



# Studieordning for bacheloruddannelsen i matematik- teknologi

Aalborg Universitet  
September 2018

**Forord:**

I medfør af lov 261 af 18. marts 2015 om universiteter (Universitetsloven) med senere ændringer fastsættes følgende studieordning. Uddannelsen følger endvidere fællesbestemmelserne og tilhørende eksamensordning ved Det Ingeniør- og Naturvidenskabelige Fakultet, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet og Det Tekniske Fakultet for IT og Design.

## Indholdsfortegnelse

Kapitel 1: Studieordningens hjemmel mv. ....	2
1.1 Bekendtgørelsesgrundlag .....	2
1.2 Fakultetstilhørsforhold .....	3
1.3 Studienævnstilhørsforhold.....	3
1.4 Censorkorps .....	3
Kapitel 2: Optagelse, betegnelse, varighed og kompetenceprofil .....	3
2.1 Optagelse .....	3
2.2 Uddannelsens betegnelse på dansk og engelsk .....	3
2.3 Uddannelsens normering angivet i ECTS.....	3
2.4 Eksamensbevisets kompetenceprofil .....	3
2.5 Uddannelsens kompetenceprofil: .....	4
Kapitel 3: Uddannelsens indhold og tilrettelæggelse .....	5
3.1 Modulbeskrivelser for 1. semester.....	8
3.1.0 Studiestartsprøve .....	8
3.1.1 Projektmoduler for 1. semester.....	9
3.1.2 Kursusmoduler for 1. semester.....	11
3.2 Modulbeskrivelser for 2. semester.....	14
3.2.1 Projektmodul for 2. semester.....	14
3.2.2 Kursusmoduler for 2. semester.....	15
3.3 Modulbeskrivelser for 3. semester.....	19
3.3.1 Projektmodul for 3. semester.....	19
3.3.2 Kursusmoduler for 3. semester.....	20
3.4 Modulbeskrivelser for 4. semester.....	23
3.4.1 Projektmodul for 4. semester.....	23
3.4.2 Kursusmoduler for 4. semester.....	24
3.5 Modulbeskrivelser for 5. semester.....	27
3.5.1 Projektmodul for 5. semester.....	27
3.5.2 Kursusmoduler for 5. semester.....	28
Students who complete the module must:.....	30
3.6 Modulbeskrivelser for 6. semester.....	31
3.6.1 Projektmodul for 6. semester.....	31
3.6.2 Kursusmoduler for 6. semester.....	32
Kapitel 4: Ikrafttrædelse, overgangsregler og revision.....	39
Kapitel 5: Andre regler .....	39
5.1 Regler om skriftlige opgaver, herunder bachelorprojektet .....	39
5.2 Regler om merit, herunder mulighed for valg af moduler, der indgår i en anden uddannelse ved et universitet i Danmark eller udlandet .....	39
5.3 Regler om forløb af bacheloruddannelsen.....	39
5.4 Eksamensregler .....	39
5.5 Dispensation .....	39
5.6 Regler og krav om læsning af tekster på fremmedsprog .....	40
5.7 Uddybende information .....	40

## ***Kapitel 1: Studieordningens hjemmel mv.***

### **1.1 Bekendtgørelsesgrundlag**

Bacheloruddannelsen er tilrettelagt i henhold til Uddannelses- og Forskningsministeriets bekendtgørelse nr. 1328 af 15. november 2016 om bachelor- og kandidatuddannelser ved universiteterne (Uddannelsesbekendtgørelsen) med senere ændringer og bekendtgørelse nr. 1062 af 30. juni 2016 om eksamen og censur ved universitetsuddannelser (Eksamensbekendtgørelsen). Der henvises yderligere til bekendtgørelse nr. 110 af 30. januar 2017

(Bacheloradgangsbekendtgørelsen) og bekendtgørelse nr. 114 af 3. februar 2015 (Karakterbekendtgørelsen) med senere ændringer.

### **1.2 Fakultetstilhørsforhold**

Bacheloruddannelsen hører under Det Ingeniør- og Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet.

### **1.3 Studienævnstilhørsforhold**

Bacheloruddannelsen hører under Studienævnet for Matematik, Fysik og Nanoteknologi

### **1.4 Censorkorps**

Uddannelsen er tilknyttet Ingeniøruddannelsernes landsdækkende censorkorps (elektronik-delen). Censorkorpset for matematik kan også anvendes.

## ***Kapitel 2: Optagelse, betegnelse, varighed og kompetenceprofil***

### **2.1 Optagelse**

Optagelse forudsætter en gymnasial uddannelse.

I medfør af Adgangsbekendtgørelsen er uddannelsens specifikke adgangskrav:

- Dansk A
- Engelsk B
- Matematik A og
- Fysik B

### **2.2 Uddannelsens betegnelse på dansk og engelsk**

Bacheloruddannelsen giver ret til betegnelsen bachelor (BSc) i teknisk videnskab (matematik-teknologi). Den engelske betegnelse: Bachelor of Science (BSc) in Engineering (Mathematical Engineering).

### **2.3 Uddannelsens normering angivet i ECTS**

Bacheloruddannelsen er en 3-årig forskningsbaseret heltidsuddannelse. Uddannelsen er normeret til 180 ECTS.

### **2.4 Eksamensbevisets kompetenceprofil**

Nedenstående vil fremgå af eksamensbeviset:

En bachelor har kompetencer erhvervet gennem et uddannelsesforløb, der er foregået i et forskningsmiljø.

En bachelor har grundlæggende kendskab til og indsigt i sit fags metoder og videnskabelige grundlag. Disse egenskaber kvalificerer bacheloren til videreuddannelse på et relevant kandidatstudium samt til ansættelse på baggrund af uddannelsen.

## 2.5 Uddannelsens kompetenceprofil:

En person, der dimitterer med en bachelorgrad i matematik-teknologi, skal have følgende viden, færdigheder og kompetencer:

### *Viden*

- Dimittenden skal
- have viden om teori, metode og praksis inden for matematik og teknisk videnskab, herunder matematisk analyse, lineær algebra, matematisk statistisk og sandsynlighedsregning, numerisk analyse og videnskabelige beregninger i forbindelse med signaler, systemer, informations processering, m.v.
  - kunne forstå og reflektere over teorier og metode inden for matematik og teknisk videnskab

### *Færdigheder*

- Dimittenden skal
- kunne anvende flere fagområders metoder og redskaber samt kunne anvende færdigheder, der knytter sig til beskæftigelse med problemstillinger inden for matematik og teknisk videnskab
  - kunne vurdere teoretiske og praktiske problemstillinger samt begrunde og vælge relevante løsningsmodeller
  - kunne formidle faglige problemstillinger og løsningsmodeller til fagfæller og ikke-specialister eller samarbejdspartnere og brugere

### *Kompetencer*

- Dimittenden skal
- kunne håndtere komplekse og udviklingsorienterede situationer i studie- eller arbejdssammenhænge
  - selvstændigt kunne indgå i fagligt og tværfagligt samarbejde med en professionel tilgang
  - kunne identificere egne læringsbehov og strukturere egen læring i forskellige læringsmiljøer

### ***Kapitel 3: Uddannelsens indhold og tilrettelæggelse***

Uddannelsen er modulopbygget og tilrettelagt som et problembaseret studium. Et modul er et fagelement eller en gruppe af fagelementer, der har som mål at give den studerende en helhed af faglige kvalifikationer inden for en nærmere fastsat tidsramme angivet i ECTS-point, og som afsluttes med en eller flere prøver inden for bestemte eksamensterminer. Prøven er angivet og afgrænset i studieordningen.

