces- og forbrugsdata direkte i regnearkene. Det fremgår eksempelvis nedenfor, hvorledes det registrerede driftsforbrug på eksfolieringsprocessen er 32,6 kwh er indlæst fra excel i ED-tabellen.

Simuleringsmodellen er dynamisk og registrerer hele tiden hændelser og "events", der udløser en ny handling. Når eksfolieringsprocessen er i drift anvender den driftsparameteren og når procestiden er færdig slås standby-tilstanden automatisk til og standby-parameteren anvendes.

Energi nøgletal:						Kapacitet:	900 [kg/h]
Eksfoliering:	Mærke effekt [Kw]	Belastningen [%]	Optagen effekt [Kw]	Drift tidrftid [%]	Energi forbrug [Kwh/h]		
4 Motore:							
5 Råvare ind (flere motorer)	10	100%	10	5%	0,5		
6 Kop elevator	2,2	60%	1,32	25%	0,33		
7 Readler 1	2,2	80%	1,76	25%	0,44		
8 Readler 2	2,2	80%	1,76	25%	0,44		
9 Snegl (2 stk)	2,2	50%	1,1	100%	1,1		
10 Tromle	2,2	90%	1,98	100%	1,98		
11 Airlift	4	50%	2	100%	2		
12 Gritblæser	2,2	50%	1,1	100%	1,1		
13 Røggasventilatorer	11	50%	5,5	100%	5,5		
14 Brænderluft tag	2,2	100%	2,2	100%	2,2		
15 Brænder ventilator	5,5	100%	5,5	100%	5,5		
16 Ventilator tag	2,2	50%	1,1	100%	1,1		
17 Varm filter ventilator	18,5	50%	9,25	100%	9,25		
18 Støvblæser	3	40%	1,2	100%	1,2		
20 Brænder:	[Kw]	90%	[Kw]		32,64	0,036 [Kwh/kg]	
21	1100		990				

Data er registreret i Excel. Der er fuld integration til Enterprise Dynamics, som "selv" slår op og anvender det rigtige tal.

Ændrer vi et energital her, vil effekten blive vist i simuleringen.

Her er forbrugsdata fra Excel læst ind i Enterprise Dynamics

Alle processer er angivet med detaljerede forbrugsparametre

Alle data er detaljeret målt og registreret i Skamols drift. Her et eksempel på "eksfoliering i drift".

Nedenfor er vist et andet eksempel på energiparametre, hvor eksfolieringen er i standby-tilstand. Desuden er vist eksempel på nøgletal vedrørende tørreri. Det er helt andre typer af energiforbrugere men funktionalitet og grundtanke er fuldstændig den samme. Har vi produkter i tørreri er der et forbrug som registreres.

Energi nøgletal:						Kapacitet:	0 [kg/h]
Eksfoliering:	Mærke effekt [Kw]	Belastningen [%]	Optagen effekt [Kw]	Drift tidrftid [%]	Energi forbrug [Kwh/h]		
4 Motore:							
5 Råvare ind (flere motorer)	10	100%	10	0%	0		
6 Kop elevator	2,2	60%	1,32	0%	0		
7 Readler 1	2,2	80%	1,76	0%	0		
8 Readler 2	2,2	80%	1,76	0%	0		
9 Snegl (2 stk)	2,2	70%	1,54	0%	0		
10 Tromle	2,2	90%	1,98	100%	1,98		
11 Airlift	4	20%	0,8	100%	0,8		
12 Gritblæser	2,2	50%	1,1	100%	1,1		
13 Røggasventilatorer	11	30%	3,3	100%	3,3		
14 Brænderluft tag	2,2	50%	1,1	100%	1,1		
15 Brænder ventilator	5,5	40%	2,2	100%	2,2		
16 Ventilator tag	2,2	50%	1,1	100%	1,1		
17 Varm filter ventilator	18,5	20%	3,7	100%	3,70		
18 Støvblæser	3	0%	0	0%	0		
20 Brænder:	[Kw]	15%	[Kw]		15,28	[Kwh/h]	
21	1100		165		15,7	[Nm3/h]	

Her fremgår forbrugsdata på eksfoliering i standby.

Her er tilsvarende data på tørreri.

