


# Undervisningsvejledning

Undervisningsemne: TM 2 Termiske maskiner og anlæg	Side 1 af 10	Revisionsnummer: 4 – 15.08.2011		
Semester: 2. semester og 3. semester	Uddannelse: Maskinmester	Udarbejdet af: DH	Original: 01.02.2008	

## 1. Formål

Det er formålet med emnerne i TM 2 at den studerende skal opnå en teoretisk og praktisk forståelse for virkemåden af termiske maskiner og miljøanlæg, deres drift og vedligehold, deres driftsoptimering samt kunne vurdere styrkemæssige og korrosionsmæssige forhold, der kan få indflydelse på sikkerheden og den økonomiske drift af en virksomhed. Det er desuden formålet at den studerende skal opnå forståelse for den lovgivning der ligger til grund for de termiske maskiners sikkerhedsmæssige og forsvarlige drift.

Det er tillige formålet at den studerende skal opnå sådanne færdigheder vedrørende tilstandskontrol og teoretisk viden om vedligehold, at det sætter vedkommende i stand til at kunne varetage hvervet som vedligeholdsteknikker med en vis indsigt i de ledelsesmæssige aspekter.

## 2. Deltagerforudsætninger

Den studerende skal have bestået eksamen i termiske maskiner TM1, for at kunne fortsætte studierne til TM2. Der henvises til UV-vejledning for termiske maskiner, TM1.

## 3. Varighed

2. semester: 15 ECTS, hvoraf de 4 ECTS bruges til fysik/kemi.  
3. semester: 5 ECTS.


## 4. Emner

### 2. semester:

#### a) Kedellære: (4 ECTS)

- kanalrøgrørskedel og fyrbokskedel
- vandørskedel med naturlig cirkulation
- vandørskedel med tvungen cirkulation
- hedtvandskedel
- afgaskedler (røggaskedler, udstødskedler)
- armaturer og lovgivning
- forbrændingssystemer, olie, kul og naturgas
- vandkemi (vandbehandling - og analyser).

# Undervisningsvejledning

Undervisningsemne: TM 2 Termiske maskiner og anlæg		Side 2 af 10	Revisionsnummer: 4 – 15.08.2011		
Semester: 2. semester og 3. semester	Uddannelse: Maskinmester	Udarbejdet af: DH	Original: 01.02.2008		

## **b) Hydraulik: (2 ECTS inkl. pneumatik)**

- hydrauliksystemer, -symboler og –tanke
- hydraulikventiler herunder fjernstyrede ventiler
- hydraulikpumper og –motorer
- hydraulikcylindre og –akkumulatorer
- hydrostatiske transmissioner
- filtertechnik
- drift og vedligehold
- kraner.

## **Pneumatik:**

- trykluftinstallation
- luftbehandling
- ventiltyper og komponenter
- cylindre
- funktionsdiagrammer
- sikkerhed
- symboler.

## **c) Centrifugalpumper og kompressorer: (2 ECTS)**

- pumpens samlede trykhøjde
- pumpekaraktistikker
- anlægskarakteristikker
- åbne- og lukkede anlæg
- ustabil driftsområde
- virkningsgrader
- affinitetsparabel i pumpediagrammet
- serie- og parallelkoblede pumper
- kapacitetsregulering
- kavitationsproblemer (NPSH)
- stempelkompressor
- centrifugalkompressor
- problemer med stalling
- skrue- og lamelkompressor.

## **d) Miljøteknik: (2 ECTS)**

- spildevandsteknik- og rensning
- slambehandling
- luftforurening
- arbejdsmiljø og grænseværdier
- luft- og røgrensningsmetoder
- lydteori (grundlæggende, idet den lovmæssige del behandles i faget ”management”)
- lydmålinger
- støjens skadevirkninger
- støjdæmpning og støjbekæmpelse
- personlige værnemidler.


## **e) Fysik/kemi: (3 ECTS)**

- elektrokemi
- termodynamik
- vandkemi, jf. a) kedellære).