Uddannelsen bygger på en kombination af faglige, problemorienterede og tværfaglige tilgange og tilrettelægges ud fra følgende arbejds- og evalueringsformer, der kombinerer færdigheder og faglig refleksion:

- forelæsninger
- klasseundervisning
- projektarbejde
- workshops
- opgaveløsning (individuel og i grupper)
- lærerfeedback
- faglig refleksion
- porteføljearbejde

**Uddannelsesoversigt:**

Alle moduler bedømmes gennem individuel gradueret karakter efter 7-trinsskalaen *eller* bestået/ikke bestået (B/IB). Alle moduler bedømmes ved ekstern prøve (ekstern censur) eller intern prøve (intern censur eller ingen censur).

Semester	Projekt = P Kursus = K	Modul	ECTS	Bedømmelse	Prøve
MATTEK1	K	Studiestartsprøve	-	G/IG	Intern
	P	Introduktion til projektarbejde (P0)	5	B/IB	Intern
	P	Simulering af teknologiske systemer (P1)	10	7-trinsskala	Intern
	K	Calculus	5	7-trinsskala	Intern
	K	Problembaseret læring i videnskab, teknologi og samfund	5	B/IB	Intern
	K	Matematisk modellering og simulering af teknologiske systemer I	5	B/IB	Intern
MATTEK2	P	Anvendt lineær algebra inden for teknologi (P2)	15	7-trinsskala	Ekstern
	K	Lineær algebra	5	7-trinsskala	Intern
	K	Computerstøttede beregninger	5	7-trinsskala	Intern
	K	Dataopsamling	5	B/IB	Intern
MATTEK3	P	Dynamiske systemer	15	7-trinsskala	Intern
	K	Analyse 1	5	7-trinsskala	Ekstern
	K	Lineær algebra med anvendelser	5	7-trinsskala	Intern
	K	Matematisk modellering og simulering af teknologiske systemer II	5	7-trinsskala	Ekstern
MATTEK4	P	Signaler og systemer	15	7-trinsskala	Ekstern
	K	Sandsynlighedsregning	5	7-trinsskala	Intern
	K	Diskret-tids systemer	5	7-trinsskala	Ekstern
	K	Anvendt harmonisk analyse	5	B/IB	Intern
MATTEK5	P	Statistisk modellering og analyse af tekniske systemer	15	7-trinsskala	Intern
	K	Optimeringsmetoder	5	B/IB	Intern
	K	Statistisk inferens for lineære modeller	5	B/IB	Intern
	K	Stokastiske processer	5	B/IB	Intern
MATTEK6	P	Bachelorprojekt	15	7-skala	Ekstern
	K	Videnskabelige beregninger (SPA/VGIS)**	5	7-skala	Intern
	<i>Den studerende skal følge to valgfag*:</i>				
	K	Tidsrækkeanalyse og økonometri (MAT6ØK)	5	7-skala	Intern
	K	Komplekse funktioner (MAT4)	5	B/IB	Intern
	K	Integrationsteori (MAT6)	5	7-skala	Ekstern
	K	Rumlig statistik og Markovkæde Monte Carlo metoder (MATTEK6)	5	B/IB	Intern
	K	Grafteori (MAT6)	5	B/IB	Intern
	Sum			180	

\*) Studienævnet fastlægger, hvilke valgfag der udbydes forud for hvert undervisningsår.

\*\*) Hvis kurset sammenlæses med andre studieretninger, og kurset er hjemmehørende og beskrevet i en anden studieordning, er dette angivet i tabellen.

### ***Videnskabsteori og videnskabelig metode***

Videnskabsteori og videnskabelig metode indlæres gennem kursusaktiviteterne Problembaseret læring i videnskab, teknologi og samfund (1. sem.), Sandsynlighedsregning (4. sem.) og Statistisk inferens for lineære modeller (5. sem.) og bringes i anvendelse i projektmodulet Statistisk modellering og analyse (5. sem.).

### ***Valgfag***

Bacheloruddannelsen giver den studerende valgfrihed til individuel profilering af sin uddannelse. Denne valgfrihed opnås med muligheden for valgfag på 6. semester.



### 3.1 Modulbeskrivelser for 1. semester

#### 3.1.0 Studiestartsprøve

##### Studiestartsprøve (Commencement of Studies Exam)

*Studiestartsprøven er ikke ECTS-givende og vil ikke fremgå af eksamensbeviset.*

**Mål:** Studiestartsprøvens formål er at fastslå, om de studerende reelt har påbegyndt uddannelsen. De studerende skal derfor deltage i og bestå studiestartsprøven for at kunne fortsætte på uddannelsen. Hvis de studerende ikke deltager i og består den ordinære studiestartsprøve eller reeksamen, bliver de udmeldt af studiet umiddelbart efter afholdelsen af reeksamen.

Studiestartsprøven vil blive afholdt i løbet af de første uger af semesteret.

**Indhold:** Studiestartsprøven er baseret på introduktionsforløbet og indeholder eksempelvis en række generelle spørgsmål om den studerendes forventninger til studiet og grundlaget for studievalget.

**Reeksamen:** Der afholdes én reeksamen i studiestartsprøven. Hvis ikke den studerende deltager i og består enten den ordinære studiestartsprøve eller reeksamen, vil den studerende blive udskrevet fra uddannelsen inden 1. oktober. Studienævnet kan dispensere fra reglerne vedrørende studiestartsprøven, såfremt der foreligger usædvanlige forhold.

**Prøveform:** Skriftlig prøve

**Bedømmelse:** Intern censur. De studerende modtager bedømmelsen "Godkendt" eller "Ikke godkendt" baseret på deres svar på den skriftlige prøve. Bedømmelsen "Godkendt" gives, når den skriftlige prøve er besvaret og afleveret.

**Klageadgang:** De studerende kan klage over studiestartsprøven til Universitetet. Klagen skal indgives til Universitetet senest to uger efter, at resultatet fra studiestartsprøven er meddelt. Hvis Universitetet ikke giver medhold i klagen, kan Universitetets afgørelse påklages til Styrelsen for Forskning og Uddannelse, såfremt klagen vedrører retlige spørgsmål.

### 3.1.1 Projektmoduler for 1. semester

#### Introduktion til projektarbejde (Introduction to Project Work). (P0)

Mål: Studerende der har gennemført modulet:

*Viden:*

- skal have kendskab til enkelte elementære begreber inden for den relevante projektvinkel/faglighed
- skal have et grundlæggende kendskab til arbejdsprocesserne i et projektarbejde, videnstildeling og samarbejde med vejleder

*Færdigheder:*

- skal kunne definere projektarbejdets mål og kunne skrive en konklusion, der besvarer projektarbejdets problemstilling
- skal kunne beskrive og analysere en eller flere projektvinkler
- skal kunne formidle projektets arbejdsresultater skriftligt, grafisk og mundtligt på en sammenhængende måde

*Kompetencer:*

- skal kunne reflektere over den problemorienterede og projektorgerede studieform og arbejdsprocessen
- skal kunne formidle de opnåede resultater fra projektarbejdet i en projektrapport
- skal kunne samarbejde omkring problemfeltets projektarbejde og foretage en fælles fremlæggelse af projektarbejdets resultater
- skal kunne reflektere over måder at formidle information til andre (skriftligt, mundtligt og grafisk)

Undervisningsform: Projektarbejde med vejledning. Under forløbet udarbejdes en P0-projektrapport og en P0-procesanalyse, og de studerende deltager i en P0-erfaringsopsamling og i et P0-fremlæggelsesseminar, hvor projektgruppens dokumenter diskuteres.