Energi nøgletal:											
Tørreri drift:	Mærke effekt [Kw]	Belastningen [%]	Optagen effekt [Kw]	Drift tidrftid [%]	Energi forbrug [Kwh]	Tørreri stand by:	Mærke effekt [Kw]	Belastningen [%]	Optagen effekt [Kw]	Drift tidrftid [%]	Energi forbrug [Kwh]
4 Motore:											
5 Aksial ventilatorer (3 stk)	16,5	95%	15,7	100%	15,7	Aksial ventilato	16,5	95%	15,7	100%	15,7
6 Radialventilator	15	85%	12,75	100%	12,8	Radialventilato	15	0%	0	100%	0,0
7 Udsugsventilator	22	33%	7,26	33%	2,4	Udsugsventilato	22	0%	0	33%	0,0
8 Ventilering	7,5	33%	2,475	100%	2,5	Ventilering	7,5	33%	2,475	100%	2,5
9			0		0,0				0		0,0
10			0		0,0				0		0,0
11			0		0,0				0		0,0
12 Gasforbrug:					33,3 [Kwh/h] pr tørreri						18,2 [Kw]
13 Overførte effekter fra eksfoliering:	450 [Kw] ved drift										
14	85 [kw] ved stand by										
15											
16											
17 Eksfolierings ovn 1	0	1									
18 Eksfolierings ovn 2	0	1			900						
19											
20 Tørreri 1											
21 Antal presseslag pr time	100 [stk/h]				31 [Kwh/h] varmetab						
22 Vandfordampning pr presseslag	4 [kg/stk]				373 [Kwh/h] til vandfordampning						
23 Tørstof pr presseslag	12 [kg/stk]				57 [Kwh/h] til opvarmning						
24 Vægt af hylde,vogn mv pr presse:	10 [kg/stk]				461 [Kwh/h] Total behov						

I det næste billede er vist, hvorledes er er skabt sammenhæng mellem produktionsplanen, procesforløb og de deraf forbrugsmæssige konsekvenser.

For at gøre det simpelt og brugervenligt handler det i høj grad om at kunne bruge Skamols reelle produktionsplaner, som findes i virksomhedens ERP-system. Af det indsatte screendump fremgår et eksempel fra presse 1, hvor produktionsdata for et enkelt døgn er indlæst fra ERP til Excel. Der fremgår bl.a. varenumre, mængder, tidsforbrug, starttidspunkt, sluttidspunkt med videre. Igen er der skabt integration mellem excel og simuleringssmodellen, der således automatisk "fodres" med Skamols egne data baseret på ERP-systemet.

Det "smarte" er nu, at vi har skabt en forbrugssimulator, der kan indlæse produktionsplaner i modellen og beregne alle tænkelige proces- og forbrugskonsekvenser baseret på denne plan. Vi kan f.eks. måle udnyttelsen af processen (kapacitetsmæssigt), vi kan måle energitab overalt i systemet, vi kan se forbrug over tid med lav, spids- og gennemsnit og vi kan se forbrug og økonomi på både proces og varenummer.

Og grunddataene er fortsat baseret på de omhyggeligt målt og registrerede energinøgletal, som beskrevet ovenfor. Fremadrettet kan produktionsledelsen således indlæse de "planlagte" produktionsplaner i modellen og se resultaterne før produktionen startes, hvorved vi kan nå at reagere og optimere. Ifølge Skamols fabriksledelse kan der meget nemt gemme sig væsentligt forbedringspotentiale her, se udtalelse i bilag.

Produktionsplanen er indlæst i simuleringssmodellen. Bemærk, hvordan varer, mængder, forbrug og processtider er "overført" automatisk.

Komplet datagrundlag i excel. Grundlaget kommer fra Skamols planlægnings-/ERP-system. Hvad er kørt?, hvornår?, i hvilke mængder og på hvilke processer? Vi kan dermed eksakt "eftervise" Skamol's reelle driftssituation.

Antal	Varenummer	Varenavn	Beregnet tid	Top produktion	Top vare navn	Ordre	Ex. Works	Job-ID	Jobtype	Egenskab	Jobstatus	Standard	Starttidspunkt	Sluttidspunkt	Sluttidspunkt
944	320206263	ADURO MODE	0,75			6049938	21-04-2014	63305182	Opstilling	Venter	02-04-2014	00:00	02-04-2014	00:47	
140	320201050	JØTUL I-400	0,75			6049730	13-04-2014	63301912	Opstilling	Kommer	03-04-2014	00:00	03-04-2014	00:47	
140	320201050	JØTUL I-400	4,09			6049730	13-04-2014	63301913	Proces	Kommer	03-04-2014	00:47	03-04-2014	05:05	
256	320104000	HETA SL 500	0,75				22-04-2014	63302753	Opstilling	Kommer	04-04-2014	00:00	04-04-2014	00:47	
256	320104000	HETA SL 500	7,49				22-04-2014	63302754	Proces	Kommer	04-04-2014	00:47	04-04-2014	08:40	
484	320101010	JØTUL F 500	0,75			6049805	27-04-2014	63301895	Opstilling	Kommer	25-04-2014	15:07	25-04-2014	15:55	
484	320101010	JØTUL F 500	4,83			6049805	27-04-2014								

