

## **HØGSKOLEN I TELEMARK (HiT)**

### **Avdeling for teknologiske fag**

Bachelor i ingeniørfag, Mastergradsutdanning og dr.gradsutdanning

Adresse: Kjølnes, 3914 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 Dekanus i spørsmål som angår forskning og dr.ing.-utdanning. Dette inkluderer også behandling av søknader om opptak til dr.ing.studiet samt studieplaner for dr.ing.studiet. Utvalget har følgende sammensetning:

Professor Rune Bakke

Professor Morten C. Melaaen

Førsteaman. Svein Thore Hagen

Førsteaman. Sigmund Kalvenes

Ph.D.stipendiat Ali Ghaderi

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; Industriell-, energi- og miljøteknologi, Kybernetikk og Industriell IT og Prosessteknikk. Studiet 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 2003/-04 21 dr.ing.stipendiater (hvorav 12 eksternt finansiert).

### **Generelt om dr.ing.studiet**

Dr.ing.studiet ved HiT gjennomføres i henhold til den inngåtte intensjonsavtalen med NTNU. Dette betyr i hovedsak at HiT gjennom sitt dr.ing.utvalg søker dr.gradsutvalget ved NTNU om godkjenning av studieopplegg for sine stipendiater. I henhold til intensjonsavtalen vil vitenskapelig personell ved masterutdanningen i ingeniørfag ved HiT kunne 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 i mastergradsutdanningen.

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.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 dr.ing.fag:**

Fagnr	Fagtittel	Sem	Høst				Vår				Bt	Stp	Kar
			F	Øu	Øs	D	F	Øu	Øs	D			
	Pulvermekanikk	H04	4		4	8					20	12	TEØ
	Videregående Strømningsprosesser	H03	4		4	8					20	12	TE
	Feildiagnose i dynamiske systemer	V05					4		4	8	20	12	TE
	Masse-og varmetransport i prosessutstyr	V04					4		4	8	20	12	TE
	Fornybare ressurser	V05					2		2	4	10	6	TE
	Videregående Multivaraiat dataanalyse	V04											
	Permeasjonsprosesser i polymere materialer	V04					2		2	6	12	7,5	TE
	Videregående forbrenning	V05					4		4	8	20	12	TE
	Biotermodynamikk	V04	2		4	14					20	12	TEØ
	Lineær systemteori	H04	4		3	5					16	9	TE
	Systemidentifikasjon	V05					3		3	6	15	9	TE

V er vårsemester

H er høstsemester

Se forøvrig hjemmesiden til doktorgradsutdanningen HiT/NTNU under følgende adresse:  
<http://www-pors.hit.no/tf/doktorgradsutdanning/>

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

Professor Rune Bakke

Professor Dag Bjerketvedt

Professor Morten Chr. Melaaen

Professor Il Gisle G. Enstad

Professor Il Are Mjaavaten

Professor Knut L. Seip (permisjon)

Førsteaman. Randi T. Holta

Førsteaman. Vidar Mathiesen

Førsteaman. Mladen Jechenica

Førsteaman. Paal Chr. Friberg

Førsteaman. Magnar Ottøy

**Avhandling**

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

-Pulverteknologi

-Strømningsprosesser

-Prosessintegrasjon

-Prosessutstyr

- Membranteknologi
- Kjemometri
- Renseteknologi
- Økologi- og livsløsanalyser
- Forbrenning og energiteknikk
- Kost/nytteanalyser - økologisk modellering

### **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
- Homogenisering
- 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 strømningsmønster, 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.

### **Prosessintegrasjon**

Systematiske og generelle metoder for design av integrerte prosessanlegg med spesiell vekt på effektiv bruk av energi og å redusere miljømessige effekter.

Mer spesifikt studeres reaktorsystemer, separasjonssystemer (særlig destillasjon), varmevekslernettsverk og utilitysystemer (herunder betraktninger omkring mekanisk og termisk energi). På metodesiden benyttes og videreutvikles termodynamisk baserte metoder som er kjent under begrepet Pinch Analyse, optimaliseringsteknikker så som Matematisk Programmering og den mer klassiske Eksergianalyse.

