

# Studentoppgaver 2023

## Modellering og regulering av industrielle prosesser

Dette notatet inneholder aktuelle arbeidsoppgaver for studenter som søker sommerjobb, prosjekt- og masteroppgave hos Cybernetica.

Oppgavene har til felles at de inneholder arbeid med dynamiske, matematiske modeller av industriprosesser. Alle oppgavene forutsetter at kandidaten setter seg inn i bruken av Cyberneticas verktøy.

Oppgavebeskrivelsene er eksempler på aktuelle oppgaver. Innholdet vil bli tilpasset den enkelte kandidat og innholdet blir spisset inn mot aktuelle problemstillinger Cybernetica og industrielle samarbeidspartnere arbeider med. Det kan også være aktuelt å avtale andre oppgaver enn de som er med her.

### 1 Dynamisk optimalisering av hydrogenelektrolyse under varierende kraftpriser/energitilgang

Cybernetica har mye erfaring med modellering og regulering av industrielle elektrolyseprosesser, men hydrogenproduksjon gjennom elektrolyse er et nytt felt. Her inviteres studenter med på et nybrottsarbeid.

Produksjon av hydrogen ved elektrolyse er et voksende felt og vil bli en viktig i det grønne skiftet. Dette er en svært kraftkrevende prosess, og med høye, svingende energipriser vil dynamisk optimalisering bli spesielt viktig.

En del av denne oppgaven blir å sette seg inn i de ulike elektrolyseteknologiene for hydrogenproduksjon, med spesiell vekt på prosessens dynamiske egenskaper. Deretter blir fokuset på å utvikle matematiske modeller av typiske enhetsprosesser som inngår i et industrielt anlegg. Modellene tilpasses for bruk i online regulering. Det stilles da spesielle krav til beregningseffektivitet og lav kompleksitet.

Oppgaven blir videre å utvikle en applikasjon for modellbasert prediktiv regulering av elektrolyseprosessen. I dette inngår å studere strategier for dynamisk produksjon, slik at produksjonsraten tilpasses variasjoner i energikostnader eller tilgangen på «grønn» energi.

#### Mål for arbeidet

- Lage en oversikt over ulike teknologier for hydrogenelektrolyse og fordeler og ulemper med disse.
- Utvikle modeller for typiske enhetsprosesser i et industrielt elektrolyseanlegg

- Implementere modellen i Cyberneticas verktøy (C/C++)
- Tilpass modellen og estimator mot driftsdata
- Utvikle en estimeringsstrategi for prosessstilstand og parametere
- Utvikle modellbasert prediktiv regulering for denne prosessen.
- Simulere dynamisk oppførsel og sammenlign alternative strategier.

## 2 Modell for støvfordeling til miljøovervåking av utslipp fra smelteverk

Utslipet av støv fra norsk prosessindustri har gjennom de siste tiårene stadig blitt redusert. Siden 1990 er mengden svevestøv ca. halvert, dette på tross av økt produksjon flere steder. Likevel er det ønskelig å få ned utslippene ytterligere. Konesjonsgrenser for utslipp blir stadig strengere og det stilles strengere krav til overvåking og kontroll av utslipp. Dette tar prosessindustrien på alvor.

Cybernetica samarbeider med norsk aluminiumsindustri om å optimalisere prosessdrift og redusere utslipp. Gjennom et forskningsprosjekt ønsker vi å utvikle et system for kontinuerlig modellbasert overvåking av støvutslipp fra aluminiumsmelteverk. Prosjektet skal utnytte nye og eksisterende målinger fra prosessanlegg sammen med værdata, værmeldinger og landskapstopologi. Denne informasjonen skal settes sammen til et system for overvåking av utslipp og hvor disse ender opp i naturen. På denne måten vil vi forsøke å gi et verktøy for overvåking av mengden utslipp og hvor disse utslippene kan ventes å påvirke miljøet.

I denne oppgaven skal det utvikles en modell for støvutvikling fra elektrolyseceller i en smeltehall og til definerte utslippspunkt. Det finnes allerede avanserte strømningsmodeller for noen slike haller. Disse er imidlertid svært regnekrevende og ikke egnet for sanntidsanvendelser. Oppgaven går ut på å benytte informasjon/beskrivelse for eksisterende modeller og foreslå en modell eller modellstruktur for en forenklet modell. Modellen må være nøyaktig nok til at støvproduksjonen kan gjengis på en god måte, og kravet til regnetid må være oppfylt. Bruk av modellreduksjon og parallellisering er aktuelle tema å diskutere.

### Mål for arbeidet

- Lage en oversikt over eksisterende modeller for støvfordeling i smeltehaller.
- Vurdere bruk av modellreduksjon og parallellisering for å oppnå en rask og nøyaktig nok modell for sanntidsanvendelse.
- Utvikle en enkel modell for støvproduksjon
- Implementere modellen i Cyberneticas verktøy (C/C++)
- Simulere dynamisk oppførsel og vurdere ytelse og nøyaktighet av modellen.