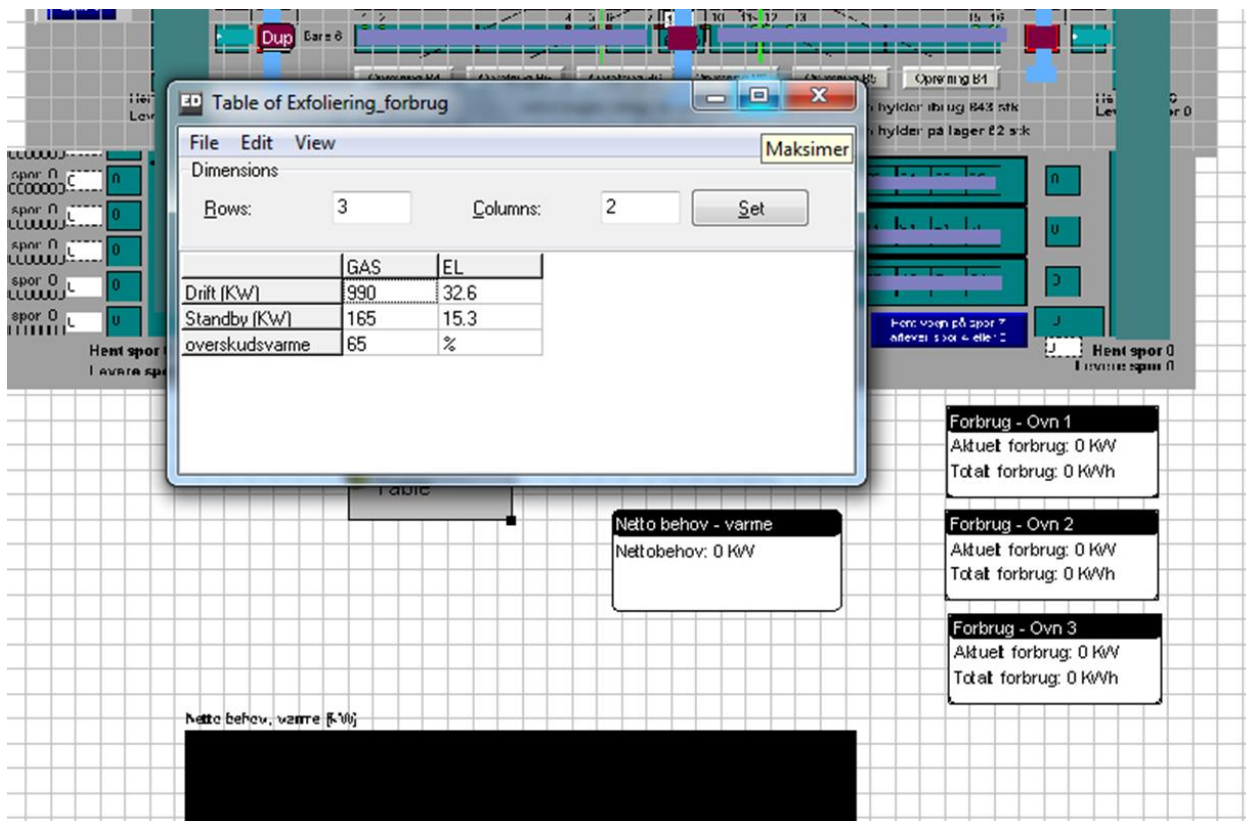
Varenr	Navn	Antal	Vægt	Effekt (KW)	Procestid (s)
320206263	ADURO MODEL ADURO 3 BUNDSÆT#	944	2	10	2,96
320201050	JØTUL I-400	140	3	60	19,29
320201050	JØTUL I-400	140	2	12	105,17
320104000	HETA SL 500	256	1	70	10,55
320104000	HETA SL 500	256	2	22	165,39
320101010	JØTUL F 500	484	3	5	5,98
320101010	JØTUL F 500	484	2	1	35,93

Handlemulighederne for produktionsledelsen er mange og forskelligartede. I de gennemførte scenarier er der bl.a. fokuseret på:

- Ændring i produktionsplanen, herunder mængder, mix og rækkefølge
- Åbne og lukke for processer – helt eller i bestemte tidsrum (f.eks. tørrelinjer, pressere)
- Simulere en energiinvestering, f.eks. indsættelsen af en varmeveksler med forskellig virkningsgrad. Hvad vil det give os?

Sidstnævnte punkt omkring nyinvestering kontra modernisering af varmegenvinding har været et varmt diskuteret emne hos Skamol i mange og der er lavet indtil flere analyser og rapporter omkring emnet. Skamol's produktion er kendetegnet ved at eksfolieringsprocessen forbruger en masse energi og producerer en masse overskudsvarme. Samtidig forbruges en masse energi og varme ifm. tørreprocesserne, hvorfor det er oplagt at fokusere på genvinding, udnyttelse og samlet nettobehovsberegning.