Prøveform: Gruppeeksamen baseret på fremlæggelsesseminar og projektrapport.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Simulering af teknologiske systemer (Simulation of Technical Systems) (P1)

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

### *Viden:*

- skal have viden om enkelte simple modeller baseret på calculus som benyttes til beskrivelse af teknologiske problemer
- skal have kendskab til emner og begreber inden for calculus, der er relevante ved løsning af udvalgte grundlæggende teknologiske problemer
- skal have kendskab til basal simuleringsteknik

### *Færdigheder:*

- skal kunne kommunikere de relevante matematiske teorier og deres anvendelse på teknologiske problemstillinger. Denne kommunikation skal både i skrift og tale kunne ske med korrekt anvendelse af matematiske begreber og symboler og stringente ræsonnementer
- skal kunne udføre en konkret analyse af et teknologisk problem vha. metoder fra calculus
- skal kunne udføre beregninger på simple modeller og validere de implementerede modeller og resultater

### *Kompetencer:*

- skal ud fra givne forudsætninger kunne ræsonnere og argumentere med begreber inden for calculus
- skal udvikle og styrke sin evne til mundtligt og skriftligt at kunne give en korrekt og præcis matematisk fremstilling
- skal kunne anvende begreber og værktøjer til problembaseret projektledelse og reflektere den problembaserede læring for gruppen i en skriftlig procesanalyse for hhv. P0 og P1 forløbet

Undervisningsform: Projektarbejde med vejledning. Projektarbejdet dokumenteres i en P1-projektrapport. Den studerende skal deltage i P1-erfaringsopsamling, udarbejde en P1-procesanalyse og deltage i fremlæggelsesseminar forud for eksamen

Prøveform: Gruppeeksamen baseret på fremlæggelsesseminar og projektrapport.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

### 3.1.2 Kursusmoduler for 1. semester

#### Calculus (Calculus)

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

*Viden:*

- skal have kendskab til definitioner, resultater og teknikker indenfor teorien for differentiation og integration af funktioner af to eller flere variable
- skal have kendskab til de trigonometriske funktioner og deres inverse funktioner
- skal have kendskab til beskrivelsen af simple flader i hhv. retvinklede-, polære-, og sfæriske koordinater
- skal have kendskab til de komplekse tal, deres regneregler og deres repræsentationer
- skal have kendskab til faktorisering af polynomier over de komplekse tal
- skal have kendskab til den komplekse eksponentialfunktion, dens egenskaber, og dens forbindelse med trigonometriske funktioner
- skal have kendskab til kurver i planen (både i rektangulære og polære koordinater) og rummet, parametrisering, tangentvektor og krumning for disse
- skal have kendskab til teorien for anden ordens lineære differentiaalligninger med konstante koefficienter

*Færdigheder:*

- skal kunne visualisere funktioner af to og tre variable ved hjælp af grafer, niveaukurver og niveauflader
- skal kunne foretage bestemmelse af lokale og globale ekstrema for funktioner af to og tre variable
- skal kunne bestemme areal, volumen, inertimoment og lignende ved anvendelse af integrationsteori
- skal kunne approksimere funktioner af en variabel ved hjælp af Taylors formel, og kunne anvende lineær approksimation for funktioner af to eller tre variable
- skal have færdighed i regning med komplekse tal
- skal kunne finde rødder i den komplekse andengradsligning og udføre faktorisering af polynomier i simple tilfælde
- skal kunne løse lineære andenordens differentiaalligninger med konstante koefficienter, generelt, og med begyndelsesbetingelser
- skal kunne ræsonnere med kurssets begreber, resultater og teorier, i simple konkrete og abstrakte problemstillinger

*Kompetencer:*

- skal udvikle og styrke sit kendskab til, forståelse af, og anvendelse af matematiske teorier og metoder inden for andre fagområder
- skal ud fra givne forudsætninger kunne ræsonnere og argumentere med matematiske begreber fra calculus

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Mundtlig eller skriftlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

**Problembaseret læring i videnskab, teknologi og samfund (Problem Based Learning in Science, Technology and Society) (PV)**

Mål: Efter kurset skal den studerende have:

Viden, der gør den studerende i stand til at:

- redegøre for grundlæggende læringsteori
- redegøre for teknikker til projektstyring og -planlægning
- redegøre for forskellige tilgange til problembaseret læring (PBL); herunder Aalborg modellen
- redegøre for forskellige tilgange og metoder til analyse og vurdering af naturvidenskabelige og matematiske problemstillinger og løsninger i et videnskabsteoretisk, etisk, og samfundsmæssigt perspektiv
- redegøre for teknikker til analyse af samarbejdet i projektgruppen og metoder til forbedring af samarbejdet

Færdigheder, der gør den studerende i stand til at:

- planlægge og styre et problembaseret projekt
- analysere samarbejdet i projektgruppen og reflektere over årsager til og anwise mulige løsninger på eventuelle gruppekonflikter
- analysere og vurdere egen studieindsats og læring med henblik på at optimere det videre studieforløb og studieindsats
- formidle et projektarbejde

Kompetencer, som gør den studerende i stand til at:

- indgå i et teambaseret projektarbejde
- reflektere over de anvendte metoder i et videnskabsteoretisk, etisk og samfundsmæssigt perspektiv
- reflektere og udvikle egen læring, herunder kollaborative læreprocesser i projektgruppen
- reflektere over sit professionelle virke i relation til det omgivende samfund

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel på baggrund af en skriftlig opgave.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Matematisk modellering og simulering af teknologiske systemer I (Mathematical Modelling and Simulation of Technological Systems I)

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

### *Viden:*

- skal have viden om, hvordan grundlæggende simple fysiske 'black-box' modeller konstrueres og testes
- skal have viden om 'black-box' modellens gyldighedsområde og deres begrænsninger.
- skal have viden om grundlæggende simuleringsteknik

### *Færdigheder:*

- skal kunne implementere grundlæggende beregningsopgaver i programmeringssproget Python
- skal kunne implementere simple modeller som et Python computerprogram
- skal kunne anvende Python til beregninger på simple modeller og validere de implementerede modeller og resultater
- skal kunne vurdere nødvendigt modelleringsniveau for et konkret fysisk modelleringsproblem

### *Kompetencer:*

- skal kunne opbygge en simpel model for et fysisk system
- skal kunne implementere en matematisk beskrevet model i Python programmeringssproget
- skal kunne bruge den computerimplementerede model til at analysere det fysiske system

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Mundtlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## 3.2 Modulbeskrivelser for 2. semester

### 3.2.1 Projektmodul for 2. semester

#### Anvendt lineær algebra inden for teknologi (Applied Linear Algebra for Technical Problems) (P2)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne på 1. semester. Lineær algebra, Computerstøttede beregninger samt Dataopsamling følges senest samtidigt.

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

##### *Viden:*

- skal have kendskab til numeriske metoder og værktøjer, som bruges inden for lineær algebra
- skal have viden om opsamling og repræsentation af tekniske data
- skal have viden om numeriske beregninger baseret på virkelige data
- skal have kendskab til og overblik over emner og begreber inden for lineær algebra, som er relevante ved løsning og analyse af et udvalgt teknologisk problem

##### *Færdigheder:*

- skal kunne udføre en konkret analyse af et teknologisk problem vha. metoder fra lineær algebra
- skal kunne anvende numerisk software til at analysere en konkret teknologisk problemstilling
- skal kunne kommunikere de relevante abstrakte matematiske teorier og deres anvendelse på teknologiske problemstillinger. Denne kommunikation skal både i skrift og tale kunne ske med korrekt anvendelse af matematiske begreber og symboler og stringente ræsonnementer

##### *Kompetencer:*

- skal ud fra givne forudsætninger kunne ræsonnere og argumentere med matematiske begreber inden for lineær algebra
- skal udvikle og styrke sin evne til mundtligt og skriftligt at kunne give en korrekt og præcis fremstilling af matematik og relaterede ingeniørmæssige problemstillinger

Undervisningsform: Afvikles som projektorienteret arbejde i grupper. Projektarbejdet dokumenteres i en P2-projektrapport, udarbejdelse af en P2-procesanalyse samt deltagelse i et fremlæggelsesseminar.

