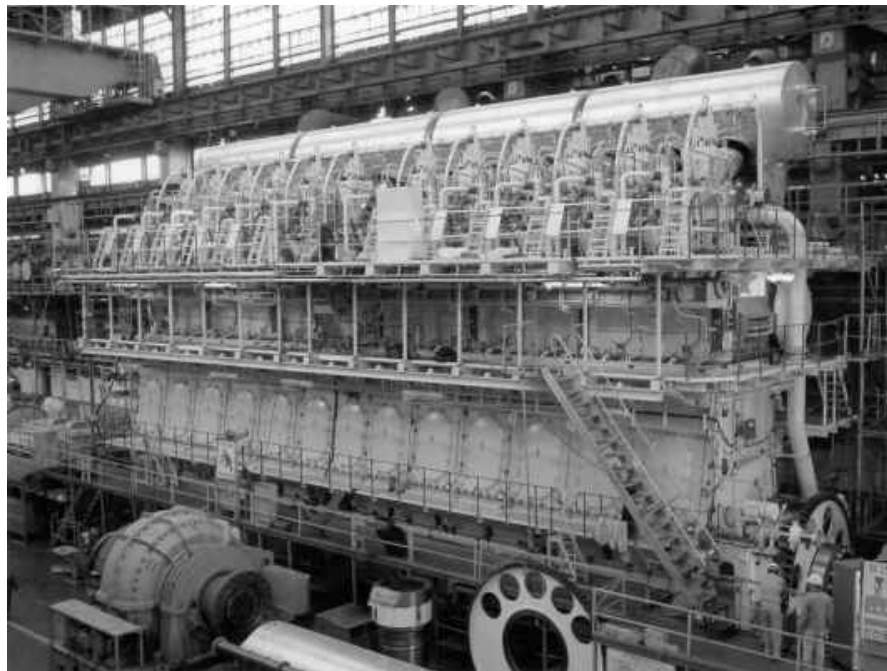


# Opgave-kompendium

# Termiske Maskiner

## BM4



The first diesel engine with more than 100,000 bhp has gone into service on February 22 2006. MAN B&W Diesel licensee Hyundai Heavy Industries in Korea has built the 12K98MC with 101,640 bhp.

## Fuel - smøreolier

### 1.1

#### Beskriv:

1. Hvordan den kinematiske viskositet fastlægges?
2. Hvilke enheder måles den kinematiske viskositet i?
3. Hvad forstå ved den dynamiske viskositet?
4. Hvilke enheder måles den dynamiske viskositet i?

### 1.2

1. **Hvad** svarer 10 centistoke i englergrader, Reedwood sekunder og Saybolt universal sekunder?

### 1.3

1. Forklar hvilke indgreb/vurderinger der skal foretages inden den nedenfor viste fuelolie kan bruges.
2. Beregn oliens massefylde ved 145 °C.
3. Hvilken temperatur skal olien have ved en viskositet på 15 cSt?
4. Nederst står "operating advice" der normalt er udfyldt af laboratoriet, men ikke på denne analyse. Hvad tror du olielaboratoriet ville have forslået, som gode råd?

TO : MASTER M/S SVENDBORG

#### FUEL QYALITY REPORT

VESSEL: M/S SVENDBORG

**SAMPLE NO:** 2

SAMPLE TYPE: HFO

#### RECEIPT DATA:

DEN : KG/M3 15C 975

VIS : CST 50C 380

#### RESULTS:

DEN : KG/M3 15C	972	APH35	991
VIS : CST 50C	480		380
H2O : 0/0 V/V	0.8		0.5
MCR : 0/0 M/M	9.5		22.00
SUL : 0/0 M/M	6.1		5.0
TSP : 0/0 M/M	0.02		0.10
ASH : 0/0 M/M	0.03		0.15
V : MG/KG	102		600
NA : MG/KG	23		100
AL : MG/KG	4		
SI : MG/KG	4		
FE : MG/KG	12		
NI : MG/KG	30		
CA : MG/KG	4		
MG : MG/KG	3		
PB : MG/KG	1		
ZN : MG/KG	1		