Af det indsatte screendump herunder fremgår det, hvordan simuleringsmodellen kan simulere effekter og konsekvenser af en anden varmegenvinding og varmeveksler-dimensionering.



Modellen kan eksakt beregne forbruget på de 3 tørreovne samtidig med at forbrug og varme produktionen på eksfolieringen beregnes. Her over et produktionsdøgn vil vi således kunne beregne det aktuelle "netto-behov", dvs. eksfoliering og tørreovne samlet set. Samtidig er der indsat en parameter for mulig udnyttelse af overskudsvarme fra eksfolieringen (i eksemplet 65%). På en så relativ simpel (og dog deltaljeret) måde kan vi beregne og dimensionere, hvorledes vi bedst muligt skaber den bedste økonomi på kort og lang sigt.

Hele den ovenfor beskrevne anvendelse af simuleringsmodellen med datagrundlag, opbygning, anvendelse og resultater er præsenteret og drøftet på et møde med det samlede Elforsk-team (Jørn, Dorte og Ditte) primo marts 2015.

4. Faglige resultater og teknisk udvikling

Analysen, modelspecifikation og modeludviklingen hos Skamol kan overføres til stort set alle typer af procesvirksomheder, der har et forbrug og et forbedringspotentiale, som kan retfærdiggøre modelleringsarbejdet. Modellen vil være forskellig fra virksomhed til virksomhed, og ovennævnte proces- og forbrugsmapping vil naturligvis også være vidt forskellig fra virksomhed til virksomhed.

Det der går igen, og som gør projektets udvikling universel, er udviklingen af objekter og dataintegrationskomponenter i modellen, ligesom der vil være muligt at standardisere på brugerflader og applikationer. Et modelobjekt skal i denne sammenhæng opfattes som en standardobjekt i simuleringsværktøjet Enterprise Dynamics, der modificeres og programmeres til at indeholde forbrugsparametre som el, vand, gas, kemi, og hvad man ellers kan komme i tanker om. Dataintegrationskomponenter er den metode, der er udviklet for at gøre integrationen mellem f.eks. et ERP-system eller plc-styring og simuleringsværktøjet simpel for brugeren, således at dataindsamlingsarbejdet kan lattes.

Udviklingen forventes at kunne tage yderligere fart og blive udbredt yderligere via forskning og udvikling på Aalborg Universitet, der primært har haft fokus på produktionsstyring og logistik.

I traditionel produktionsstyring indgår parametre som el, vand, gas, co2 med videre nemlig ikke som styringsparametre. Her handler det som oftest primært om tid og materialer. Det er i dag ikke muligt at optimere grønne parametre i traditionelle planlægningssystemer. Ved at indlægge strøm, vand, etc i styklister og/eller operationer kan man beregne den afledte effekt men ikke proaktivt opstille en plan hvor disse minimeres. Den mest udbredte type (ERP – Enterprise Resource Planning) indeholder ingen reel optimeringsfunktion mens en mere avanceret variant (APS – Advanced Planning System) indeholder mulighed for optimering. Optimeringen kan trimmes vha 3 parametre (lageromsætning, leveringssikkerhed og indtjening) men kræver, at alle elementer opgøres i samme enhed (kroner). Det vil sige, at eksempelvis sen levering og anvendelse af miljøskadelige stoffer skal opgøres i kroner. Det er naturligvis en uhensigtsmæssig måde at optimere på og vi arbejder derfor i projektet med videreudvikling af optimering og parametersætning, således at de grønne omkostninger kan indgå som en 4. parameter i trimning af optimeringen.

Opskrift på anvendelse

Anvendelse af simuleringsmodellen til proces- og energieffektivisering vil stort set være den samme i alle virksomheder. Vi forestiller os at virksomheder skal igennem følgende trin:

Trin	Fase	Beskrivelse	Brugervenlighed
1	Modellspecifikation og afgrænsning	Afgrænse det relevante produktionsområde, identificere energi-indsatsområderne og specificer krav til modellen.	Virksomheden vil kunne afgrænse og målrette projektet, men det anbefales at "modelbyggeren" (kan være intern eller ekstern) er med i modelspecifikationen.
2	Procesmapping	Indsamling af relevante energinøgletal pr. proces og pr. produkt.	Brugerne/virksomheden vil typisk selv kunne dette efter modelspecifikationen.