## **f) Materiale- og styrkelære: (2 ECTS)**

- kræfter og momenter
- bjælkers statik
- belastningstyper
- inertimoment og modstandsmoment
- materialets styrke
- sikkerhedsvurdering af stålkonstruktioner
- materialeprøvning
- metallernes struktur
- jern-kulstofdiagram
- stålets varmebehandling
- ståltyper og andre metaller
- korrosion og korrosionsforebyggelse.

# Undervisningsvejledning

Undervisningsemne: TM 2 Termiske maskiner og anlæg	Side 3 af 10	Revisionsnummer: 4 – 15.08.2011		
Semester: 2. semester og 3. semester	Uddannelse: Maskinmester	Udarbejdet af: DH	Original: 01.02.2008	

## 3. semester:

### g) Damp turbine og dampanlæg: (3 ECTS)

- dampdysens energiligning
- damp turbinens energiligning
- Moller's s,h-diagram
- damp turbinens virkningsgrader
- damp turbine konstruktioner
- beskøvlingssystemer
- bevægelsesmængde og impuls
- hjælpeturbine
- regulerings- og sikringssystem
- kondensationsanlæg
- spild damp kondensator.

### h) Gasturbine:

- virkemåde
- kredsp processen
- del processer
- optimering af processen
- typer
- anvendelsesområder.

### i) Vedligeholdsteknik: (2 ECTS)

- vibrationsmåling- og analyse
- NDE-metoder
- vedligehold strategier- og standarder
- vedligeholdsværktøjer.

## 5. Opdeling af emner efter læringsudbytte

Fordeling af emnerne i henholdsvis 2. semester og 3. semester fremgår af punkt 4 ovenfor. Læringsmål for de enkelte centrale emner, nævnt i punkt 4, indgår i elementet læringsudbytte, der opdeles i følgende kategorier: Viden, færdigheder og kompetence.


Når modulet TM 2 er færdigt forventes den studerende at have opnået følgende læringsudbytte:

### Udvidet kedellære og dampanlæg:

#### Viden:

- opnå en teoretisk og praktisk viden om stationære dampkedler og de heri forekommende termiske processer (V2)
- opnå en teoretisk viden over brændselstyper og deres forbrændingsegenskaber samt over restprodukter fra forbrændingsprocessen (V2)
- beskrive kedlers og udstøds kedlers konstruktionselementer, virkemåde og anvendelse (V2)
- udvise overblik over kedlers delsystemer herunder fyrings- og forbrændingsluftsystemer samt vand/dampsystemer (V2)
- udvise viden om love, bekendtgørelser, anvisninger og forskrifter, der vedrører dampkedler (V6)
- opnå viden om principper og virkemåde for vandbehandlings- og kondensatrensingsanlæg samt kraftværkers vandkemi (V2).

# Undervisningsvejledning

Undervisningsemne: TM 2 Termiske maskiner og anlæg	Side 4 af 10	Revisionsnummer: 4 – 15.08.2011		
Semester: 2. semester og 3. semester	Uddannelse: Maskinmester	Udarbejdet af: DH	Original: 01.02.2008	

- Færdigheder:**
- anvende tabeller for vanddamp og foretage beregninger på større kedel-anlæg (F3)
  - kunne varetage behandling af kedel- og fødevand samt analyser heraf (F6)
  - føre tilsyn med reparation og vedligehold på kedelanlæg (F6).

- Kompetencer:**
- bedømme kedlers driftsforhold og drage nødvendige konklusioner for drifts-optimering og vedligeholdstilstand (K2)
  - tage initiativ til planlægning af arbejdsopgaver vedrørende dampkedlers drift og overvågning samt reparation og vedligehold (K1).

## **Hydraulik og pneumatik:**

- Viden:**
- udvise overblik over hydrauliske systemer, symboler, komponenter og hydrostatiske transmissioner (V2)
  - udvise overblik over pneumatiske systemer med tilhørende komponenter, symboler samt luftbehandling (V2)
  - have viden om hvorledes hydraulikolie behandles (V3).