Prøveform: Gruppeeksamen baseret på fremlæggelsesseminar og projektrapport.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

### 3.2.2 Kursusmoduler for 2. semester

#### Lineær algebra (Linear Algebra)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulet Calculus.

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

##### Viden:

- skal have viden om definitioner, resultater og teknikker inden for teorien for lineære ligningssystemer
- skal have kendskab til lineære transformationer og deres sammenhæng med matricer
- skal have viden om computerværktøjet Matlab og dets anvendelse inden for lineær algebra
- skal have kendskab til simple matrixoperationer
- skal have kendskab til invertibel matrix og invertibel lineær afbildning
- skal have kendskab til vektorrummet  $R^n$  og underrum deraf
- skal have kendskab til lineær afhængighed og uafhængighed af vektorer, samt dimension og basis for underrum
- skal have kendskab til determinant for matricer
- skal have kendskab til egenværdier og egenvektorer for matricer og deres anvendelse
- skal have kendskab til projektioner og ortonormale baser
- skal have viden om første ordens differentialligninger, samt om systemer af lineære differentialligninger

##### Færdigheder:

- skal kunne anvende teori og regneteknik for lineære ligningssystemer til at afgøre løsbarehed, og til at bestemme fuldstændige løsninger og deres struktur
- skal kunne repræsentere lineære ligningssystemer ved hjælp af matrixligninger, og omvendt
- skal kunne bestemme og anvende reduceret echelonform af en matrix
- skal kunne anvende elementære matricer i forbindelse med Gauss-elimination og inversion af matricer
- skal kunne afgøre lineær afhængighed eller lineær uafhængighed af små systemer af vektorer
- skal kunne bestemme dimension af og basis for underrum
- skal kunne bestemme matrix for en givet lineær afbildning, og omvendt
- skal kunne løse simple matrixligninger
- skal kunne beregne invers af små matricer
- skal kunne bestemme dimension af og basis for nulrum og søjlerum
- skal kunne beregne determinanter og kunne anvende resultatet af beregningen
- skal kunne beregne egenværdier og egenvektorer for simple matricer
- skal kunne afgøre, om en matrix er diagonaliserbar, og i bekræftende fald gennemføre en diagonalisering, for simple matricer
- skal kunne beregne den ortogonale projektion på et underrum af  $R^n$
- skal kunne løse separable og lineære første ordens differentialligninger, generelt, og med begyndelsesbetingelser

##### Kompetencer:

- skal udvikle og styrke sit kendskab til, forståelse af, og anvendelse af matematiske teorier og metoder inden for andre fagområder
- skal ud fra givne forudsætninger kunne ræsonnere og argumentere med matematiske begreber inden for lineær algebra

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.



Prøveform: Mundtlig eller skriftlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Computerstøttede beregninger (Numerical Methods)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne på 1. semester.

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

### *Viden:*

- skal have viden om repræsentation af tal, afrunding og fejl
- skal have viden om iterativ løsning af ikke-lineær ligning i én variabel
- skal have viden om approksimation af funktioner, herunder Taylors formel
- skal have viden om interpolation
- skal have viden om numerisk differentialregning, herunder numerisk løsning af differentiaalligninger
- skal have viden om metoder til store beregninger
- skal have kendskab til konkrete numeriske beregningssoftware

### *Færdigheder:*

- skal kunne redegøre for teorien bag de væsentlige algoritmer til computerstøttet beregning, som er studeret i kurset
- skal kunne forklare den numeriske implementation af de behandlede algoritmer
- skal kunne løse konkrete problemer ved brug af computerstøttet beregning og være i stand til at vurdere resultaterne

### *Kompetencer:*

- skal kunne anvende numeriske metoder på relevante problemstillinger
- skal ud fra givne forudsætninger kunne ræsonnere og argumentere med begreber inden for numeriske metoder

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Mundtlig eller skriftlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Dataopsamling (Data Acquisition)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne på 1. semester.

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

### Viden:

- skal have viden om hvordan basalt dataopsamlingsudstyr er konstrueret (hardware og programmel)
- skal have viden om, hvilke ikke-ideelle effekter der kan påvirke kvaliteten af målinger
- skal have viden om typiske begrænsninger i dataopsamlingsudstyr som kan påvirke kvaliteten af målinger (fx dynamikområde, støj, frekvensvariation og ulinearitet)
- skal have viden om hvorfor og hvordan man kalibrerer måleudstyr
- skal have viden om flydende tals og faste tals repræsentation for måleværdier

### Færdigheder:

- skal på blokniveau kunne sammensætte et dataopsamlingsystem til et givet formål
- skal kunne specificere overordnede krav til dataopsamlingssystemets delblokke
- skal kunne vurdere og specificere eventuelt nødvendigt signaltilpasningskredsløb for at sikre korrekte målinger
- skal kunne vurdere målenøjagtighed
- skal kunne modellere og simulere primære ikke-ideelle effekter i opsamlingsudstyret og vurdere hvordan målenøjagtigheden kan forbedres om nødvendigt
- skal kunne specificere, designe, anvende og teste programmel til overførsel af måledata fra målesystemet til en computer
- skal kunne anvende dataopsamlingsudstyr til opsamling af analoge eller digitale signaler

### Kompetencer:

- skal have kompetencer i at specificere, designe (på blokniveau), sammensætte og anvende grundlæggende dataopsamlingsudstyr til givne formål
- skal have kompetencer i at modificere og tilpasse et eksisterende dataopsamlingsystem hvis den krævede målenøjagtighed ikke er til stede

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Mundtlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

### 3.3 Modulbeskrivelser for 3. semester

#### 3.3.1 Projektmodul for 3. semester

##### Dynamiske systemer (Dynamical Systems)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne på 2. semester. Analyse 1 samt Lineær algebra med anvendelser følges senest samtidigt.

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

*Viden:*

- skal have viden om modeller for konkrete dynamiske systemer med anvendelser inden for teknisk videnskab
- skal have kendskab til iterative og numeriske metoder og værktøjer, som kan bruges til simulering af dynamiske systemer
- skal have kendskab til og overblik over emner og begreber inden for lineær algebra og analyse, som er relevante ved løsning, ligevægtsanalyse og stabilitetsanalyse af dynamiske systemer

*Færdigheder:*

- skal kunne udføre en konkret analyse af lineære og evt. ikke-lineære dynamiske systemer, hvor analysen omfatter bestemmelse af ligevægtspunkter, stabilitet og evt. numerisk simulering
- skal kunne udpege relevante fokusområder til at vurdere og udvikle løsninger under hensynstagen til de sammenhænge inden for teknisk videnskab hvor løsningen skal indgå

*Kompetencer:*

- skal ud fra givne forudsætninger kunne ræsonnere og argumentere med matematiske begreber inden for lineær algebra og matematisk analyse
- skal udvikle og styrke sin evne til mundtligt og skriftligt at kunne give en korrekt og præcis matematisk fremstilling

Undervisningsform: Afvikles som projektorienteret arbejde i grupper.

