

## HØGSKOLEN I TELEMARK (HiT)

### Avdeling for teknologiske fag

Bachelor i ingeniørfag, Master i teknologi og PhD.-utdanning

Adresse: Kjølnes Ring 56, 3916 Porsgrunn

Telefon: 35575000

Telefaks: 35575401

Høgskolen i Telemark, Avd. for teknologiske fag består av følgende enheter:

-Institutt for Prosess-, Energi- og Miljøteknologi

-Institutt for Elektro, IT og Kybernetikk

Avd. for teknologiske fags forsknings-, utviklings- og dr.gradsutvalg (FUDU) skal være rådgiver for dekan i spørsmål som angår forskning og Ph.D.-utdanning. Dette inkluderer også behandling av søknader om opptak til Ph.D.-studiet samt studieplaner for Ph.D.-studiet.

Utvalget har følgende sammensetning:

Professor Morten C. Melaaen (leder)

Professor Rune Bakke

Professor Bernt Lie

Førsteam. David Di Ruscio

PhD.stipendiat Elin Fjeld

Masterutdanningen ved Høgskolen i Telemark er et 2-årig påbygningsstudium for studenter med eksamen fra 3-årig bachelorutdanning i ingeniørfag eller tilsvarende.

Mastergradsutdanningen har i dag 3 studieretninger; Energi- og miljøteknologi, Kybernetikk og Industriell IT og Prosessteknikk. Studiene vektlegger i særlig grad en integrert forståelse av fagområdene innen kjemi/maskin/automatisering. Et utstrakt samarbeid med industrien har høy prioritet i utdanningen. Det er i studieåret 2009-2010, 18 Dr.ing./Ph.D.-stipendiater.

### Generelt om PhD.-studiet

PhD.-studiet ved HiT gjennomføres i henhold til den inngåtte intensjonsavtalen med NTNU. Dette betyr i hovedsak at HiT gjennom sitt PhD.-utvalg søker utvalget ved NTNU om godkjenning av studieopplegg for sine stipendiater. I henhold til intensjonsavtalen vil vitenskapelig personell ved masterutdanningen i teknologi ved HiT godkjennes som hovedveiledere / medveiledere.

Residensplikten ved HiT er som for NTNU satt til et år. Studiet er lagt opp med en angivelse av fagets belastning i antall studiepoeng. Et normalt studieår er 60 studiepoeng.

Fagområdet for avhandlingen vil normalt ligge innenfor de forsknings- og utviklingsoppgaver som foregår ved instituttene. Nærmere orientering om aktuelle fag er gitt under avsnittene om de enkelte institutter.

Dr.ing./PhD.-studiene ved HiT er basert på at fag kan kombineres fra forskjellige universiteter/høgskoler, da i særlig grad HiT - NTNU, men også andre er aktuelle som f.eks. UiB og UiO.

**Høgskolen i Telemark tilbyr følgende Ph.D.-fag:**

Fagnr	Fagtittel	Sem	Høst				Vår				Bt	Stp	Kar
			F	Øu	Øs	D	F	Øu	Øs	D			
	Pulvermekanikk	H	4		4	8					20	12	TEØ
	Videregående strømningsprosesser	H	3		4	10					20	12	TE
	Feildiagnose i dynamiske systemer	V					4		4	8	20	12	TE
	Masse-og varmetransport i prosessutstyr	V					3		4	10	20	12	TE
	Magnettermiske beregninger	H	3		4	6,7					16,7	10	TE
	Videregående multivariat dataanalyse	V					2		2	4	16	10	TE
	Videregående membranteknologi	V					2		2	6	12	7,5	TE
	Videregående forbrenning	V					4		4	8	20	12	TE
	Biofilmprosesser	V	2	4		14					20	12	TEØ
	Lineær systemteori	H	4	3		5					16	10	TE
	Konvektiv varme-og massetransport	V					3		4	10	20	12	TE
	Systemidentifikasjon	Etter behov					3		4	6	16	10	TE
	Bioenergiteknikk	H					2		4	14	20	10	TE
	Modellering for reg.formål	Etter behov										10	TE
	Modellreduksjon	Etter behov										10	TE
	Pneumatisk transport av pulver	Etter behov	2	1		8						10	TE
	Naturgasskonvertering	Etter behov										10	TE
	Vitenskapsteori og etikk	Etter behov										5	

V er vårsemester

H er høstsemester

Se forøvrig hjemmesiden til doktorgrds-/Ph.D.-utdanningen HiT/NTNU under følgende adresse: <http://www2.hit.no/tf/doktorgradsutdanning/>

## **INSTITUTT FOR PROSESS-, ENERGI- OG MILJØTEKNOLOGI**

Professor Rune Bakke

Professor Dag Bjerketvedt

Professor Klaus Joachim Jens

Professor Morten Chr. Melaaen

Professor II Gisle G. Enstad

**Professor II Dag Eimer**

Førsteam. Marianne S. Eikeland

Førsteam. Randi T. Holta

Førsteam. Mladen Jecmenica

Førsteam. Britt Halvorsen

### **Avhandling**

Avhandlingen vil normalt ha tilknytning til de forsknings- og utviklingsarbeider som foregår ved instituttet, samarbeidspartnere Tel-Tek og industrien. For tiden arbeides det innenfor forsknings-områdene:

- Pulverteknologi
- Strømningsprosesser
- Prosessutstyr og flerfasestrømming
- Membranteknologi
- Renseteknologi
- Forbrenning og energiteknikk
- Gassteknologi

### **Pulverteknologi**

Hovedaktivitetene i inneværende år er:

- Pulverflyt i siloer
- Simulering av gass/faststoff strømning og eksperimentell verifisering
- Utvikling av metoder og instrumenter for karakterisering av pulver
- Pneumatisk transport
- Segregering
- Kontinuerlig blanding
- Vindsikting
- Luftrenner
- Avstøving

### **Strømningsprosesser**

Arbeidet innenfor dette området er innrettet mot CFD-analyser (Computational Fluid Dynamics) av strømningsprosesser som er relevante for prosessindustrien. Dette innebærer utvikling av metoder, modeller og programvare sammen med eksperimentell verifisering. Tema for avhandlingen kan være studie av strømningsmønstre, blanding, varme- og masse-transport, kjemisk reaksjon og flerfase prosesser innenfor reaktorer og prosessenheter eller studie av spredning, eksplosjoner og branner i forbindelse med gassfareanalyser.

### **Prosessutstyr og flerfasestrømming**

Forskningsaktiviteten er hovedsakelig rettet mot

- CFD simulering
- Flerfase strømning
- Kjemiske reaktorer

- Varmeteknisk utstyr
- Roterende maskineri
- Rørsystemer

Forskningen er både basert på eksperimentalstudier og teoretiske analyser. Moderne måleteknikker, f.eks. laserteknikk og gammamåling anvendes. Numeriske verktøy blir anvendt i stor utstrekning for å gjennomføre de teoretiske analysene. For rørsystemer vil analysene ofte være endimensjonale. For annet prosessutstyr blir CFD (Computational Fluid-Dynamics) anvendt, og dermed blir flerdimensjonale effekter analysert. Både enfase og flerfase fenomener sammen med kjemiske reaksjoner, masse- og varmetransport studeres. Forskningsaktiviteten bidrar til at prosessutstyret blir optimalisert mer energieffektivt, sikrere og utslipp til miljøet blir redusert.

### **Membranteknologi**

Forskningen innen membranteknologi setter i særlig grad fokus på sammenhengen mellom polymere membraners struktur, materialegenskaper, separasjonsegenskaper og holdbarhet. Aktiviteten er sterkt industrirettet og flere prosjekter er knyttet opp mot internasjonalt samarbeid. Områdene for membranforskningen er idag som følger:

- Gass separasjon med polymere materialer; både ved hjelp av tette membraner (løselighet-diffusjons prinsippet), og (micro)porøse membraner anvendt som gassvæske kontraktorer for absorpsjon eller desorpsjonsprosesser. Enkelte prosjekter fokuserer også på membranseparasjon i vandige løsninger.
- Undersøkelser av materialegenskaper hos polymere membraner (strukturelt/kjemisk/-fysisk) er en integrert del av membranforskningen (karakterisering og testing av separasjonsegenskaper).
- Prosess simuleringer for (integreerte) membranløsninger og moduldesign

### **Renseteknologi**

- Prosessutvikling for gass, vann- og avløpsrensing
- Modellering av renseprosesser og restproduktteknologi
- Bioprosesser i ulike industrielle sammenhenger
- Grunnleggende biofilmstudier
- Membraner i biologiske prosesser

### **Forbrennings og energiteknikk**

Forskningsområdet er i hovedsak rettet mot:

- Gasseksplosjoner og teknisk sikkerhet
- Alternative brensel, energigjenvinning
- Hydrogen
- Miljøkonsekvenser ved forbrenning

Forskningsaktiviteten omfatter, teoretiske analyser og eksperimentelle undersøkelser. Eksperimentelle undersøkelser gjøres forsøk i vårt laboratorium, på forsøksfelt og i industriprosesser. Numeriske analyser slik som CFD er viktig verktøy. Det vitenskapelige arbeidet utføres i nært samarbeid i nært samarbeid med aktører i næringslivet og offentlig virksomhet.

### **Gassteknologi**

- Teknologi for fjerning av CO<sub>2</sub> fra røykgass.
- CO<sub>2</sub> håndtering
- Gasskraft
- Hydrogen som energibærer

- Biogass / naturgass
- Teknisk sikkerhet

## **INSTITUTT FOR ELEKTRO, IT og KYBERNETIKK**

Professor Svein Thore Hagen

Professor. Bernt Lie

Professor Saba Mylvaganam

Professor. Magne Waskaas

**Professor Bjørn Glemmestad**

**Professor II Ole-Morten Midtgaard**

**Professor II Kim Esbensen**

Professor emeritus Rolf Ergon

Førsteam. Maths Halstensen

Førsteam. David Di Ruscio

### **Avhandling**

Avhandlingen vil normalt ha tilknytning til de forsknings- og utviklingsarbeider som foregår ved instituttet. For tiden arbeides det innenfor områdene:

- Systemidentifikasjon
- Prosessregulering
- Feildeteksjon/operatørstøtte
- Prosessmåleteknikk og sensorikk
- Kjemometri

### **Systemidentifikasjon**

Metoder for identifikasjon av dynamiske systemmodeller ut fra registrerte inn-ut-signaler, og anvendelse av slike modeller i industriell sammenheng.

Multivariat kalibrering av dynamiske systemer, dvs. metoder for estimering av ikke-målte eller sjelden målte prosessvariabler, typisk produktkvaliteter, vha. systemidentifikasjon, og anvendelse av slike metoder i industriell sammenheng.

### **Prosessregulering**

Arbeidet omfatter modellering av prosesser i kjemisk og fysikalsk industri, og anvendelse av moderne reguleringsteori til å styre disse.