Det er et nært samarbeid med Institutt for Kjemiteknikk ved NTNU på området Dataassistert Kjemiteknikk, hvor to hovedtemaer er (1) optimal utforming av kjemiske prosessanlegg, og (2) regulerbarhet av integrerte kjemiske prosessanlegg. Det er også nært samarbeid med Institutt for termisk energi og vannkraft ved NTNU innen Prosessintegrasjon.

### **Prosessutstyr og flerfasestrømning**

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 bli 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, materialeegenskaper, 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 kontaktorer for absorpsjon eller desorpsjonsprosesser. Enkelte prosjekter fokuserer også på membranseparasjon i vandige løsninger.
- Undersøkelser av materialeegenskaper hos polymere membraner (strukturelt/kjemisk/-fysikalsk) er en integrert del av membranforskningen (karakterisering og testing av separasjonsegenskaper).
- Prosess simuleringer for (integreerte) membranløsninger og moduldesign

### **Renseteknologiområdet omfatter:**

- prosessutvikling for vann- og avløpsrensing
- modellering av renseprosesser og restproduktteknologi
- implementering av bioprosesser i ulike industrielle sammenhenger

### **Forbrennings energiteknikkområdet omfatter:**

- gasseksplosjoner/teknisk sikkerhet
- alternative brensel/energigjenvinning/hydrogen
- miljøkonsekvenser ved forbrenning

### **Kost/nytte - økologisk modelleringsområdet omfatter:**

- beslutning under sikkerhet
- kost/nytteanalyser
- verdsetting av miljøgoder
- ikke-lineær prosessbeskrivelse/chaosteorier

### **Generell økologi - livsløpsanalyser området omfatter:**

- generell økologi, spesielt akvatisk økologi
- "sunnhetsparametere" for økologiske systemer
- livsløpsanalyser

### **Industriell termodynamikk omfatter:**

- algoritmer for beregning av termodynamiske likevekter i f.eks. olje/gass, mineralgjødelse, saltmelter, vandige systemer og forbrenningsgasser.
- kalorimetrisk undersøkelse av væsker og faste stoffer i temperaturområdet 50-500 o C (bestemmelse av fordampningsvarme, reaksjonsvarme og varmekapasitet).
- fysikalsk modellering av komplekse blandinger som f.eks. saltmelter og faste løsninger.
- prosesssimulering med hovedvekt på løsning av koplede masse- og energibalanser.
- innhenting/beregning/estimering av fysikalske og termodynamiske egenskaper for ren stoffer og blandinger.

**(NYTT FAG SKAL INN HER biotermodynamikk)**

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

Professor Saba Mylvaganam

Førsteaman. David Di Ruscio

Førsteaman. Svein Thore Hagen

Førsteaman. Bernt Lie

Førsteaman. Rolf Ergon

Førsteaman. Magne Waskaas

Førsteaman. Maths Halstensen

### **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

### **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 tilstandsvariable og kvalitetsparametre
- estimeringsteknikk og kunnskapsbaserte metoder for deteksjon av feil i prosess, måleutrustninger,
- styresystem eller operatørfeil
- Operatørstøttesystemer .
- rådgiving 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 sensor, signaler, modell, system, datalogging, programmering og presentasjon (som vi kaller S2MSDP2 vinkling i prosessmåling og sensorikk) av måledata hvor fokus blir på dagens kunnskapsnivå. Innenfor emneområdet skal også mikrosensorikk få sin plass på grunn av fremragende utvikling i de siste årene som også 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. 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 doktorgrads- og hovedoppgavestuderende med felles - i tillegg til individuell kjemometrisk veiledning.

**DR.ING.EMNER VED HiT****PULVERMEKANIKK****Mechanics of Particulate Solids**

Faglærer: Professor II Gisle G. Enstad

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

Øvinger: O Karakter: TEØ

Faget undervises annet hvert år, neste gang høsten 2004. 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.

**VIDEREGÅENDE STRØMNINGSPROSESSER****Advanced Fluid Flow Processes**

Faglærer: Førsteamanuensis Vidar Mathiesen

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

Øvinger: F Karakter: TE

Faget undervises annet hvert år, neste gang høsten 2003. 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. Integreerte 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 annet hvert år, neste gang våren 2005. 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: 4F- 4Øs- 8D = 20Bt/12stp.