Prøveform: Gruppeeksamen med udgangspunkt i projektrapporten.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

### 3.3.2 Kursusmoduler for 3. semester

#### Analyse 1 (Analysis 1)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne Lineær algebra og Calculus.

Mål: Studerende, der har gennemført modulet, skal opfylde følgende kriterier:

Viden:

- har viden om egenskaber ved de reelle tal
- har viden om reelle talfølger og deres konvergens
- har viden om konvergenskriterier for uendelige rækker med reelle led
- har viden om konvergenskriterier for potensrækker med reelle led
- har viden om kontinuerte funktioner af en og flere variable, og deres egenskaber
- har viden om differentiable funktioner af en variabel
- har viden om Riemann integralet af kontinuerte funktioner

Færdigheder:

- kan udlede og i skrift og tale give stringente beviser for centrale resultater fra reel analyse
- kan anvende resultaterne fra modulet på konkrete følger, rækker, og funktioner

Kompetencer:

- kan argumentere for anvendelighed af metoder fra kurset til løsning af både abstrakte og konkrete problemer inden for reel analyse

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel mundtlig eller skriftlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Lineær algebra med anvendelser (Linear Algebra with Applications)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne Lineær algebra og Calculus.

Mål: Studerende, der har gennemført modulet, skal opfylde følgende kriterier:

Viden:

- skal have viden om abstrakte vektorrum
- skal have viden om basis og dimension af endeligdimensionale vektorrum
- skal have viden om lineære afbildninger mellem vektorrum og deres matricer
- skal have viden om determinanter og deres anvendelser
- skal have viden om indre produkt og ortogonalitet, og deres anvendelser
- skal have viden om spektralsætningen for normale lineære afbildninger
- skal have viden om faktoreringsresultater for matricer og deres anvendelser

Færdigheder:

- kan udlede og i skrift og tale give stringente beviser for centrale resultater fra lineær algebra
- kan anvende faktoreringsætninger for matricer

Kompetencer

- kan gøre rede for sammenhængen mellem abstrakte vektorrum og konkrete vektorrum
- kan gøre rede for anvendelse af abstrakt lineær algebra til løsning af konkrete problemer

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel mundtlig eller skriftlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Matematisk modellering og simulering af teknologiske systemer II (Mathematical Modelling and Simulation of Technological Systems II)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne på 2. semester.

Mål: Studerende der gennemfører modulet

### *Viden:*

- skal have viden om forskellige modelleringsprocedurer og parameter identifikationsprocedurer
- skal have viden om hvordan man udfører grundlæggende fysiske eksperimenter for at bestemme modelparametre i en given model

### *Færdigheder:*

- skal kunne opstille en modelhypotese og modelidentifikationsprocedure for et givet simpelt modelleringsproblem
- skal kunne videreudvikle (syntesere) en modelhypotese til den repræsenterer det relevante modelleringsproblem for overholdelse af en given specifikation (for nøjagtighed, parameterområder mv.)
- skal kunne programmere model og involverede signaler via egenudviklede Python moduler/pakker
- skal kunne designe, modellere og simulere simple systemer indeholdende tilbagekobling
- skal kunne visualisere videnskabelige data

### *Kompetencer:*

- skal kunne udføre matematiske ræsonnementer angående den givne problemstilling
- skal kunne foreslå simple modifikationer for det givne system for at opnå en ønsket opførsel
- skal have kompetencer i at dokumentere den opstillede model med tilhørende matematisk analyse og eksperimenter i form af computersimuleringer således at arbejdet er reproducerbart

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Mundtlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

### 3.4 Modulbeskrivelser for 4. semester

#### 3.4.1 Projektmodul for 4. semester

##### Signaler og systemer (Signals and Systems)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne på 3. semester. Sandsynlighedsregning, Diskret-tids systemer og Anvendt harmonisk analyse følges senest samtidigt.

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

*Viden:*

- skal have viden om modeller for diskret-tids systemer med anvendelser inden for teknisk videnskab
- skal have kendskab til harmonisk analyse og dets anvendelser inden for diskret-tids systemer som de forekommer inden for teknisk videnskab

*Færdigheder:*

- skal kunne udføre en systemanalyse og opdele systemet i funktionsblokke
- skal kunne benytte filterteori til at udføre filtrering af konkrete signaler
- skal kunne udføre Fourier-analyse for specifikke deterministiske signaler
- skal kunne fortolke spektrogrammer for virkelige signaler

*Kompetencer:*

- skal ud fra givne forudsætninger kunne ræsonnere og argumentere med matematiske begreber inden for anvendt harmonisk analyse og diskret-tids systemer
- skal udvikle og styrke sin evne til mundtligt og skriftligt at kunne give en fyldestgørende og reproducerbar dokumentation af en systemanalyse

Undervisningsform: Afvikles som projektorienteret arbejde i grupper.

Prøveform: Gruppeeksamen med udgangspunkt i projektrapporten.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.



### 3.4.2 Kursusmoduler for 4. semester

#### Sandsynlighedsregning (Probability Theory)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne Analyse 1 og Lineær algebra med anvendelser.

Mål: Studerende, der har gennemført modulet, skal opfylde følgende kriterier:

Viden:

- har viden om grundlæggende begreber og metoder i sandsynlighedsregning
- har viden om sandsynlighedsbegrebet, herunder betinget sandsynlighed og uafhængighed
- har viden om en- og flerdimensionale stokastiske variable, herunder momenter og korrelation
- har viden om betingede fordelinger, herunder betinget middelværdi og betinget varians
- har viden om vigtige diskrete og kontinuerte fordelinger samt anvendelser af disse
- har viden om stokastisk simulering
- har viden om elementære stokastiske processer: Poissonprocesser og Markovkæder
- har viden om sandsynlighedsregningens historie og videnskabsteoretiske udvikling

Færdigheder:

- kan opstille og anvende sandsynlighedsteoretiske modeller på afgrænsede problemer
- kan redegøre for teorien bag de anvendte modeller

Kompetencer:

- kan vurdere anvendelsesmuligheder for sandsynlighedsregning
- kan tilegne sig supplerende viden og færdigheder inden for kursets emneområde

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel mundtlig eller skriftlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Diskret-tids systemer (Discrete-Time Systems)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne på 3. semester.

Mål: Studerende der gennemfører modulet

### *Viden:*

- skal have viden om til teorier for signaler og systemer i diskret-tid
- skal kunne forstå analyse- og syntesemetoder for diskret-tid signaler og systemer

### *Færdigheder:*

- skal kunne anvende tidsdomæneanalyse og differensligninger
- skal kunne anvende Nyquest' samplingsætning
- skal kunne anvende Fourier- og z-transformation
- skal kunne designe FIR og IIR digitale filtre

### *Kompetencer:*

- skal kunne forklare principperne for sampling af signaler i kontinuert-tid
- skal kunne designe og implementere algoritmer til digital filtrering i software
- skal kunne konvertere kontinuert-tids filtre til diskret-tids filtre ved brug af den bilineære
- skal kunne specificere og vurdere nødvendig samplingsfrekvens, kvantisering og filtertype for at opfylde given problemspecifikation
- skal kunne analysere diskret-tid signaler og -systemer i tids-, frekvens- og z-domænet
- skal kende sammenhænge og forskelle mellem Fourier-transformationen, den tids-diskrete Fourier-transformation og den diskrete Fourier-transformation

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Mundtlig eller skriftlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Anvendt harmonisk analyse (Applied Harmonic Analysis)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne på 3. semester.