- Utvikling av dynamiske modeller for prosesser og prosessavsnitt
- Modelltilpasning
- Multivariabel og ulineær modellbasert regulering
- Desentralisert regulering
- Robust regulering

### **Feildeteksjon/operatørstøtte**

Området omfatter:

Feildeteksjon av dynamiske prosesser:

- Matematisk og regelbasert modellering av sammenhenger mellom prosessens tilstandsvariabler og kvalitetsparametre
- Estimeringsteknikk og kunnskapsbaserte metoder for deteksjon av feil i prosess, måleutrustninger, styresystem eller operatørfeil
- Operatørstøttesystemer
- Rådgeving til operatør basert på måling, estimering, kunnskapsregler og utstyrsdatabase
- Operatør - prosess - kommunikasjon

### **Prosessmåleteknikk og sensorikk**

Prosessmåling er viktig for optimal regulering og overordnet styring i industrielle prosesser. Emnet inneholder integrering av kunnskaper rundt sensorer, signaler, modell, system, datalogging, programmering og presentasjon (som vi kaller S2MSDP2 vinkling i prosessmåling og sensorikk) av måledata hvor fokus blir på dagens kunnskapsnivå. Mikrosensorikk inkluderer rask utvikling i de siste årene som har ført til industrielle anvendelser.

Automatisering, integrering, forstyrrelser, feil-deteksjon og registrering samt fjernmålesystemer og datainnhenting er en del av stikkordene tilknyttet prosessmåling. For å ha den nødvendige bredde, betraktes medisinske målinger som en del av overvåking av fysiologiske prosesser og vi er åpne for bidrag av kunnskaper fra denne teknologi innenfor emnets omfang.

Aktuelle FoU-aktiviteter/satsningsområder:

Mikrosensorikk i prosessindustrier, Gassdensitetsmåling og deteksjon gasslekkasje, Multi-Sensor Data Fusion (MSDF), Måling og analyse av miljøparametre, Multi-Interface nivåmåling vha. MSDF, Hydrosykloner – måling for optimal styring, Dielektrisk spektroskopi, Mikrobølge-, optikk- og ultralydteknologi, MSDF i medisin, Mikrosensorikk, Tverrfaglig samarbeid og Forsøk med nye læringsmetoder og samarbeid med miljøer som jobber med nye læringsmetoder.

### **Kjemometri (multivariat dataanalyse)**

Forskningen kan både basere seg på eksperimentelle studier - med tilhørende dataanalyse - såvel som metode og softwareutviklings- og implementasjonsoppgaver eller analyse av dataset fra eksterne akademiske samarbeidspartnere, prosjektpartnere eller fra industri-sponsorer (dr.ing /Ph.D. stipendier).

Kjemometrisk FoU omfatter for tiden fag innen:

- Teknologisk anvendt kjemometri
- Videregående multivariat kalibrering
- Akustisk kjemometri
- Multivariat bildeanalyse (MIA/MIR)
- Multivariat teksturbeskrivelse (Mix)
- AMT (Angle Measure Technique)
- Parallele koordinater
- PPM (Plant-wide Process Monitoring)
- 3-way data decomposition (N-way)

Arbeidet er organisert i "Kjemometrisk Forskningsgruppe" som består av alle aktive Ph.D., doktorgrads- og hovedoppgavestuderende med felles - i tillegg til individuell kjemometrisk veiledning.

## **PHD.EMNER VED HiT**

### **PULVERMEKANIKK**

#### **Mechanics of Particulate Solids**

Faglærer: Prof. II Gisle G. Enstad

Uketimer: Høst: 4F- 4Øs- 8D = 20Bt/12 stp.

Øvinger: 0 Karakter: TEØ

Faget undervises annet hvert år. Det forutsettes kunnskaper tilsvarende HiT fagene "pulverteknologi I og II". Faget vil gi en videregående behandling av begreper innen

pulvermekanikk. Videre vil beregning av spenninger i siloer bli behandlet og gjennomgåelse av målemetoder innen pulvermekanikken.

Obligatoriske øvinger vil omhandle måling av pulvermekaniske egenskaper. Spesiell vekt vil bli lagt på direkte og indirekte metoder å måle de partikulære materialers flyteegenskaper.

Rapporten fra disse øvingene vil telle som en del av den endelige karakteren.

Pensumlitteratur:

Utvalg fra bøker og tidsskriftartikler.

## **BIOENERGITEKNIKK**

### **Bioenergetics**

Faglærer: Professor Rune Bakke

Uketimer: 2F- 4Ø- 14D = 20Bt/12 stp.

Øvinger: F, Karakter: TE

The bioenergetics and its thermodynamic foundation in microbial processes is the focus. Biochemical transformation in water and waste treatment systems are used as case studies to gain insight in fundamental principles as well as to learn to handle the analytical tools available. The flow of energy in biological systems, energy and entropy balances, exergy, respiration, biosynthesis and active transport will be covered. Calculation of thermodynamic properties of mixtures of gas and liquid, based on theoretical and empirical models.

Emphasis is on understanding the molecular interactions in classical systems. Results from statistical thermodynamics connect the classical thermodynamics and molecular properties. Topics included; thermodynamic properties from volumetric data, intermolecular forces, corresponding states and osmotic systems, fugacities in gas mixtures, excess functions and activity coefficients.

Pensumlitteratur:

A.L. Lehninger: Bioenergetics, London 1973, s. 1-95; 122-145; 191-207.

J.M. Prausnitz, R.N. Lichtenthaler, E.G. de Azevedo: Molecular. Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria, 3rd ed., London 1999, S. 31-54, 57-113, 123-189, 213-297.