### 3 Modell av produksjonsprosess for anodemateriale til batteri

I omstillingen til et grønnere samfunn er utvikling av bedre batteriteknologi viktig. For norsk industri er batteriproduksjon et satsningsområde.

Cybernetica inngår i et samarbeid med norske industribedrifter og forskningsmiljøer om å utvikle digitale løsninger for overvåkning og styring av nye prosesser for produksjon av syntetisk grafitt for bruk i anodemateriale. Anoden er den negative elektroden i et batteri. Valg av riktig anodemateriale er viktig både med tanke på sikkerhet, ladehastighet, kapasitet og batteriets levetid.

I denne oppgaven skal det utvikles modeller av en prosess for produksjon av syntetisk grafitt. Prosessen har høy temperatur og er derfor vanskelig å instrumentere. Modellene vil inngå i digitale tvillinger som dels kan brukes til å estimere ikke målbare variable «soft sensors», og dels som grunnlag for styring og optimalisering av prosessen.

#### Mål for arbeidet

- Lage en oversikt over eksisterende modeller for grafittisering av karbon.
- Utvikle en enkle, dynamiske modeller av aktuelle delprosesser som inngår i grafittisering av karbon.
- Implementere modellene i Cybernetica CENIT.
- Tilpasse modellene til tilgjengelige måldata.
- Utvikle on-line tilstands- og parameterestimering for prosessen
- Utvikle og simulere modellbasert prediktiv regulering for denne prosessen.

### 4 Modellbasert prediktiv regulering av kjemisk reaktor

Cybernetica arbeider kontinuerlig med utvikling og videreutvikling av modellbaserte applikasjoner for ulike polymerprosesser. Dette inkluderer prosesser for fremstilling av polyolefiner, bindemidler, PVC, og forskjellige emulsjonspolymerer. Det utvikles dynamiske matematiske modeller for bruk til on-line estimering ("soft sensing"), modellbasert prediktiv regulering og on-line optimalisering.

I flere av disse prosessene produseres flere forskjellige produktkvaliteter, og styringen av overgangen mellom disse er av særlig interesse. Under en slik overgang vil det mellom de ulike produktene bli produsert materiale som ikke tilfredsstiller gitte kvalitetskrav. Dette biproduktet må enten gjenvinnes, selges til en lav pris eller destrueres. Det er derfor ønskelig, både av miljømessige og økonomiske hensyn, at det produseres så lite som mulig av et slikt biprodukt. Dette kan oppnås ved bruk av modellbasert prediktiv regulering og on-line optimalisering.

Flere studenter har arbeidet med lignende oppgaver tidligere, og det er lagt et godt grunnlag.

## Mål for arbeidet

- Utvikle/videreutvikle modell for industriell polymerprosess
- Implementere modellen i C/C++
- Sette opp grensesnitt mot Cyberneticas verktøy
- Utvikle on-line tilstands- og parameterestimering for prosessen
- Utvikle og simulere modellbasert prediktiv regulering for denne prosessen.

## 5 Optimalisert styring av stålproduksjon

Cybernetica har samarbeid med noen av verdens ledende leverandører innen rustfritt og karbonstål. Stål brukes til mange forskjellige anvendelser og leveres i flere kvaliteter. Variasjoner i både ønsket stål kvalitet og sammensetning til materialene som brukes som metallkilde gjør at produksjonen foregår ofte i to trinn. I det første trinnet produseres flytende metall fra skrapmetall eller fra malm og andre råstoffer. I det andre trinnet foregår det raffinering av metallet og opplegging til ønsket stål kvalitet. Begge trinn foregår som oftest i batch-prosesser. I produksjonstrinnet er det viktig å bruke riktig mengde og type energi for å minimere energiforbruk. I raffineringstrinnet er det essensielt at bruk av tilsatte materialer og gass i prosessen tilsvarer sammensetningen til den ønskete stål kvaliteten.

I denne oppgaven er det aktuelt å lage en ny eller forbedre en eksisterende matematisk modell av en stålproduksjonsprosess. Modellen valideres så mot driftsdata og det skal lages et forslag til optimalisert regulering av prosessen, med særlige fokus på energibesparing og materialforbruk. Oppgaven vil bli gjennomført i samarbeid med våre industrielle partnere.

## Mål for arbeidet

- Implementere modell for stålproduksjon i Cyberneticas verktøy.
- Gjøre nødvendige modellforenklinger dersom modellen ikke er rask nok for online optimalisering
- Demonstrere at modellen kan gjenskape industriell oppførsel og tilpasse modellen til driftsdata
- Utvikle en strategi for online tilstands- og parameterestimering
- Utvikle system for bedre forståelse, styring og optimalisering av prosessen.

## 6 Modellering og optimalisering av prosesser for fangst av CO<sub>2</sub>

Cybernetica arbeider med å utvikle modellbaserte løsninger for optimalisering og styring av amin-baserte CO<sub>2</sub>-fangstanlegg. Amin-basert CO<sub>2</sub>-fangst er en lovende teknologi for å redusere omfanget av industrielle punktutslipp av CO<sub>2</sub>, og det forskes mye på dette feltet. Prosessen er energikrevende, og det er avgjørende at den opereres nær optimale driftsbetingelser.