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

*Viden:*

- kender til ortogonale funktioner
- kender til Fourier rækker og deres konvergens, herunder Gibbs fænomen
- kender til Fourier integraler og foldninger, herunder kort-tids Fourier transformen og spektrogrammer
- kender til diskrete signaler og analyse af sådanne vha. harmonisk analyse
- kender til filterteori
- kender til numeriske metoder inden for harmonisk analyse
- kender til Shannons sampling sætning
- har viden om anvendelse af harmonisk analyse inden for de tekniske videnskaber

*Færdigheder:*

- kan udregne Fourier rækker for specifikke simple funktioner
- kan udføre en filtrering af et konkret signal og fortolke spektrogrammer
- kan anvende harmonisk analyse på velafgrænsede problemer inden for ingeniørvidenskaberne

*Kompetencer:*

- skal kunne vurdere anvendelsesmuligheder for harmonisk analyse inden for de tekniske videnskaber
- skal kunne tilegne sig supplerende viden og færdigheder inden for kursets emneområde

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Mundtlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

### 3.5 Modulbeskrivelser for 5. semester

#### 3.5.1 Projektmodul for 5. semester

##### **Statistisk modellering og analyse af tekniske systemer (Statistical Analysis Applied in Technical Systems)**

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulet Sandsynlighedsregning. Statistisk inferens for lineære modeller skal følges sideløbende.

Mål: Studerende, der har gennemført modulet, skal opfylde følgende kriterier:

Viden:

- har viden om hvordan man opstiller en statistisk model med udgangspunkt i en konkret problemstilling fra et fagområde, der kan ligge uden for det matematiske
- har viden om hvordan man udfører statistisk inferens for en generaliseret lineær model
- har viden om, hvordan man udfører modelkontrol

Færdigheder:

- kan med udgangspunkt i en konkret problemstilling opstille en relevant generaliseret lineær model under hensyntagen til de tilgængelige data
- kan anvende statistisk software til at implementere og analysere en konkret statistisk model
- kan vurdere gyldigheden af opnåede resultater

Kompetencer

- kan kommunikere resultatet af en statistisk analyse til ikke-statistikere, der har en interesse i den behandlede problemstilling
- er i stand til at formidle opnået viden og færdigheder til et på forhånd fastlagt publikum
- kan ræsonnere om oprindelse og anvendelse af matematiske begreber og værktøjer i en given samfundsmæssig, historisk eller teknologisk kontekst (videnskabsteoretisk dimension)
- kan på egen hånd udvikle generaliserede lineære modeller, der passer til data
- har kendskab til videnskabsteoretiske aspekter vedrørende generaliserbarhed af statistiske analyser

Undervisningsform: Afvikles som projektorienteret arbejde i grupper.

Prøveform: Gruppeeksamen på baggrund af projektrapport.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

### 3.5.2 Kursusmoduler for 5. semester

#### Optimeringsmetoder (Optimization Methods)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne Lineær algebra og Computerstøttede beregninger.

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

*Viden:*

- kender til forskellige klasser af optimeringsproblemer
- kender til objektfunktioner med og uden sidebetingelser, global/local minima, konvekse/ikke-konvekse funktioner og mængder
- kender til dimensionalitetsbegrebet (eng. consequences of dimensionality)
- kender til gradient og optimal gradient metoder
- kender til Newton- og indre punktets metoder
- kender til såkaldte sine search metoder and stop kriterier
- kendskab til numeriske optimeringssoftware til ikke-lineær optimering
- kendskab til metoder til løsning af kombinatoriske

*Færdigheder:*

- skal kunne identificere klasser optimeringsproblemer
- skal kunne anvende optimeringsmetoder til at designe og implementere algoritmer til brug for kontinuert og diskret optimering
- skal kunne evaluere og vurdere performance af optimeringsalgoritmer
- skal kunne omskrive optimeringsproblemer til standard form og anvende moderne optimeringssoftware
- skal kunne forstå og evaluere de numeriske aspekter af optimeringsalgoritmer

*Kompetencer:*

- skal kunne formulere optimeringsproblemer som de forekommer inden for tekniske problemstillinger
- skal kunne anvende optimeringsteknikker inden for teknologi

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel mundtlig eller skriftlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

**Statistisk inferens for lineære modeller (Statistical Inference for Linear Models)**

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulet Sandsynlighedsregning.

Mål: Studerende, der har gennemført modulet, skal opfylde følgende kriterier:

Viden:

- har viden om, hvilke trin, der indgår i en statistisk analyse
- skal kende til den eksponentielle familie af fordelinger
- har viden om generaliserede lineære modeller, især lineære normale modeller
- har viden om estimation, herunder maksimum likelihood estimation
- har viden om statistisk inferens, herunder hypotesetest
- skal kende til eksempler på modelkontrol
- skal have kendskab til relevant statistisk software

Færdigheder:

- kan, vha. relevant statistisk software, udføre en statistisk analyse af et datasæt med udgangspunkt i en given generaliseret lineær model, herunder estimation, modelkontrol, hypotesetest og fortolkning
- kan redegøre for de matematiske egenskaber for en given generaliseret lineær model

Kompetencer:

- kan tilegne sig supplerende viden og færdigheder inden for kursets emneområde
- kan formulere sig korrekt i statistiske og sandsynlighedsmæssige termer
- har kendskab til videnskabsteoretiske argumenter som ligger til grund for formuleringen og test af videnskabelige hypoteser inden for statistisk inferens

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel mundtlig eller skriftlig prøve, eller løbende evaluering.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Stokastiske processer (Stochastic Processes)

Recommend academic prerequisites: The module builds on knowledge of Probability, Statistics, Linear Algebra, Fourier Theory, and Programming or equivalent.

Objective:

Students who complete the module must:

### Knowledge

- Have knowledge about the theoretical framework in which stochastic processes are defined.
- Be able to understand the properties of the stochastic processes introduced in the course, such as wide-sense stationary (WSS) processes, Auto Regressive Moving Average (ARMA) processes, Markov models, and Poisson point processes.
- Be able to understand how WSS processes are transformed by linear time-invariant systems.
- Be able to understand the theoretical context around the introduced estimation and detection methods ((non-parametric and parametric) spectral estimation, Linear Minimum Mean Square Error (LMMSE) estimation, Wiener filter, Kalman filter, detection of signals, ARMA estimation, etc.)

### Skills

- Be able to apply the stochastic processes taught in the course to model real random mechanisms occurring in engineering problems.
- Be able to simulate stochastic processes using a standard programming language.
- Be able to apply the taught estimation and detection methods to solve engineering problems dealing with random mechanisms.
- Be able to evaluate the performances of the introduced estimation and detection methods.

### Competencies

- Have the appropriate “engineering” intuition of the basic concepts and results related to stochastic processes that allow – for a particular engineering problem involving randomness – to design an appropriate model, derive solutions, assess the performance of these solutions, and possibly modify the model, and all subsequent analysis steps, if necessary.

Type of instruction: As described in the introduction to Chapter 3.

Exam format: Individual oral or written examination.

Evaluation criteria: As stated in the Joint Programme Regulations.