Franklin M- Harold: The Vital Force: A Study of Bioenergetics, USA 1986, s. 29-55.

J.M. Smith, H.C. Van Ness, M.M. Abbott: Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 5th ed, McGraw-hill 1996, s. 315-356, 366-410.

## **BiOFILM PROSESSER**

### **Biofilm Processes**

Faglærer: Professor Rune Bakke

Uketimer: 1F – 1Ø – 12D = 10 stp.

Øvinger: F Eksamen: TE

The course covers the fundamentals of biofilm process. Topics covered include: (1) Introduction: (1) Biofilm process analysis; (2) Physical and chemical characteristics of biofilm; (3) Energetics and Stoichiometry; (4) Biofilm processes; (5) Kinetics of microbial transformation; (6) Transport phenomena; (7) Physiological ecology.

Pensumliste: (343 pp)

Characklis W.G. & Marshall K.C. (eds), Biofilms, John Wiley, New York, NY /1990, kap.1-2 4, 6, 7-10, til sammen 339 s., Bakke. R., Kommedal R. and Kalvenes S., Quantification of biofilm accumulation by an optical approach., . Microb. Meth., 44, pp 13-26. / 2001.s.13 – s.26, Bakke R., M.G. Trulear, J.A. Robinson, and W.G. Characklis, Activity of *Pseudomonas aeruginosa* in biofilms: steady state., Biotechnol. & Bioeng. 26:1418-1424./ 1984, s.1418 – s. 1424, Bakke R. and P.Q. Olsson., Biofilm thickness measurements by light microscopy, J. Microb. Meth., 5: 93-98/1986, s. 93 – s. 98

## **KONVEKTIV VARME- OG MASSETRANSPORT**

### **Convective Heat and Mass Transfer**

Faglærer: Professor Morten Chr. Melaaen

Uketimer:= 3F – 4Ø – 10D=20BT/12 stp.

Øvinger: F, Karakter: TE

Faget undervises annet hvert år.

Faget omhandler varme- og massetransport ved konveksjon. Konserveringsligningene både for elliptiske og paraboliske problemer blir gjennomgått. Impuls og varmeovergang for laminære og turbulente strømnings blir modellert og diskutert. Masseovergang blir analysert. Tvungen og fri konveksjon blir studert. Varmeveksler design inngår. Noen flerfase temaer er inkludert. Til slutt vil forskjellige numeriske løsningsteknikker bli forklart, og datamaskinøvinger vil bli gitt. I tillegg til datamaskinøvingene vil det bli gitt regneøvinger.

Pensumlitteratur:

W.M. Kays and M.E. Crawford, "Convective heat and mass transfer", third edition, 1993. s.1-540

S.V. Patankar, "Parabolic systems: finite-difference method I", editors Minkowycs, Sparrow, Schneider and Pletcher, Handbook of numerical heat transfer, John Wiley & Sons, New York, s.89-115

S.V. Patankar, "Elliptic systems: finite-difference method I", editors Minkowycs, Sparrow, Schneider and Pletcher, Handbook of numerical heat transfer, John Wiley & Sons, New York, s.215-240

A. Valle, "Multiphase pipeline flows in hydrocarbon recovery", editors Hewitt and Delhaye, Multiphase science and technology, s. 1-139, vol.10, no.1, 1998.

## **VIDEREGÅENDE STRØMNINGSPROSESSER**

### **Advanced Fluid Flow Processes**

Faglærer: Professor Morten Chr. Melaaen og gjesteforelesere

Uketimer: Høst: 3F- 4Øs- 10D = 20Bt/12 stp.

Øvinger: F, Karakter: TE

Faget undervises annet hvert år, neste gang høsten 2009. Det forutsettes kunnskaper tilsvarende HiT faget "Strømningsanalyse med CFD". Faget er innrettet mot fordypning innenfor modellering og numerisk analyse av strømningsdynamiske prosesser som er relevant for prosessindustrien. Det vil bli gitt videregående analyse av 1) numeriske metoder 2) turbulensmodeller og 3) modeller for flerfaseprosesser. Integrerte strømningsdynamiske modeller for flerfase kjemiske reaktorer vil bli gjennomgått.

Frivillige øvinger med bruk av datamaskin.

Pensumlitteratur:

Forelesningsnotater og utvalg fra bøker og tidsskriftartikler.

## **FEILDIAGNOSE I DYNAMISKE SYSTEMER**

### **Fault Diagnosis in Dynamic Systems**

Faglærer: NN

Uketimer: Vår: 4F- 4Øs- 8D = 20Bt/12stp.

Øvinger: F, Karakter: TE

Faget undervises etter behov.. Det forutsettes kunnskaper tilsvarende HiT-fagene Prosessmodellering, Prosessregulering, Tilstands- og parameter-estimering,



Tilstandsovervåking og feildeteksjon. Emnet er rettet mot forskjellige metoder for feildiagnose i dynamiske systemer basert på analytisk redundans, systemidentifikasjon og ekspertsystemteknikker.

Frivillige øvinger med bruk av datamaskin.

Pensumlitteratur:

Forelesningsnotater og utvalg fra bøker og tidsskriftartikler.

## **MASSE- OG VARMETRANSPORT I PROSESSUTSTYR**

### **Mass- and Heat Transfer in Process Equipment**

Faglærer: Professor Morten Chr. Melaaen

Uketimer: Vår: 3F- 4Øs- 10D = 20Bt/12stp.