3	Fastlægge input til modellen – typisk produktionsplaner.	Her vil det være relevant indledningsvist at trække historiske tal fra virksomhedens ERP-system.	Dette kan virksomheden selv klare på baggrund af modelspecifikationen
4	Modelopbygning	Her bygges selve modellen af standardobjekter jf. modelspecifikationen.	Det anbefales at ekstern simuleringsspecialist varetager dette.
5	Validere modellen	Her testes modellen og datagrundlaget således at model og virkelig passer sammen.	Det anbefales at ekstern simuleringsspecialist varetager dette i tæt samarbejde med virksomheden.
6	Simulering af scenarier og test	Der køres relevante test og scenarier med henblik på proces- og energieffektivisering. Ledelsen overbevises!	Det anbefales at ekstern simuleringsspecialist varetager dette i tæt samarbejde med virksomheden.
7	Udvikle applikation og brugerflade	Der udarbejdes en virksomhedsspecifik løsning med brugervenlig applikation, der gør det nemt at bruge en kompliceret model på en simpel måde.	Det anbefales at ekstern simuleringsspecialist varetager dette.
8	Uddannelse	Brugerne af modellen skal uddannes i både værktøj og anvendelse.	Virksomhedens interne projektleder kan eventuelt varetage dette
9	Igangsætning	Simuleringværktøj installeres og anvendelsen starter.	Virksomheden kan selv varetage dette

En bredere anvendelse

Det hidtidige arbejde i projektet har i høj grad været baseret på at udvikle en modelspecifikation og model målrettet Skamol, som er case-virksomhed. Udviklingsarbejdet har bl.a. gået ud på at udvikle og tilpasse objekter i simuleringværktøjet Enterprise Dynamics, således at et "proces"-objekt eksempelvis kan rumme kwh forbrug både i drift og i tomgang. Ligeledes er der udviklet en metode og systemtilpasning, der kan opsamle og visualisere energiforbrug, som et resultat af en driftsafvikling. Dette er blot 2 ud af flere større "eksperimentelle" udviklinger og tilpasninger, der er foretaget med udgangspunkt i case-virksomheden, og som er årsagen til et relativt stort tidsforbrug.

Det positive ved dette er dog, at en den væsentligste andel af udviklingen er generisk og kan anvendes fremadrettet uden større udviklingsomkostninger. Således er for eksempel proces-objektet indeholdende energidata standard, og kan nemt tilpasses andre virksomheder. Objektændringer tænkes foretaget i en tabeldefinition, hvor det også er muligt at tilføje eller reducere i antal af parametre, f.eks. supplere med vandforbrug, kemi, co2, eller hvad en virksomhed ellers vil finde relevant.

At arbejde videre med at standardisere værktøjer og metoder, og dermed gøre modelopbygningen billigere, er netop et af de væsentlige formål og udviklingsaktiviteter i vores kommende arbejde og forventede nye ansøgning om PSO-midler

Der skal blandt andet arbejdes med udvikling af:

- Dataintegrations-værktøj, der gør det nemt at importere data i simuleringsværktøjet fra f.eks. ERP-systemer eller via simpel indtastning af data.
- Standardisering af brugerapplikation, der er det "front-end" værktøj, som brugeren skal anvende i det daglige.
- Optimeringsalgoritmer, der kan foreslå løsninger eller handlinger baseret på forskellige event-triggers (hændelsesbaseret). "Omsætte resultater til forbedringer".
- Rapporteringsmodul, der visualisere resultater fra simuleringer på en let og overskuelig måde.

Det vil naturligvis altid være en udfordring at sælge IT-baserede løsninger da "payoff" kan være vanskelig at dokumentere fra starten. Vi har dog været vant til at anvende simulering til optimering af bl.a. produktion, lagerstyring, call-centre, hospitaler, supply chains og mange andre formål gennem årenes løb, og det kan godt lade sig gøre at formidle forbedringspotentialer før projekter igangsættes!

Et andet element der klart vil medvirke til at gøre både modeludvikling og salgsopgaven lettere, er tankerne om at gå efter udvikling af brancheløsninger, og naturligt vælge brancher med størst potentiale først. Her taler vi især om industrielle vaskerier og støberier, hvor vi allerede har hensigtserklæringer liggende.

Planen og målet er, at et gennemsnitligt/typisk projekt skal kunne gennemføres for en omkostning i størrelsesordenen 75-150 t.kr. inklusive både software og konsulentassistance. For Skamol's vedkommende er besparelspotentialet 10-15% og omregnet i kroner ca. 300-500 t.kr/år, og lignende tal vil være realistisk i mange virksomheder.

5. Den videre udvikling herfra samt potentialer for fremtidig kommerialisering

Forprojektet har vist, at projektets idé og målsætning "holder vand". Udviklingsarbejdet har sammen med de konkrete data og modeludviklingen hos Skamol vist, at der er store effektiviseringspotentialer, som kan indfries gennem udvikling af en simuleringsmodel, der anvendes i planlægning og optimeringsøjemed.