### 3.6 Modulbeskrivelser for 6. semester

#### 3.6.1 Projektmodul for 6. semester

##### Bachelorprojekt (BSc Project)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne på 5. semester.

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

*Viden:*

- skal have forskningsbaseret viden om teori, metode og praksis inden for matematiske fagområder og teknisk videnskab
- skal kunne forstå og reflektere over teori, videnskabelige metoder og praksis

*Færdigheder:*

- skal kunne anvende fagområdernes metoder og redskaber
- skal kunne vurdere teoretiske og praktiske problemstillinger inden for fagområderne samt begrunde og vælge relevante analyse- og løsningsmodeller
- skal kunne formidle faglige problemstillinger og løsningsmodeller til både fagfæller og ikkespecialister

*Kompetencer:*

- skal kunne håndtere komplekse og udviklings-orienterede situationer i studie- eller arbejdssammenhænge
- skal selvstændigt kunne indgå i fagligt og tværfagligt samarbejde med en professionel tilgang
- skal kunne identificere egne læringsbehov og strukturere egen læring i forskellige læringsmiljøer

Undervisningsform: Afvikles som projektorienteret arbejde i grupper.

Prøveform: Gruppeeksamen på baggrund af projektrapport.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.



### 3.6.2 Kursusmoduler for 6. semester

Den studerende skal følge Videnskabelige beregninger. Derudover skal den studerende vælge to kurser fra denne liste:<sup>1</sup>

- Tidsrækkeanalyse og økonometri
- Komplekse funktioner
- Integrationsteori
- Rumlig statistik og Markovkæde Monte Carlo metoder
- Grafteori

I alt skal den studerende følge 15 ECTS kursusmoduler.

#### Videnskabelige beregninger (Scientific Computing)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne på 5. semester.

Mål: Studerende der gennemfører modulet:

##### Viden:

- skal have viden om hardware og software platforme til videnskabelige beregninger
- skal have viden om mulige hastighedsgevinster ved brug af parallelisering (Amdahls lov / Gustafson-Barsis' lov ) under forskellige betingelser
- skal have viden om besked- og dataudveksling ved fordelte beregninger
- skal have viden om programmeringsteknik, fejlfinding, optimering mv.
- skal have viden om betydningen af numerisk nøjagtighed ved videnskabelige beregninger
- skal have viden om hvad der typisk karakteriserer problemspecifik videnskabelig beregningssoftware vs. generel brugerrettet kommerciel software
- skal have viden om en eller flere softwareudviklingsmetoder af relevans for udvikling af videnskabelig beregningssoftware

##### Færdigheder:

- skal være i stand til at omsætte de gennemgåede principper vedr. videnskabelige beregninger og softwareudvikling til praksis i det eller de i kurset anvendte programmeringssprog
- skal være i stand til at implementere computerprogrammer til at løse videnskabelige beregningsproblemer ved brug af parallelle beregningsenheder
- skal være i stand til at implementere computerprogrammer til at løse videnskabelige beregningsproblemer ved brug af distribuerede beregningsenheder eller højtydende specialiserede beregningsenheder (som fx GPU)
- skal være i stand til at fejlfinde, validere, optimere, benchmarke og profilere udviklede programmoduler
- skal være i stand til at vurdere ydeevnen af forskellige hardware arkitekturer til videnskabelige beregningsproblemer

##### Kompetencer:

- skal være i stand til at anvende korrekt terminologi i mundtlig og skriftlig kommunikation og dokumentation inden for disciplinen videnskabelige beregninger
- skal kunne vurdere og afveje ressourcer anvendt på softwareudvikling vs. samlet efterfølgende anvendelsestid for softwaren for konkrete videnskabelige beregningsprogrammer

Indhold: I kurset anvendes programmeringssproget Python; et effektivt programmeringssprog, hvori kompleks funktionalitet forholdsvis enkelt kan udtrykkes i få linjer kode. Dette understøtter en

<sup>1</sup> Studienævnet forbeholder sig ret til at aflyse kurser med for få tilmeldte studerende.

softwareudviklingspraksis, hvor kompleks funktionalitet kan programmeres på kort tid, og udviklingsindsatsen kan koncentreres om at forstå samt formulere det videnskabelige problem. Programmeringssproget understøtter således videnskabelig beregningssoftware, som ofte er problemspecikt formuleret og kun eksekveres få gange af få brugere, og eksekveringstid er sekundær.

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Mundtlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Tidsrækkeanalyse og økonometri (Time Series and Econometrics)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulet Statistisk inferens for lineære modeller.

Mål: Studerende, der har gennemført modulet skal opfylde følgende kriterier:

### Viden

- kender til betingning i den flerdimensionale normalfordeling samt sædvanlig og generaliseret mindste kvadraters metode og de derved fremkomne OLS og GLS estimatorer
- kan forstå tidsrækkeanalyse som en stokastisk proces og forstå sammenhængen mellem stokastiske processer og dynamiske systemer og kender til de stokastiske processer kendt som Box-Jenkins modellerne, herunder især ARMA modellerne
- kender til forskellige stationaritetsbegreber for ARMA modeller: Svag og stærk stationaritet samt autokovarians- og autokorrelationsfunktioner
- kender forskellige moderne tidsrække- og tidsrækkeøkonometriske modeller indenfor finanseringsøkonometri og financial engineering

### Færdigheder

- er i stand til teoretisk at fortolke tidsrækkemodellernes statistiske og eventuelle økonometriske egenskaber
- kan foretage alle faserne i en klassisk tidsrækkanalyse: Identifikation, estimation, modelkontrol, prædiktions og statistisk/økonometrisk fortolkning
- kan bruge korrelogrammer og andre grafiske hjælpemidler i identifikationsfasen
- kan anvende og sætte sig ind i nyere statistiske metoder til analyse af tidsrækker

### Kompetencer

- er i stand til at anvende tidsrækkeanalysens begreber i en økonometrisk eller anden praktisk sammenhæng
- kan foretage kvalificerede økonometriske analyser på finansielle data og andre tidsrække data herunder estimation og prædiktions i praksis vha. passende software

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel mundtlig eller skriftlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Komplekse funktioner (Complex Functions)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulerne Analyse 1 og Lineær algebra med anvendelser.

Mål: Studerende, der har gennemført modulet, skal opfylde følgende kriterier:

Viden:

- har viden om potensrækker med komplekse led, herunder konvergensforhold og differentiability
- har viden om holomorfe funktioner
- har viden om elementære funktioner af en kompleks variabel
- har viden om potensrækkeudvikling af holomorfe funktioner
- har viden om Cauchys sætning og Cauchys formel, og deres anvendelser
- har viden om meromorfe funktioner og Laurentrækker
- har viden om residuesætningen og dens anvendelser
- har viden om historiske aspekter af teorien for komplekse funktioner

Færdigheder:

- kan anvende resultaterne til bestemmelse af potensrækker og Laurentrækker for komplekse funktioner
- kan anvende Cauchys formel og residuesætningen til beregning af integraler

Kompetencer:

- kan gøre rede for forskelle mellem reelle og komplekse differentiable funktioner
- kan ræsonnere om anvendelighed af kompleks analyse til løsning af problemer for reelle funktioner (videnskabsteoretisk dimension)

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel mundtlig eller skriftlig prøve, eller løbende evaluering.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Integrationsteori (Integration Theory)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulet Analyse 1.

Mål: Studerende, der har gennemført modulet, skal opfylde følgende kriterier:

Viden:

- har viden om abstrakte mål og sigmaalgebraer. Tællemaal og sandsynlighedsmaal
- har viden om målelige afbildninger. Borel funktioner
- har viden om Lebesgueintegralet. Monoton og majoriseret konvergens
- har viden om Lebesguemalets egenskaber og konstruktion
- har viden om konstruktion af produktmaal. Tonellis og Fubinis sætninger
- har viden om Lebesguerummenes fuldstændighed. Hölders og Minkowskis uligheder
- har viden om foldning, Fourier transformation, Plancherels isometri

Færdigheder:

- kan bevise centrale resultater fra teorien om Lebesgueintegralet
- kan anvende modulets teoretiske resultater på konkrete eksempler

Kompetencer:

- kan argumentere korrekt for målelighed og integrabilitet i både almene og konkrete eksempler
- kan inddrage relevante målrum og resultater herfor i spørgsmål vedrørende integraler

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel mundtlig eller skriftlig eksamen.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Rumlig statistik og Markovkæde Monte Carlo metoder (Spatial Statistics and Markov Chain Monte Carlo Methods)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulet Statistisk inferens for lineære modeller.