Øvinger: F, Karakter: TE

Faget undervises annet hvert år. Det forutsettes kunnskap tilsvarende HiT fagene "Prosessutstyr og modellering", "Strømningsanalyse med CFD". Matematisk modellering av forskjellige typer prosessutstyr blir gjennomgått. Sentralt er modellering av varmeteknisk utstyr, kjemiske reaktorer, roterende maskineri og rørsystemer. Både enfase og flerfase, laminær og turbulent strømning med og uten kjemiske reaksjoner studeres. Modellene inkluderer energitransport ved konduksjon, konveksjon og stråling. Løsning av de matematiske modellene ved hjelp av numeriske teknikker (CFD, Computational Fluid Dynamics) blir presentert og det legges vekt på anvendelse av disse teknikkene på industrielt viktig prosessutstyr. Behandling av komplisert geometri ved bruk av kurvelineære koordinater blir gjennomgått. Datamaskinkoder tilgjengelig brukes i undervisningen og i øvingene.

Frivillige øvinger. Noen med bruk av datamaskin.

Pensumlitteratur: Forelesningsnotater og utvalg fra bøker og tidsskriftsartikler.

## **VIDEREGÅENDE MULTIVARIAT DATAANALYSE**

### **Advanced Multivariate Data Analysis**

Faglærer: Førsteamanuensis Maths Halstensen og gjesteforelesere

Uketimer: Vår: 2F- 2Øs- 4D = 10stp.

Øvinger: Frivillige øvinger og praktiske forsøk, Karakter: TE

Faget tilbys etter behov. Faget forutsetter grunnleggende kunnskaper innen multivariat dataanalyse: PA3994 & PA4094 (HIT) el. likn. Faget omfatter utvalgte fag innen (men ikke nødvendigvis begrenset til):

Multivariat kalibrering - videregående teori

Akustisk kjemometri

AMT (Angle Measure Technique)

3-way data decomposition (N-way)

Prosess overvåkning (Projection of Latent Structures, 2PLS)

OPLS orthogonal Partial Least Squares Regression

Wavelet transform

Fourier transform FT, Fast fourier transform FFT

Validering av regresjonsmodeller

Pensumlitteratur:

Utvalg fra nyere aktuelle bøker, tidsskriftsartikler og Dr.grads avhandlinger o.a.

Martens & Næs: Multivariate Calibration, Wiley.

Ifeachor, Jerwis "Digital Signal Processing

## **VIDEREGÅENDE MEMBRANTEKNOLOGI: INDUSTRIELLE ANVENDELSER INNEN MILJØ OG ENERGITEKNIKK**

### **Advanced membrane technology: industrial applications in energy and environmental engineering**

Faglærer: NN

Uketimer: Vår: 2F- 2Øs- 6D = 12Bt/2,7,5 STP

Øvinger: F, Karakter: TE

Faget tilbys annet hvert år.

Faglig forutsetning for emnet er kunnskaper innen grunnleggende polymerkjemi og membranteknologi.

Mål: Faget tar sikte på å gi en oversikt over membranprosesser som er anvendt i industri og rensing av avløpsvann. Masseoverføring og transportmekanismer vil utdypes for utvalgte membranprosesser.

Innhold: Transport av gasser (ideelle, ikke-ideelle) gjennom polymere materialer; betydning av løselighet og diffusjon, polare, ikke-polare systemer. Rene og blandede gasser. Polymerens struktur, fysikalske data og materialeegenskapers innflytelse på transport. Interaksjoner mellom gass og polymer. Nedbrytningsmekanismer. Aldring av polymere. Polymerers egnethet som membranmateriale for separasjon av gasser og flyktige hydrokarboner sett i lys av ovenstående.

Pensumlitteratur:

Utvalgte avsnitt fra følgende bøker:

Membrane Technology: Applications to Industrial Wastewater Treatment, Caetano, A., De Pinho, M. N., Drioli, E. and Muntau, H. (eds.), Kluwer Academic Publishers, 1995

Membrane Technology in Chemical Industry, Nunes, S.P. and Peinemann, K.-V. (eds.), Wiley-VCH, 2001

Wesselingh, J.A. and Krishna, R., "Mass Transfer", Ellis Horwood, 1990

Utvalgte artikler.

## **VIDEREGÅENDE FORBRENNING**

### **Advanced Combustion**

Faglærer: Professor Dag Bjerketvedt

Uketimer: Vår: 4F- 4Øs- 8D = 20Bt/12 stp.

Øvinger: F, Karakter: TE

Faget undervises annet hvert år.

Det forutsetter at kandidaten har grunnleggende kunnskaper innen forbrenning tilsvarende HiT-faget "Forbrenning og teknisk sikkerhet". Faget omhandler fundamentale aspekter ved forbrenning og forbrenningsteori. Konserveringsligningene og reaksjonskinetikk blir behandlet. Fenomener som forblandede flammer, diffusjonsflammer, dråpeforbrenning, eksplosjoner, detonasjoner, tenning, turbulent strømming, turbulent forbrenning og forbrenning av fastbrensel blir gjennomgått.

Pensumlitteratur:

Utvalg fra bøker og tidsskrifter.

## **PNEUMATISK TRANSPORTAV PULVER**

### **Pneumatic Transport of Powders**

Faglærer: NN

Uketimer: 2F- 1Ø- 8D = 10stp.

Øvinger: F, Karakter: TE

The course will give an understanding of the characteristics of granular materials and their behaviour during pneumatic conveying; the various modes of pneumatic transport system used in industry; selection of pneumatic transport system based on powder characteristics etc.

The student will learn various calculation methods available for prediction of system design parameters. The course will also provide a scope for experimental study of pneumatic conveying systems.