Øvinger: F Karakter: TE

Faget undervises annet hvert år, neste gang våren 2004. Det forutsettes kunnskap tilsvarende HiT fagene "Prosessutstyr og -modellering", Analyse av strømningsprosesser".

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 tidsskriftartikler.

## **FORNYBARE RESSURSER**

### **Renewable Resources**

Faglærer: Professor Knut L. Seip

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

Øvinger: F Karakter: TE

Faget undervises som et seminar over matematisk bioøkonomi og høsting av fornybare ressurser.

Faget inneholder: elementær populasjonsdynamikk, økonomiske modeller for høsting av fornybare ressurser, optimal kontroll teori, tilbud og etterspørsel, teorier for regulering av ressurser, modeller for samvirke mellom flere arter.

Pensumlitteratur:

Colin W. Clark: 1990. Mathematical bioeconomics. The optimal management of renewable resources.

Wiley - Interscience. Tom Tientenberg: 1992. Environmental and natural resource economics. HarperCollins.

Tidsskriftartikler.

## **VIDEREGÅENDE MULTIVARIAT DATA ANALYSE**

### **Advanced Multivariate Data Analysis**

Faglærer: Førsteam. Maths Halstensen og gjesteforelesere

Uketimer: Vår: 2F- 2Øs- 4D = 10Bt/6 stp.

Øvinger: Etter behov Karakter: TE

Faget gis annet hvert år, neste gang våren 2004. 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

.Multivariat bildeanalyse (MIA) - Multivariat bilderegresjon (MIR)

.Multivariat teksturbeskrivelse (MIX)

.AMT (Angle Measure Technique)

.Parallele koordinater

.PPM (Plant-wide Process Monitoring)

.3-way data decomposition (N-way)

Frivillige øvinger vil vanligvis bli tilbudt, avhengig av maskinpark og sw/hw-fasiliteter.

Pensumlitteratur:

Agnar Høskuldsson: Prediction methods in the Sciences (1996).

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

Martens & Næs: Multivariate Calibration, Wiley.



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

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

Faglærer: Førsteamanuensis Magnar Ottøy

Uketimer: Vår: 2F- 2Øs- 6D = 12Bt/2,15 STP

Øvinger: F Karakter: TE

Faget tilbys annet hvert år, neste gang våren 2004.

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 materialegenskapers 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, neste gang våren 2005.

Det forutsetter at kandidaten har grunnleggende kunnskaper innen forbrenning tilsvarende HiT-faget "Forbrenningsprosesser". Faget omhandler fundamentale aspekter ved forbrenning og forbrenningsteori. Konserveringsligningene og reaksjonskinetikk blir behandlet.

Fenomener som forblandede flammer, diffusjonsflammer, dråpeforbrenning, eksplosjoner, detonasjoner, tenning, turbulent strømning, turbulent forbrenning og forbrenning av fastbrensel blir gjennomgått.

Pensumlitteratur:

Utvalg fra bøker og tidsskrifter.

## **(NYTT FAG SKAL INN HER biotermodynamikk)**

## **LINEÆR SYSTEMTEORI**

### **Linear System Theory**

Faglærer: Førsteaman. Bernt Lie

Uketimer: Høst: 4F- 3Øs- 5D = 16Bt/9 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 matrisebrøkbeskrivelse. 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: Førsteaman. David Di Ruscio

Uketimer: Vår: 3F- 3Øs- 6D = 15Bt/9 stp.

Øvinger: O Karakter: TE

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 statistisk 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.

**BIOENERGITEKNIKK****Bioenergetics**

Faglærer: Rune Bakke, Puhulwella Gamacharige Rathnasiri

Uketimer: 2F- 4Ø- 14D = 20Bt/4 stp.

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. Lichtentaler, E.G. de Azevedo: Molecular. Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria, 3<sup>rd</sup> 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, 5<sup>th</sup> ed, McGraw-hill 1996, s. 315-356, 366-410.