- Færdigheder:**
- anvende tegninger og diagrammer i henhold til danske og internationale standarder for hydrauliske og pneumatiske systemer (F8)
  - varetage drift og vedligehold af hydrauliske og pneumatiske systemer og deres komponenter på en forsvarlig måde samt, på grundlag af måle- og alarmværdier, kunne foretage relevante indgreb (F6)
  - anvende dokumentationsmateriale herunder hydrauliksymboler samt udføre fejlfinding på hydraulikanlæg (F7)
  - beregne nøgleværdier for hydrauliske og pneumatiske systemer med tilhørende komponenter (F3).

- Kompetencer:**
- Bedømme og evaluere hydrauliske og pneumatiske systemer ud fra et drifts- og vedligeholdsmæssigt synspunkt (K2).

## **Pumpe og kompressorteknik:**

- Viden:**
- opnå viden om konstruktionsprincipper og virkemåder for fortrængnings- og centrifugalpumper (V2)
  - opnå viden om funktionsprincip for fortrængnings-, aksial- og centrifugal-kompressorer (V2)
  - opnå forståelse for principperne for anvendelse af pumper i parallelkobling hhv. seriekobling (V2)
  - ved projektering af pumpesystemer kunne forebygge at der opstår kavitation i pumper og tilhørende rørsystemer (V4).

# Undervisningsvejledning

Undervisningsemne: TM 2 Termiske maskiner og anlæg	Side 5 af 10	Revisionsnummer: 4 – 15.08.2011		
Semester: 2. semester og 3. semester	Uddannelse: Maskinmester	Udarbejdet af: DH	Original: 01.02.2008	

- Færdigheder:**
- kunne anvende pumpe- og strømningsteori ved transport af væsker og gasser samt anvende principper for regulering af massestrøm (F2)
  - kunne analysere en given driftssituation og ud fra målinger kunne angive de driftsøkonomiske- og driftstekniske muligheder for optimering (F3)
  - være i stand til konstatere at en idriftværende pumpe kaviterer og ved sin indgriben kunne afhjælpe denne kavitation (F6)
  - kunne anvende blæser- og anlægskarakteristikker og opdage risiko for stalling samt kunne foretage fornøden afhjælpning (F6)
  - kunne anvende de termodynamiske love for gaskompression og gasstrømning herunder brug af køling i forbindelse med gaskomprimering (F5).

- Kompetencer:**
- analysere en given driftssituation og anvende principper for kapacitetsregulering af centrifugalpumper- og blæsere (K2)
  - bedømme muligheder for driftsteknisk optimering af centrifugalpumper med hensyntagen til kavitationsproblemet (K3).


## **Miljøteknik:**

- Viden:**
- opnå viden om kredsløb og balancetilstande i naturen og forstå konsekvenserne ved udledning af restprodukter og forureningsprodukter fra husholdninger, transportanlæg, skibsanlæg og industrielle procesanlæg i naturen (V4)
  - identificere kilder til vand- og luftforurening samt reflektere over konsekvenserne heraf (V4)
  - opnå viden over metoder til rensning af forurenede vand, luft og røggas (V2)
  - opnå viden over rensningsanlægs opbygning, virkemåde og drift (V2)
  - kunne forstå slambehandlingsanlægs opbygning, virkemåde og drift samt forstå konsekvenserne ved deponering af restprodukter i naturen (V2)
  - identificere støjskadelige påvirkning samt principper for støjbekæmpelse så arbejdsmiljøet forbedres (V1 og V4).

- Færdigheder:**
- kunne sammenholde driftsdata med gældende miljøkrav samt kunne vurdere om gældende lovgivning er overholdt (F 4).

- Kompetencer:**
- varetage driftsledelse af miljøforurenende anlæg således at forureningerne begrænses mest muligt (K 1 og K 2)
  - evaluere systemer og drage konklusioner for driftsoptimering heraf samt forestå vedligehold (K 5 og K 7).