Frivillige øvinger.

Pensumlitteratur:

Gas fluidisation Technology; D Geldart; John Wiley & Sons; 1986; Chapt 1, 2 & 3. pp 1-51

Principles of Powder Technology; M. J. Rhodes, John Wiley & Sons; 1990; Chapters 3(pp 35-68), 7(pp143-169) and 8(pp171-192).

Principles of Flow in Disperse Systems; O. Molerus; Chapman & Hall;1993; Chapt 6(133-155).

Handbook of Conveying and Handling of Particulate Solids; Edited by A Levy & H Kalman; Elsevier; Chapt 4(291-435).

Utvalgte artikler..

## **NATURGASSKONVERTERING**

### **Natural Gas Conversion**

Faglærer: Professor Klaus Joachim Jens

Undervisning: 2F-2Øs-4D= 10stp.

Læringsmetode: Obligatoriske øvelser, forelesninger.

Karakter: TE

Faget undervises hvert annet år. Det undervises over ett semester.

Forskningsområde er i hovedsak rettet imot

Katalysator syntese og virkemåte, katalysator karakterisering, metall- og oksid-nanopartikkel syntese, katalysator testing

Forskningen er basert både på syntese av nye typer heterogene katalysatorer og modell katalysatorer for etablerte industrielle prosesser samt testing av disse. Kinetiske studier kan inngå i testingen. I tillegg til bruk av avanserte metoder for å syntetisere nanopartikkel baserte modell katalysatorer står karakterisering av heterogene katalysatorer sentralt. Her vil en typisk bruke gass adsorpsjonsmetoder, spektroskopiske metoder og røntgen stråling baserte metoder som røntgen diffraksjon.

Litteratur:

- Ertl, G; Knötzing, H; Schüdt, F.; Weitkamp, J  
„Handbook of Heterogeneous Catalysis“
- Chorkendorff, I; Niemantsverdriet, J.W.;
- „Concepts in Modern Catalysis“
- Weissermel, K; Arpe, J;  
„Industrial Organic Catalysis“

## **LINEÆR SYSTEMTEORI**

### **Linear System Theory**

Faglærer: Professor Bernt Lie

Uketimer: Høst: 4F- 3Øs- 5D = 16Bt/10 stp.

Øvinger: O, Karakter: TE

Faget forutsetter gjennomførte fag i lineær algebra og grunnleggende reguleringsteknikk.

Faget tar sikte på å gi en innføring i videregående teori for lineære multivariable systemer med utgangspunkt i tilstandsrombeskrivelse, matrisebrøkbekrivelse, og oversikt over geometrisk teori. Det legges vekt på bevis for de ulike resultater.

Fag er (i) Løsning av ikke-autonome lineære multivariable tilstandsrommodeller tidsvariante og –invariante). Systemer med kontinuerlig og diskret tid betraktes; (ii) Stabilitet for multivariable systemer, inklusive inn-ut stabilitet, intern stabilitet, og bruk av Lyapunovs

andre metode for stabilitetsanalyse; (iii) Styrbarhet av lineære systemer; bruk av styrbarhetsmatrise, Gramian, og Popov-Belevitch-Hautus metode. Tilsvarende metoder for oververbarhet. Kalman-dekomponering (kanonisk dekomponering) av lineære systemer. Kalman-dekomponering og transfermatrise; (iv) Matrisebrøk-beskrivelse, koprime matriser. Lineær algebra-formulering av koprime matriser, og numeriske metoder for løsning av slik formulering. Minimal realisering, realisering fra Markov-parametre. Ulike kanoniske realiseringer; (v) Tilstandstilbakekopling og tilstandsestimering. Regulering og følgesystemer. Observere. Tilbakekopling fra estimerte tilstander; (vi) Regulatordesign fra matrisebrøkbekrivelse. Polplassering, regulering og følgesystemer. Implementerbare transferfunksjoner. Modell matching, og lineær algebraformulering av regulatordesign. Nullpunkter og regulatorytelse; (vii) Oversikt over geometrisk teori. Invariante underrom og regulerte invariante underrom. Styrbarhet og detakterbarhet. Forstyrrelsesdekopling og ikke-samvirkende regulering. Det gis en obligatorisk datamaskinøving, og frivillige regneøvinger.

Pensumlitteratur:

C-T. Chen: Linear System Theory and Design, 3rd edition, Oxford University Press, 1999, s. 1-318.

W.J. Rugh: Linear System Theory, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993, S. 124-215, s. 258-348.

## **SYSTEMIDENTIFIKASJON**

### **System Identification**

Faglærer: Førsteamanuensis David Di Ruscio

Uketimer:: 3F- 4Øs- 6D = 16Bt/10 stp.

Øvinger: O, Karakter: TE

Faget foreleses etter behov. Mål: Faget tar sikte på å gi en grundig innføring av metoder for systemidentifikasjon med hovedvekt på underromsbaserte metoder. Dette er direkte metoder som i stor grad er basert på projeksjonsteori og numerisk robuste metoder fra lineær algebra. Disse metodene vil bli studert i sammenheng med de iterative og klassiske metodene for systemidentifikasjon, dvs. prediksjonsfeil metoder, instrumentelle variable metoder og maksimum likelihood metoden, osv. Faget kan sees på som en brobygging mellom teoriene for systemidentifikasjon av dynamiske systemer og teorier for statisk og multivariat dataanalyse og modellering.