Analysen og modeludviklingen har dog også vist nogle nye behov, som er væsentlige at fokusere på i videreudviklingen af projektet, herunder:

- Der skal arbejdes med at gøre modeludviklingen mere simpel, således at en model i en helt ny virksomhed kan bygges med ca. 50-100 timers indsats fra den eksterne konsulent og tilsvarende internt. Det er hvad vi finder realistisk, idet et komplet simuleringsværktøj tilpasset den specifikke virksomhed så vil koste i størrelsesordenen 75-125 t.kr. at implementere. Dette skal så sammenholdes med vores forventning om at kunne gennemføre energibesparelser i størrelsesordenen 10-25% afhængigt af virksomhedens eksisterende niveau og potentialer. Det er i denne forbindelse vigtigt at udvikle en enkel metode til at dokumentere payback-tiden, da det i sidste ende vil være afgørende for projektets kommerialisering. Udfordringen forbundet med at "simplificere" udviklingen hænger især sammen med at standardisere de væsentligste dele ifm. moduludvikling, dvs. få udviklet flere standardobjekter, standardiseret dataintegrationsmodul, få standardiseret brugerflade, få standardiseret rapportgeneratoren få standardiseret brugervejledning mv. Her har forprojektets dedikerede arbejde med Skamol som udgangspunkt været relativt smal ift. en universal anvendelse, men det er en udfordring, som har været kendt fra starten.
- Der skal arbejdes med at udvikle og oversætte proces- og forbrugsdata til økonomiske nøgletal i modellen, således at brugerne omgående kan se de økonomiske effekter ved en given beslutning.

- Den anvendte simuleringsteknologi er baseret på det førende simuleringssoftware Enterprise Dynamics. Der skal arbejdes med at oversætte og ”fordanske” nogle af de mest anvendte objekter, således at det giver nem mening for vores kommende brugere.
- Samtidig vil det være oplagt at arbejde med at gøre metoder og modelementer mere universelle, således at de let kan overføres til eksempelvis industrielle vaskerier og støberier, som er 2 konkrete brancher/målgrupper, som vi allerede nu har kontakter og interesse fra.
- Via samarbejdet med Skamol har vi endvidere lært, at det er vigtigt, at brugeren får et overskueligt og simpelt værktøj i hånden, hvilket også kræver udvikling af et effektivt metodesæt. Brugeren af simuleringmodellen vil ofte være en planlægger eller produktionsleder, som har dyb indsigt i produktionen, men ikke nødvendigvis er en erfaren IT-bruger. Det er derfor vigtigt, at udvikle en applikation og brugerflade, der ”gemmer” de tekniske detaljer i baggrunden, mens de kendte produktions- og forbrugsparametre kan vedligeholdes og styres på en simpel og overskuelig måde.
- Der skal udvikles et brugerkursus, brugermanual og undervisningsmateriale til installation og daglig anvendelse af værktøjet.
- Endelig skal der arbejdes med at udvikle en bæredygtig forretningsmodel, der sikre de kommende brugere/kunder en god og gennemsigtig løsning indeholdende både software, implementeringsrådgivning og kursus i et omfang, der har en attraktiv payback-tid.

Derudover har vores arbejde med modelspecifikation og modeludvikling bragt os i kontakt med flere energiselskaber, herunder bl.a. Østkraft på Bornholm, Energi Nord og forsyningsselskabet hørende under Horsens kommune. Især Østkraft er langt fremme i arbejdet med nye metoder til modellering, rådgivning og energioptimering, og har vist konkret interesse for at bruge simulering i energioptimering.

I denne forbindelse vil det også være relevant i den videre udvikling af metoder, systemer og teknologi at gøre systemet ”smart-grid ready”, da dette forventes at blive et stort ønske blandt energiselskaberne. Det vil i simuleringmodellerne være muligt at koble flere alternative forbrugskilder og økonomiske parametre sammen, således at elementerne i smart grid vil kunne simuleres og konsekvensvurderes i en helhedsbetragtning.

Hos Aalborg Universitet er projektets foreløbige resultater allerede en del af temaet i produktionsstyring og logistikudvikling, og der er allerede nu igangsat et par konkrete studieprojekter i virksomheder, hvor det er hensigten at afprøve projektets simuleringmodeller yderligere i nye virksomheder.

Mange af ovenstående elementer er blandt det, der er fokus på at videreudvikle i et nyt videreudviklingsprojekt, som vi forventer at søge medfinansieret med midler fra PSO 2016-puljen.