Modellbaserte metoder for optimalisering og styring har derfor et stort, (delvis) utforsket potensial innenfor CO<sub>2</sub>-fangst.

I dette studentarbeidet er hensikten å delta i utviklingen av Cybernetica sin teknologi mot CO<sub>2</sub>-fangstprosesser. Fra før er det utviklet matematiske modeller for formålet. Ulineær modellbasert prediktiv regulering finnes også. Nå er planen å arbeide videre med løsninger for overordnet dynamisk optimalisering av slike anlegg.

### **Mål for arbeidet**

- Videreutvikle matematiske modeller for enhetsoperasjonene i et CO<sub>2</sub>-fangstanlegg, med hovedfokus på separasjonskolonner.
- Videreutvikle metodeverk for overordnet optimalisering av denne prosessen.

## **7 Modellering og prediktiv regulering av fjernvarmeanlegg**

Cybernetica arbeider stadig med utvikling av modellbaserte applikasjoner for ulike prosesser. Fjernvarmenettverk er et forholdsvis nytt felt for bedriften, og her inviteres studenter med på et nybrottsarbeid.

I denne oppgaven blir fokuset på å utvikle matematiske modeller av typiske enhetsprosesser i et fjernvarmeanlegg. Modellene tilpasses for bruk i online regulering. Det stilles da spesielle krav til beregningseffektivitet og lav kompleksitet.

Videre blir oppgaven å utvikle modellbasert prediktiv regulering eller dynamisk sanntids-optimering av et typisk fjernvarmeanlegg med distribusjonsnettverk. Da er det rom for å se på ulike delproblemer, slik som prediksjon av energibehovet noen timer fremover i tid, optimal utnyttelse av tilgjengelig bufferkapasitet i nettet samt optimal regulering av energitilførselen.

### **Mål for arbeidet**

- Utvikle modeller for typiske enhetsprosesser i fjernvarmenettverk
- Implementere modellene i Modelica og integrere med Cyberneticas verktøy
- Utvikle strategier for online og offline tilstands- og parameterestimering for prosessen
- Konfigurere en modell for et typisk fjernvarmenettverk
- Utvikle og simulere ulike strategier for modellbasert prediktiv regulering av denne prosessen.

## Felles for alle oppgavene

### Typisk arbeidsforløp:

#### Sommerjobb

I sommerjobben vil kandidaten vanligvis:

- Gjøre seg kjent med Cyberneticas verktøy for modellering, modelltilpasning og regulering.
- Gjennomføre et litteraturstudium av den aktuelle prosessen (kjemi/termodynamikk, prosess-utføring, etc.) og lære prinsippene som brukes i modellering av denne.
- Utvikle dynamiske modeller for aktuelle prosessavsnitt.
- Implementere modellene i Cyberneticas verktøy.
- Konfigurere modellene for online bruk.

#### Prosjektoppgave

- Videreføre arbeidet fra sommerjobben og lage en komplett en dynamisk modell av den aktuelle prosessen
- Tilpasse modellen til industrielle loggedata ved offline tilstands- og parameterestimering
- Studere alternative prinsipper for modellering, modellimplementasjon eller estimering
- Utvikle strategi for online tilstands- og parameterestimering (Kalman-filter eller "Moving Horizon Estimation") og utvikle applikasjon for "soft sensing".
- Demonstrere systemet gjennom simuleringer

#### Masteroppgave

- Videreføre arbeidet med modell og estimator fra prosjektoppgaven.
- Utvikle strategi for modellbasert prediktiv regulering eller dynamisk sanntids-optimalisering av den aktuelle prosessen.
- Studere alternative reguleringsprinsipper, metoder og implementeringsløsninger.
- Demonstrere de utviklede løsningene gjennom simuleringer.

## Kvalifikasjoner

Alle disse oppgavene kan tilpasses studenter som sommeren 2023 avslutter 3. eller 4. klasse på Kjemisk prosessteknologi eller Kybernetikk og robotikk.

Mastergradskandidater kan gjerne søke samarbeid om masteroppgave uten først å ha hatt sommerjobb og prosjektoppgave ved bedriften.

Forhåndskunnskaper om de aktuelle prosessene forventes ikke, men den som blir ansatt må være villig til å lese seg opp på fagfeltet. Kunnskaper om dynamiske systemer og regulering er en forutsetning. Kunnskaper om programmering ( gjerne C/C++, MATLAB og Modelica) er en fordel, men ikke et krav.

## Søknad

Søknad om sommerjobb, prosjekt- og/eller masteroppgave kan sendes elektronisk til [sommerjobb@cybernetica.no](mailto:sommerjobb@cybernetica.no). Se <http://sommerjobb.cybernetica.no>.

**Søknadsfristen** for sommerjobb i 2023 er satt til **mandag 10. oktober 2022**.

Søknaden bør inneholde CV, vitnemål og relevante attester. Husk å angi hvilke av oppgavene som er mest aktuelle. Vi ber alle søkere oppgi referansepersoner (f.eks. studieveileder eller tidligere arbeidsgiver).