Innhold: Fagene innen lineær algebra, så som QR dekomposisjon, SVD og projeksjonsteori. Otogonale og oblique-projeksjoner. Regularisering og regresjonsmetoder som prinsipal komponent analyse og regresjon (PCA, PCR) samt partial least squares (PLS). System- og realiseringsteori for dynamiske og lineære stokastiske systemer. Indirekte og direkte metoder for underromsbasert systemidentifikasjon.

Sentrale metoder som CVA, ROBUST-N4SID, MOESP og DSR. Identifikasjon av systemorden.

Identifikasjon i lukket sløyfe-systemer. Utvidelse til bilineære systemer. Rekursive metoder. Optimalitet og egenskaper ved metodene. Prediksjonsfeil metoder, instrumentelle variable metoder, maksimum likelihood metoden.

Undervisningsform: Forelesninger og øvinger. Det vil bli gitt en prosjektoppgave.

Pensumlitteratur: Utvalg fra bøker og tidsskrifter.

## **MAGNETOTERMISKE BEREGNINGER**

### **Magneto Thermal Calculations**

Faglærer: Professor Svein Thore Hagen

Uketimer: Høst: 3F- 4Øs- 6,7 D = 16,7 Bt/10 stp

Øvinger: O, karakter TE

Faget undervises annet hvert år. Det forutsettes grunnleggende kunnskaper innen elektromagnetisme og varmelære. Faget omfatter bruk av Finite Element Method (FEM)-beregninger av forskjellige eksempler innen elektrovarme generelt og induksjonsvarme spesielt. Det legges vekt på design av modeller med bruk av sterkt ulineære materialeegenskaper ved løsning av Maxwells og Fouriers ligninger. Det skal brukes egnet dataprogram som først beregner de elektromagnetiske forholdene ved første tidsskritt. Resultatene fra disse beregningene brukes til å finne effektutvikling i hver geometrisk node. Effektutviklingen vil gi grunnlag for en transient termisk beregning som gir temperaturfordelingen i hele geometrien. Den nye temperturfordelingen vil så gi nye verdier til materialparametrene siden disse kan være sterkt temperaturavhengige. Ved neste tidsskritt vil en så få endrede elektromagnetiske forhold i geometrien. Obligatoriske øvinger med datamaskin. Frivillige regneøvinger. Pensumlitteratur: Forelesningsnotater og utvalg bra bøker og tidsskrifter.

## **VITENSKAPSTEORI OG ETIKK**

### **Philosophy of Science and Etichs**

Faglærer: Førsteamanuenser Sven Arntzen / Otto Christenesen

Uketimer: Høst / vår= 1 semester =5 stp

Det kreves ingen spesielle kunnskaper i faget.

Eksamen: Bestått / Ikke bestått

Mål: Give candidates a thorough understanding of the philosophy of science and the development of scientific knowledge, as well as an introduction to the theory of ethics in relation to scientific work. The students should be able to understand and discuss the main perspectives proposed by important philosophers of science on what constitutes scientific knowledge and how it is obtained, as well as relevant ethical questions.

Fagbeskrivelse: Introduction to the philosophy and epistemology of science. Logical positivism and critical rationalism. Deductive and inductive principles. Falsification and experimentation. Limitations of falsificationism. Theories as structures, paradigms, and scientific revolutions. Social construction of scientific knowledge. Anarchistic theories of science. Science and ideology. New experimentalism and Bayesian approaches to the epistemology of science. Introduction to theory of ethics.

Læringsmetode og aktiviteter: Lectures, guided self-study, paper and article writing tasks. Essay

Pensumlitteratur:

1. Monographs: Chalmers, A. (1999). What is this thing called science, Open University Press, Buckingham, UK.
2. Collections of articles:
  - a. Compendium of original articles – one original article from each of the chapters in Chalmers (selected article subject to change annually)
  - b. Compendium of recent articles and book chapters on selected topics, including research ethics.

## **MULTI SENSOR DATA FUSJON - BRUK AV FUZZY LOGIKK OG NEVRALE NETTVERK**

### **Multi Sensor Data Fusion - Using fuzzy logic and neural networks**

Faglærer: Professor Saba Mylvaganam

Uketimer: Høst og vår: 5F-4Ø-6D = 20Bt/12.5stp.

Øvinger: O, Karakter: TE

Emnet passer for studenter på doktorgradsnivå som ønsker en grunnleggende forståelse for multi sensor data fusjon (MSDF). Emnet omhandler både militære og sivile bruksområder, men mye av forskningen frem til i dag har vært relatert til militære bruksområder. Ikke militære bruksområder blir vektlagt.

Emnet vil gi innføring i generelle MSDF modeller, inklusive fuzzy logikk og nevrale nettverk. Emnet vil også ta for seg en del grunnleggende behov og krav til algoritmer, som skal gjøre studentene i stand til å kunne vurdere eksisterende algoritmer, samt å vurdere andre/nye løsninger for algoritmer til bruk på MSDF problemer.

Fag inneholder blant annet (i) Ulike typer nevrale nettverk, anvendelser og trening av nettverk (ii) Grunnleggende fuzzy set teori og avanserte fuzzy logikk anvendelser, (iii) Multi sensor data fusjon og implementering i praktisk sammenheng.

Faget vurderes etter følgende vektning: 20% øvinger, 30% semesteroppgave (PBL) og 50% skriftlig "ta med hjem" eksamen med muntlig slutteksaminasjon.