# Undervisningsvejledning

Undervisningsemne: TM 2 Termiske maskiner og anlæg	Side 6 af 10	Revisionsnummer: 4 – 15.08.2011		
Semester: 2. semester og 3. semester	Uddannelse: Maskinmester	Udarbejdet af: DH	Original: 01.02.2008	

## Materiale- og styrkelære:

- Viden:
- opnå viden om forskellige belastningsformer som materialer og konstruktioner udsættes for (V 1)
  - opnå viden om hvilke spændinger der opstår i materialer ved forskellige belastningsformer (V 1)
  - opnå viden om hvorledes materialers sammensætning, varmebehandling og udformning har betydning for deres modstandsdygtighed overfor ydre påvirkninger (V 7)
  - opnå viden om materialeprøvningsmetoder (V 7)
  - opnå kendskab til de faktorer der giver anledning til korrosion og forebyggelse heraf (V 4).

- Færdigheder:
- kunne beregne statiske styrkemæssige forhold på bjælker (F 5)
  - kunne tegne og beregne kraft- og momentkurver (F 5).

- Kompetencer:
- bedømme konstruktioners styrkemæssige holdbarhed og foretage risikovurderinger vedrørende sikkerhedsforhold (K 1 og K 2).


## Damp- og gasturbiner samt dampanlæg:

- Viden:
- opnå viden om og kunne beskrive konstruktionsprincipper for dampturbiner, herunder dyse- og beskovlingssystemer (V 2)
  - opnå viden om den teoretiske baggrund for dampturbiners virkemåde (V 2)
  - opnå viden om princippet for opbygningen af turbiners regulerings- og sikringssystemer (V 2)
  - opnå viden om principper for opbygning af et turbineanlægs damp, fødevand og kondensatsystem (V 2 og V 3)
  - opnå viden om konstruktionsprincipper for gasturbiner herunder virkemåde og anvendelsesområde (V 2 og V 3).

- Færdigheder:
- kunne udføre beregninger vedrørende dampturbiners ydelse og virkningsgrader herunder anvende Molliers s,h-diagram for vanddamp (F3)
  - kunne beregne energitekniske værdier for et kraftværk med tilhørende kedel, turbine og varmevekslere (F 3 og F5)
  - kunne sammenholde virkelige processer med ideelle termodynamiske processer i turbiner (F 3).

- Kompetencer:
- bedømme kedler og turbiners driftsforhold samt vedligeholdstilstand og drage nødvendige konklusioner for driftsoptimering og problemløsning (K1, K 2, K 3, K5, K6 og K7).

# Undervisningsvejledning

Undervisningsemne: TM 2 Termiske maskiner og anlæg	Side 7 af 10	Revisionsnummer: 4 – 15.08.2011		
Semester: 2. semester og 3. semester	Uddannelse: Maskinmester	Udarbejdet af: DH	Original: 01.02.2008	

## Vedligeholdsteknik:

Viden:

- opnå viden om betydningen af vedligeholdsstandarder (V 3)
- opnå viden om sammenhænge mellem vedligehold og økonomi (V 1)
- opnå viden om begreberne pålidelighed og tilgængelighed (V 3).

Færdigheder:

- kunne anvende vibrationsmåling og vibrationsanalyse til elementær tilstandskontrol (F 7)
- kunne vælge egnede ikke destruktive undersøgelsesmetoder (NDE) og værktøjer til bestemmelse af vedligeholdstilstande (F 7)
- kunne vælge hvilke vedligeholdsstrategier, der vil være mest hensigtsmæssige at bruge i almindelig forekommende situationer (F 10).

Kompetencer:

- foretage tilstandskontrol og planlægge vedligehold og derigennem kunne foretage vedligeholdsledelse (K 1, K 5 og K 6).