6. Vurdering af projektets potentialer og muligheder i andre brancher og nye markeder

Projektets foreløbige resultater og erfaringer har givet os en styrket tro på potentialerne, og vi har allerede nu skabt kontakt til andre konkrete brancher, som har vist stor interesse for projektet. Dette gælder først og fremmest industrielle vaskerier, som der er mere end 40 af alene i Danmark. Herudover er der konkret kontakt og interesse fra 2 støberier.

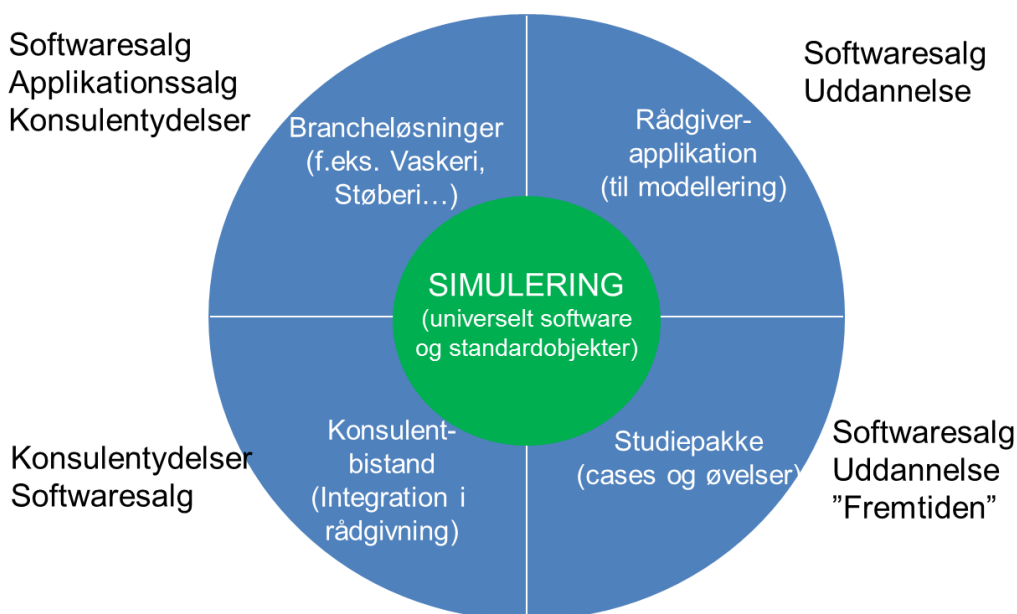
Udviklingsarbejdet har vist, at det vil være oplagt at udvikle brancheløsninger, da det vil kunne hjælpe til en standardisering af udvikling og metoder, og derigennem gøre modelleringsarbejdet hurtigere og billigere.

I projektperioden har vi således udarbejdet en demomodel for regionsvaskeriet i Aalborg, ligesom vi har fremvist resultaterne i de industrielle vaskeriers brancheforening denne sommer. Regionsvaskeriet har udtrykt ønske om at følge det fortsatte projektarbejde tæt, og vil gerne implementere løsningerne permanent i dagligdagen når udviklingen er endeligt på plads. I et typisk industrielt vaskeri, eksemplificeret ved Regionsvaskeriet i Aalborg, er der store muligheder for energioptimering gennem en bedre planlægning og igangsætning af produktionen, hvilket har stor indvirkning på forbruget. Der er dokumenteret besparelsepotentialer i størrelsesordenen 15-20% gennem en mere forbrugsoptimal drift. Besparelserne har både effekt på el, vand, varme, kemi og gas.

Det samme forhold gælder hos Jernstøberiet Dania i Aars, der er Nordjyllands næststørste forbruger af el efter Aalborg Portland. Vi har vist projektets foreløbige resultater samt demo, og støberiet er allerede gået i gang med en indledende procesmapping, og ønsker at afgive hensigtserklæring om implementering af fuld løsning. Jernstøberiet har et årligt forbrug på 40 millioner kwh., som de håber at kunne reducere med 15-20% via simulering. Potentialet er blandt andet forbundet med at udnytte smelteprocesser og støbelinjer bedre, hvilket betyder at de skal starte og stoppe på de mest optimale tidspunkter og i den rigtige rækkefølge. Desuden er der et økonomisk potentiale forbundet med at producere mest muligt, mens prisen på el er mest favorabel.

Idé til fremtidig forretningsmodel og kommercialisering

For Integrate vil en videreudvikling af projektet rumme store kommercialiseringsmuligheder. Vi har i den forgangne tid forsøgt at analysere markedet og mulighederne, og vores foreløbige tanker om forretningsmodel fremgår herunder:



Af figuren fremgår det, hvorledes vi både ønsker at udvikle ovennævnte brancheløsninger, samt har mulighed for at skabe omsætning via software-salg. Samarbejdet med Aalborg Universitet ønsker vi med tiden at udvide til andre universiteter, ingeniørhøjskoler og tekniske akademier, da fokus på proces- og energioptimering ved hjælp af simulering med fordel kan starte allerede herfra.