Deltakelse i et relevant nasjonalt eller internasjonalt seminar er obligatorisk

Pensum litteratur:

C.W. de Silva, *Intelligent Control, Fuzzy Logic Applications*, ISBN 0849379822, CRC Press, 1995, Side 23 til 145

M.T.Hagan, H.B. Demuth, M. Beale, *Neural Network Design*, ISBN 0534943322, PWS-Kent Publishing US, 1996, Side 10.1-10.44, 11.1-11.47, 12.1-12.52, 14.1-14.44

D.L.Hall, J.Llinas, *Handbook of Multi Sensor Data Fusion*, ISBN 0849323797, CRC Press, 2001, Kapittel 1, 3, 4 og 6

R.R. Brooks, S.S.Iyengar, *Multi Sensor Fusion*, ISBN 0139016538, Prentice Hall, 1997

Kapittel 1, 2, 3, 9, 10 og 12

10 Utvalgte og aktuelle, artikler

## **MODELLERING FOR REGULERINGSFORMÅL**

### **Modeling for Control**

Faglærer: Professor Bernt Lie

Uketimer Forelesninger/kollokvie : 10 stp.

Øvinger: godkjent semesteroppgave Eksamen: TE

1 semester. Det gis bare undervisning dersom et tilstrekkelig antall studenter er påmeldt, og dersom instituttet har undervisningskapasitet. Det er ingen adgangsbegrensning.

Anbefalte kunnskaper er "Modellering og simulering av dynamiske systemer"

Eksamensformen er avhengig av hantall studenter. Det er ingen krav til forkunnskaper.

Læringsmål

Studentene skal kjenne bakgrunnen for mekanistiske prinsipper for modellering av dynamiske systemer (balanselover, transportlover, termodynamiske prinsipper, etc.), spesielle krav som stilles til modeller for on-line anvendelser, og kjenne de vanligste forenklede antakelser.

Studentene skal kunne anvende prinsipper og antakelser til å utvikle velformulerte modeller for reguleringsformål, og kunne diskutere bruksområder og begrensninger for modeller.

Faglig innhold

Dimensjonsløse tall og -grupper, og krav til velformulerte modeller. Makroskopiske balanselover. Fundamentale termodynamiske sammenhenger, transformasjoner av størrelser, og valg av tilstander. Termodynamisk likevekt i multikomponent-systemer. termodynamikk,

entropiproduksjon, og transportlover. Dimensjonsløse grupper og materiallover. Anvendelser av mekanistiske modeller for reguleringsformål.

Pensumlitteratur:

Stichlmaier, J.G. (2002). *Scale-up Engineering*. Pensum: pp. 1 – 203.

Bird, R.B., Stewart, W.E., Lightfoot, E.N. (2002). *Transport Phenomena*, second ed., Wiley, New York. Pensum: pp. 197 – 230, 454 – 486, 726 – 763, + oversikt over transportlover.

Callen, H.B. (1985). *Thermodynamics and an introduction to Thermostatistics, second edition*. Wiley, New York. Pensum: pp. 1 – 202.

Kondepudi, D., Prigogine, I. (1998). *Modern thermodynamics. From heat engines to dissipative structures*. Wiley, New York. Pensum: pp. 333 – 404.

Weiss, M., and Preisig, H.A. (2000). “Structural Analysis in the Dynamical Modelling of Chemical Engineering Systems.” *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems*, **6:4**, pp. 325-364.

## MODELLREDUKSJON

### Model Reduction

Faglærer: Professor Bernt Lie

Uketimer Forelesninger/kollokvie : 10 stp.

Øvinger: godkjent semesteroppgave Eksamen: TE

1 semester. Det gis bare undervisning dersom et tilstrekkelig antall studenter er påmeldt, og dersom instituttet har undervisningskapasitet. Det er ingen adgangsbegrensning.

Anbefalte kunnskaper er ”Modellering og simulering av dynamiske systemer ”

Eksamensformen er avhengig av hantall studenter. Det er ingen krav til forkunnskaper.

Læringsmål

Studentene skal kjenne krav som stilles til dynamiske modeller for on-line anvendelser, f.eks. innen estimering og optimering. Studentene skal kjenne og beherske metoder for å finne approksimative modeller av lav (-ere) orden for komplekse modeller av store systemer. Studentene skal kunne diskutere bruksområder og begrensninger for metodene for modellreduksjon.

Faglig innhold

Oversikt over on-line anvendelser av dynamiske modeller. Relevante tidsskalaer og modellstivhet. Regulær og singular perturbasjon, kvasistatisk approksimasjon, reaksjoner og reaksjonsinvariante – konsekvenser for modelløsning. Oversikt over lineær algebra, systemteori og vektorrom for lineære dynamiske systemer. Modellbeskrivelser og SVD-baserte approksimasjoner for lineære og ikkelineære systemer. Krylov-baserte approksimasjoner. SVD-Krylov metoder.

Pensumlitteratur:

Logan, D.J. (1987). *Applied Mathematics. A contemporary approach*. John Wiley & Sons, New York. Pensum: pp. 34 – 84.

Holmes, M.H. (1995). *Introduction to Perturbation Methods*. Springer, New York. Oversikt.

Ray, W.H. (1969). “The Quasi-steady-state Approximation in Continuous Stirred Tank Reactors”. *Can. J. Chem. Eng.*, Vol. 47. Pensum: pp. 503-508.

Fjeld, M., Asbjørnsen, O.A., and Åström, K.J. (1974). “Reaction Invariants and their Importance in the Analysis of Eigenvectors, State Observability and Controllability of the Continuous Stirred Tank Reactor”. *Chem. Eng. Sci.*, Vol. 29. Pensum: pp. 1917-1926.

Antoulas, A.C. (2005). *Approximation of Large-Scale Dynamical Systems*. SIAM, Pittsburgh. Pensum: pp. 1 – 388.