Mål: Studerende, der har gennemført modulet, skal opfylde følgende kriterier:

Kurset omhandler Markov kæde Monte Carlo metoder samt et eller flere af de tre hovedområder inden for rumlig statistik.

### Viden

- kender de fundamentale modeller og metoder inden for de valgte hovedområder (geostatistik, latticeprocesser eller rumlige punktprocesser) samt Markov kæde Monte Carlo
- har viden om følgende emner inden for de valgte hovedområder:
- Geostatistik: teori for anden-ordens stationære processer, variogram/kovariogram, prediktion og kriging, samt modelbaseret geostatistik
- Latticeprocesser: Markovfelter, Brooks faktorisering og Hammersley-Cliffords sætning og likelihoodbaseret statistisk analyse
- Rumlige punktprocesser: Poissonprocesser, Coxprocesser og Markov punktprocesser samt statistisk analyse baseret på ikke-parametriske metoder (summary statistics) samt likelihoodbaserede metoder
- Markov kæde Monte Carlo: grundlæggende teori for Markovkæder med henblik på simulation, Markovkæde Monte Carlo metoder til simulation af fordelinger, herunder Metropolis-Hastings algoritmen og Gibbs sampleren

### Færdigheder

- kan redegøre for de centrale teoretiske resultater i kurset
- kan udføre statistiske analyser af konkrete datasæt
- kan simulere de gennemgåede modeller

### Kompetencer

- skal på baggrund af teoretiske resultater inden for rumlig statistik kunne fortolke en rumlig statistisk model i relation til et konkret datasæt og kunne redegøre for modellens eventuelle begrænsninger med hensyn til at beskrive variationen i datasættet
- skal kunne simulere fordelinger ved hjælp af Markovkæde Monte Carlo metoder og vurdere outputtet af Markovkæden

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel mundtlig eller skriftlig prøve, eller løbende evaluering.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## Grafteori (Graph Theory)

Anbefalede faglige forudsætninger: Modulet bygger på viden opnået i modulet Lineær algebra med anvendelser.

Mål: Studerende der har gennemført modulet skal opfylde følgende kriterier:

### Viden

- har viden om sammenhæng i grafer, Mengers sætning
- har viden om planaritet og minors
- har viden om graffarvning
- har viden om kredslængder
- har viden om ekstremale resultater
- har viden om probabilistiske og/eller (lineære) algebraiske metoder

### Færdigheder

- kan demonstrere kendskab til og overblik over centrale grafteoretiske begreber og resultater
- kan gennemføre beviser i modulets emner
- kan anvende de relevante begreber på eksempler

### Kompetencer

- kan selvstændigt gennemføre mindre beviser ved brug af kombinatoriske ræsonnementer eventuelt i samspil med algebraiske/probabilistiske ræsonnementer

Undervisningsform: Undervisningen tilrettelægges i henhold til de generelle undervisningsformer for uddannelsen, jf. starten af kapitel 3.

Prøveform: Individuel mundtlig eller skriftlig prøve.

Vurderingskriterier: Er angivet i fællesbestemmelserne.

## **Kapitel 4: Ikrafttrædelse, overgangsregler og revision**

Studieordningen er godkendt af dekanen og træder i kraft pr. 1. september 2018.

Studerende, der ønsker at færdiggøre deres studier efter den hidtidige studieordning fra 2017, skal senest afslutte deres uddannelse ved sommereksamen 2020, idet der ikke efter dette tidspunkt udbydes eksamener efter den hidtidige studieordning.

## **Kapitel 5: Andre regler**

### **5.1 Regler om skriftlige opgaver, herunder bachelorprojektet**

I bedømmelsen af samtlige skriftlige arbejder skal der ud over det faglige indhold, uanset hvilket sprog de er udarbejdet på, også lægges vægt på den studerendes stave- og formuleringsevne. Til grund for vurderingen af den sproglige præstation lægges ortografisk og grammatisk korrekthed samt stilistisk sikkerhed. Den sproglige præstation skal altid indgå som en selvstændig dimension i den samlede vurdering. Dog kan ingen prøve samlet vurderes til bestået alene på grund af en god sproglig præstation, ligesom en prøve normalt ikke kan vurderes til ikke bestået alene på grund af en ringe sproglig præstation. Studienævnet kan i særlige tilfælde (f.eks. ordblindhed og andet sprog end dansk som modersmål) dispensere herfor.

Bachelorprojektet skal indeholde et resumé på engelsk<sup>2</sup>. Hvis projektet er skrevet på engelsk, skal resumeet skrives på dansk<sup>3</sup>. Resumeet skal være på mindst 1 og må højst være på 2 sider (indgår ikke i eventuelle fastsatte minimum- og maksimumsidetal pr. studerende). Resumeet indgår i helhedsvurderingen af projektet.

### **5.2 Regler om merit, herunder mulighed for valg af moduler, der indgår i en anden uddannelse ved et universitet i Danmark eller udlandet**

Studienævnet kan godkende, at beståede uddannelseselementer fra andre bacheloruddannelser træder i stedet for uddannelseselementer i denne uddannelse (merit). Studienævnet kan også godkende, at beståede uddannelseselementer fra en anden dansk eller udenlandsk uddannelse på samme niveau træder i stedet for uddannelseselementer efter denne studieordning. Afgørelser om merit træffes af studienævnet på baggrund af en faglig vurdering. For regler om merit se fællesbestemmelserne.

### **5.3 Regler om forløb af bacheloruddannelsen**

Inden udgangen af første studieår på bacheloruddannelsen skal den studerende, for at kunne fortsætte uddannelsen, deltage i alle prøver på første studieår. Første studieår skal være bestået senest inden udgangen af andet studieår efter studiestart, for at den studerende kan fortsætte sin bacheloruddannelse.

Der kan dog i særlige tilfælde dispenseres fra ovenstående.

### **5.4 Eksamensregler**

Eksamensreglerne fremgår af eksamensordningen, der er offentliggjort på Det Ingeniør- og Naturvidenskabelige Fakultets hjemmeside.

### **5.5 Dispensation**

Studienævnet kan, når der foreligger usædvanlige forhold, dispensere fra de dele af studieordningens bestemmelser, der ikke er fastsat ved lov eller bekendtgørelse. Dispensation vedrørende eksamen gælder for den først kommende eksamen.

<sup>2</sup> Eller et andet et fremmedsprog (fransk, spansk eller tysk) efter studienævnets godkendelse

<sup>3</sup> Studienævnet kan dispensere herfra



### **5.6 Regler og krav om læsning af tekster på fremmedsprog**

Det forudsættes, at den studerende kan læse akademiske tekster på moderne dansk, norsk, svensk og engelsk samt anvende opslagsværker mv. på andre europæiske sprog for uddannelser udbudt på dansk.

### **5.7 Uddybende information**

Gældende version af studieordningen er offentliggjort på studienævnets hjemmeside, herunder mere udførlige oplysninger om uddannelsen, herunder om eksamen.

---

4. december 2017\_/mnr

7. juni 2018: format-rettelser, fejlagtigt anvendt "oveskrift 2" på side 30.