7. Evaluering af partnernes samarbejde

Den grundlæggende idé til projektet er i første omgang udviklet i samarbejde mellem Integrate A/S og Aalborg Universitet, der har haft samarbejde igennem en række år. Hvor Aalborg Universitet beskæftiger sig med forskning og uddannelse inden for Industriel Produktion og logistik, har Integrate A/S specialiseret sig i rådgivning og implementering af viden, metoder og systemer i primært industrielle virksomheder. Integrate A/S i dag 6 medarbejdere, heraf hovedparten civilingeniører med baggrund fra Aalborg Universitet. I flere samarbejdsprojekter har Integrate medvirket til at afprøve og forankre AAU's nyudviklede teorier og metoder i praksis. Rådgivnings- og ingeniørvirksomheden Niras har deltaget i udviklingsarbejdet som førende specialister inden for energi og miljø, hvor Niras først og fremmest har leveret den fagspecifikke ekspertbistand til projektet ifm. udvikling af komponenter og objekter til simuleringsmodellerne.

Aalborg Universitet og Integrate A/S har tilsammen udgjort den faglige og IT-mæssige vidensballast, der har været nødvendig for projektets gennemførelse. Vi vurderer at samarbejdet mellem universitet, konsulenter/simuleringsspecialister, energi & miljøeksperter samt Skamol som case-virksomhed har været den helt rigtige konstellation ift. at kombinere udviklingsarbejde med praktisk anvendelighed i projektet.

Bilag: Udtalelse fra Skamol

Nedenfor er indsat en udtalelse fra Skamol, der beskriver virksomhedens deltagelse i projektarbejdet lidt nærmere:

Udtalelse vedr. projektet "Proces og energieffektivisering med dynamisk simulering"

Skamol er deltager i projektet proces- og energieffektivisering med dynamisk simulering, som gennemføres i samarbejde med Integrate.

Vi har valgt at deltage i projektet med henblik på at finde og afprøve nye metoder til at optimere på processer og reducere energiforbruget.

Skamol har på fabrikken i Rødding et årligt energi forbrug på 1,9 mill. kwh til 0,8 kr/kwh og et gasforbrug på 600.000 Nm³, som afregnes til 2,5 kr/Nm³. Dette har vi et stort ønske om at reducere. Vi afprøver i projektet forskellige muligheder for at påvirke og reducere det store energiforbrug, hvor der bl.a. er potentiale forbundet med:

- At optimere på antallet af processer og dermed energikilder, der skal køre samtidigt (f.eks. ovne, blæsere og pressere). Vi bruger i dag samlet en del mere energi end nødvendigt er for at gennemføre den samlede produktion.
- At åbne og lukke for energikilderne på tidspunkter, hvor produktionsplanen "tillader" det.
- At undersøge muligheder for optimering i produktionsafviklingen, der kan forbedre både proces og energiforbrug.

Vores produktion og processer er meget komplekse, og det har hidtil været vanskeligt at gennemskue alle sammenhænge og konsekvenser omkring processer og energi, og endnu mere vanskeligt er det at forudse konsekvenserne før produktionen gennemføres. Dette har været vores formål og udbytte ved at deltage i projektet.

Sammen med Integrate har vi foretaget informationsindsamling og i færd med at fået opbygget en simuleringsmodel, der kan simulere og vise effekterne af forskellige produktions- og planlægningstiltag i vores produktion. Arbejdet med modellerne har allerede vist, at der er ganske betydelige forskelle i resultaterne ved at afvikle produktionen på forskellige måder.

Med de rigtige valg og beslutninger vurderer vi, at der er forbedringspotentialer i størrelsesordenen 10-15% målt på energiforbruget i vores produktion. Dette vil kunne give os en årlig besparelse på ca. 300-500 t.kr. En stor del af dette kan hentes gennem en bevidst styring af "åbning/lukning" af produktionsprocesser henover ugen/dagen, ligesom der er muligheder forbundet med at udnytte overskudsenergi i form af bl.a. varme andre steder i fabrikken.

Vores ønske og mål er at medvirke til at udvikle en model og et værktøj, som vi i det daglige kan anvende til at simulere produktionen og se konsekvenserne før de opstår. Skulle der være interesse for det, vil vi i øvrigt gerne invitere på besøg i vores virksomhed, hvor vi kan fremvise anlæg og fortælle mere om projektet og vores udbytte ved deltagelse.

Vi håber på, at projektet kan videreføres og deltager fortsat gerne i projektet til gavn for både os selv og projektets udvikling.

Med venlig hilsen



Svend Erik Mortensen
Plant Development Manager

Skamol A/S