## 6. Anvisninger om undervisningen

De studerende bør ved undervisningens begyndelse have en kommenteret gennemgang af uddannelsesplan, undervisningsvejledning og undervisningsplan. Der henvises til kvalitetssikringssystemet dokument ”*PU-1,03 Procedure for undervisningsplaner.*”

Underviserne bør tilstræbe tværfaglige og projektorienterede aktiviteter således at skolens resultatkontrakt opfyldes. Der henvises til kvalitetssikringssystemets dokument ”*PU-1,00 Planlægning og gennemførelse af undervisningen.*”


Det er vigtigt, at de emner, der er nævnt under punkt 4 ovenfor, er gennemgået i en relevant rækkefølge, således det giver en sammenhæng gennem hele undervisningsforløbet i semesteret.

I kedellære, pumpe- og kompressortechnik samt turbineteori er det nødvendigt, at de studerende enten allerede besidder eller tilegner sig en række færdigheder i grundfagene matematik, fysik (herunder termodynamik) og kemi.

Undervisningen skal i videst muligt omfang varieres for at tilgodese de forskellige læringsmetoder hos de studerende. De pædagogiske læringsprincipper fastlægges af den enkelte underviser i undervisningsplanen (UV-planen), under hensyntagen til at opnå ovenstående udvikling af den studerende mod det videre studie samt dennes virke som maskinmester efterfølgende.

Der bør på et passende tidspunkt i semesteret planlægges et besøg på en, for undervisningen relevant virksomhed, kraftværk, industrivirksomhed, pumpefabrikant eller lignende således at den studerende får et praksisnært forhold til emnerne i undervisningen.

# Undervisningsvejledning

Undervisningsemne: TM 2 Termiske maskiner og anlæg	Side 8 af 10	Revisionsnummer: 4 – 15.08.2011		
Semester: 2. semester og 3. semester	Uddannelse: Maskinmester	Udarbejdet af: DH	Original: 01.02.2008	

Der gives skriftlige opgaver i et passende omfang, der fastsættes i undervisningsplanen. De skriftlige opgaver skal planlægges således at den studerende har tilstrækkelig tid til at løse opgaven på en såvel faglig, som ordensmæssig tilfredsstillende måde.

Simulatorundervisning og CBT-programmer kan medvirke til at give oplevelser af sammenhængende forløb, bringe dynamik ind i undervisningen og bringe de studerende nærmere virkeligheden.

## Følgende emnerækkefølge anbefales:

### 2. semester:

- a) Udvidet kedellære (vandkemi bør ligge sidst i semesteret).
- b) Hydraulik.
- c) Centrifugalpumper og kompressorer.
- d) Miljøteknik.
- e) Fysik/kemi (termodynamik bør ligge sidst i semesteret og elektrokemi før emnet i ”f”).
- f) Materiale- og styrkelære.

Undervisning af emnerne i a), b), c) og d) kan forløbe parallelt i semesteret. Emnet i f bør indpasses så tilpas i semesteret at elektrokemien kan gøres færdig inden emnet korrosion behandles i materialelæren.

### 3. semester:

- g) Turbineteori.
- h) Gasturbineteknik.
- i) Vedligeholdsteknik.

Undervisning af emnerne i g) og i) kan forløbe parallelt i semesteret.


## 7. Evaluering

### 2. semester:

#### Hydraulik, pumper og kompressorer samt miljøteknik:

Emnerne hydraulik og pneumatik, pumper og kompressorer samt miljøteknik afsluttes med en skriftlig deleksamen ved slutningen af 2. semester, hvor den studerende kan demonstrere at vedkommende i undervisningsforløbet har tilegnet sig de færdigheder, der kræves for opfyldelse af målene for læringsudbytte.

## Undervisningsvejledning

Undervisningsemne: TM 2 Termiske maskiner og anlæg	Side 9 af 10	Revisionsnummer: 4 – 15.08.2011		
Semester: 2. semester og 3. semester	Uddannelse: Maskinmester	Udarbejdet af: DH	Original: 01.02.2008	

**Skriftlig deleksamen:** 3 timers varighed

Beståkrav: Mindst 02 i karakter (efter 7-trins skalaen).

Tilladte hjælpemidler skal fremgå af underviserens undervisningsplan (UV-plan) samt af skolens bedømmelsesoversigt.

### **Materiale- og styrkelære:**

Modulet (faget) styrke- og materialelære afsluttes i 2. semester med et kursusarbejde omhandlende emner fra pensum. Kursusarbejdet bedømmes internt som ”bestået” eller ”ikke bestået.”

For at bestå modulet (faget) skal kursusarbejdet samt mindst 75 % af udleverede opgaver være godkendt.

### **3. semester:**

#### **Turbiner, dampanlæg, kraftværkskedler og gasturbiner:**

Emnerne turbiner og dampanlæg inkl. kraftværkskedler samt gasturbiner afsluttes med en skriftlig deleksamen ved slutningen af 3. semester, hvor den studerende kan demonstrere at vedkommende i undervisningsforløbet har tilegnet sig de færdigheder, der kræves for opfyldelse af målene for læringsudbytte.

**Skriftlig deleksamen:** 3 timers varighed

Beståkrav: Mindst 02 i karakter (efter 7-trins skalaen).

Tilladte hjælpemidler skal fremgå af underviserens undervisningsplan (UV-plan) samt af skolens bedømmelsesoversigt.


Den endelige karakter findes som gennemsnittet af karakteren fra deleksamen i 2. semester og deleksamen i 3. semester.

### **Vedligeholdsteknik:**

Modulet (faget) vedligeholdsteknik evalueres ved at bedømme de udarbejdede obligatoriske laboratorierapporter samt givne spørgsmål i henhold til pensumindholdet. Bedømmelsen kan være ”bestået” eller ”ikke bestået.”

For at bestå modulet (faget) kræves bedømmelsen ”bestået”.

## Undervisningsvejledning

Undervisningsemne: TM 2 Termiske maskiner og anlæg	Side 10 af 10	Revisionsnummer: 4 – 15.08.2011		
Semester: 2. semester og 3. semester	Uddannelse: Maskinmester	Udarbejdet af: DH	Original: 01.02.2008	

### 8. Obligatoriske opgaver

Materiale- og styrkelære afsluttes med et kursusarbejde. Jf. punkt 7 ovenfor samt den gældende undervisningsplan for modulet

Vedligeholdsteknik indeholder obligatoriske laboratorieopgaver. Jf. punkt 7 ovenfor samt den gældende undervisningsplan for modulet

### 9. Undervisningsmateriale

Seneste udgave af:

**Dampkedler**, *K. F. Larsen*

**Miljøteknik**, *Jørgen Nielsen*

**Hydraulik**, *Leif Terkelsen*

**”FluidSIM” og ”PneuSIM”**, *CBT-pogrammer fra Festo Didactic*

**Pneumatik, instruktioner og opgaver**, *Erhvervsskolernes Forlag*

**Mekanisk Fysik og Varmelære**, *Arly Nielsen.*

**Regulering af kraftværker**, *K. F. Larsen*

**Dampturbiner**, *K. F. Larsen*

**Gasturbineteori**, *eget udviklet materiale*

**Teknisk statik**, *Preben Madsen*

**Materialelære for maskinindustrien**, *B. Pedersen & M. Rasmussen*

**Vedligehold**, *Svend Aage West*

**Kompendier om vedligehold**, *CDV.*

**Naturgasfyring**, *K. F. Larsen*

**Kulfyring**, *K. F. Larsen.*

**Kemi for driftsteknikere**, *Dennis Hansen.*

### 10. Referencer

Bekendtgørelse nr. 1741 af 22. december 2006 med tilretninger.

Bekendtgørelse nr. 55 af 18. januar 2007.

FMS's evaluerings- og eksamensvejledning samt studieordning.

FMS's Q-system.

FMS's studieordning.