FP : DEG. C ABOVE 60 60

CALCULATED VALUES

ENG: MJ/KG 38.8

CCAI 950

OPERATING ADVICE:

APPROX TEMPS: INJECTION = 145 C FOR 10 CST ?????? = 15 CST  
SATISFACTORY TRANSFER = MIN 50 C

REGARDS, P. RETENDER

END OF TELEX REPORT FOR M/S SVENDBORG

**1.4**

1. Hvad **forstås** ved en smøreolies TBN-tal?
2. **Forklar** hvordan laboratoriet kemisk kan finde oliens TBN-tal.
3. **Hvordan holdes** TBN-tal på et bestemt niveau for en trunkmotor?

**1.5**

1. **Forklar** hvor og hvordan en smøreolieanalyse udtages på et krydshovedmotoranlæg.
2. **Hvilke** analyser er vigtige og hvordan vurderes de?

## Motorer

### 2.1

I en dieselmotor anvendes brændselolie med følgende sammensætning (vægtprocenter): 85% carbon, 9% hydrogen, 4,5% sulfur og 1,5% oxygen.

En analyse af tør udstødsgas fra motoren viser følgende sammensætning (volumenprocenter): 14,5% oxygen, 4,1% carbondioxid og 0,4% carbonmonoxid.

Udstødsgassens temperatur efter turbolader	280 °C
Udstødsgassens middelvarmefylde	1,05 kJ/(kg · °C)

1. **Beregn** den med udstødsgassen bortførte energi, angivet i procent af den med brændselolien til motoren tilførte energi.

### 2.2

Der oplyses følgende:

• Dieseloliens densitet ved 15 °C	865 kg/m <sup>3</sup>
• Dieseloliens nedre brændværdi	43,3 MJ/kg
• Dieseloliens temperatur efter pumpen	40 °C
• Fueloliens densitet ved 15 °C	983 kg/m <sup>3</sup>
• Fueloliens nedre brændværdi	40,8 MJ/kg
• Fueloliens temperatur efter pumpen	110 °C

1. **Beregn** hvor meget volumenstrømmen af brændselolie fra brændseloliepumpen på en hovedmotor ændres ved at skifte fra drift med fuelolie til drift med dieselolie, når motoreffekt og omdrejningshastighed skal være konstant.

### 2.3

Følgende oplysninger fås fra et skibs "General Instructions":

#### **HORSE POWER INSTRUCTION VALID FROM 1 SEPTEMBER 1997**

Until contrary instructions are issued, the engine maximum power in service is limited as follows:

Engine revolutions .....	79.0 rpm
Mean Effective Pressure, $p_e$ .....	17.2 bar <sub>eff</sub>
Mean Indicated Pressure, $p_i$ .....	19.1 bar <sub>eff</sub>
Engine Torque .....	2500.0 kNm
Maximum Pressure, $P_{max}$ .....	140.0 bar <sub>eff</sub>

Motoren er fra Simulatoren, hvor yderligere oplysninger kan findes i manualen.

Forklar følgende:

1. Typebetegnelsen
2. Mean Effective Pressure,  $p_e$
3. Mean Indicated Pressure,  $p_i$
4. Engine Torque
5. Maximum Pressure,  $P_{max}$

6. Beregn motorens effekt i kW.
7. Beregn motorens mekaniske virkningsgrad

## 2.4

Fejlrapport		
Dato: 10.04.01	KL: 02.30	Int: xx
Anlæg: Smøreoliepumpe 1, hovedmotor.		
Hændelse: Alarm ⇒ Smøreoliepumpe 2, stand by start.		
Smøreoliepumpe 1 faldet ud på motorværnet		
Afhjælpning: Smøreoliepumpe 1 forsøgt startet op igen, men falder ud på motorværnet efter kort tids drift.		
Bemærkninger:		
Klarmelding:		
Dato:		Int:

Overvej og redegør for hvorledes du vil tilrettelægge og gennemføre fejlretning af denne fejlrapport:

Overvej f.eks.:

1. Fejlårsager
2. Beskyttelsesudstyr
3. Elektrisk forsyning
4. Sikkerhed
5. Motortype og mærkeskilt
6. Vedligehold

## 2.5

Simulator MC90

**Undersøg** ved en belastning på henholdsvis 50%, 75% og 100% belastet motor den:

1. termisk virkningsgrad
2. økonomisk virkningsgrad
3. det specifikke olieforbrug
4. motorens omdrejninger/min
5. effektivt middeltryk
6. max. tryk
7. kompressionstryk
8. skyllelufttryk
9. udstødtemperatur ved indgang turbolader
10. udstødtemperatur ved afgang turbolader
11. Indtegn værdierne i et diagram tilsvarende med "Performance curves" på sidste side og kommenter kurverne.

Motorens fueloliedata ses på variabelside 1129.

## 2.6

Simulator MC90

Rederiet vil gerne have undersøgt om hovedmotorens smøreoliekølere er overdimensioneret.

1. Din opgave er at **vise/undersøge/dokumentere** om hovedmotorernes smøreoliekølere kan belastes 10 % mere end de kan nu ved 1/1 belastning af hovedmotoren.

## 2.7

Simulator MC90

1. **Lav** en varmebalance på en dieselgenerator ved 1/1 last visende, hvor energien forsvinder hen.  $P_b$  kan aflæses på variabel siderne.

## 2.8

Ved en bremseprøve med en elektriskbremse aflæstes generatorens kWh-måler kl. 08.00 til 12.234 og kl. 09.20 til 14.276. Generatorens virkningsgrad var 0,92.

1. **Find** motorens bremseeffekt.

## 2.9

En dieselmotor blev afbremseset med en Prony bremse, hvis arm var 1050 mm. Belastningen var 80 kg., og motorens omdrejningshastighed var 500 o/m. Under prøven, der varede 70 min., blev bremseskiven afkølet med vand. Vandets temperaturstigning var 20°C.

1. **Find** bremseeffekten.
2. **Find** vandforbruget til afkøling.

## 2.10

En MAN B&W type 8L90MC med slaglængde/boring forhold 3,2 har følgende data ved 1/1 last

- |  |            |
|--|------------|
| • Omdrejningstal                           | 80 o/min   |
| • Effektivt middeltryk "mep"               | 17 bar     |
| • Specifik brændselsolie forbrug " $c_b$ " | 171 g/bkWh |
| • Mekanisk virkningsgrad                   | 0,91       |
| • Oliens nedre brændværdi $h_i$            | 40.0 MJ/kg |

### Beregn:

1. Motorens bremseydelse i kW.
2. Motorens indicerede ydelse i kW
3. Motorens olieforbrug i kg/h
4. Motorens termiske og økonomiske virkningsgrader.

### 2.11

Hovedmotoren i et skib er en MAN-B&W type 9L80MCE med en pejlstangslængde og slaglængde på henholdsvis 3200 mm og 2595 mm.

For hovedmotoren forligger følgende ved fuldlast:

• Krumtapakselens omdrejningshastighed	83 o/m
• Hovedmotorens brændselsforbrug målt ved en olietemperatur på 140 °C	4360 l/h
• Brændselsoliens densitet ved 20 °C	990 kg/m <sup>3</sup>
• Mekanisk virkningsgrad	0,92
• Brændselsoliens nedre brændværdi	39500 kJ/kg

Til planimentering af diagrammer, optaget på hver af hovedmotorens cylindere, blev der anvendt et diagramplanimeter med en planimeterkonstant på 0,06. Planimetreringen gav følgende resultater: 190, 188, 189, 184, 189, 189, 190, 188 og 187.

Den anvendte fjedermålestok var 0,8 mm/bar.

Brændselsoliens sammensætning (i vægtprocenter): 86 % carbon, 9 % hydrogen, 4 % sulfur og 1 % oxygen.

1. **Beregn** ved fuldlast hovedmotorens termiske virkningsgrad.
2. **Angiv** mulige årsager til, at den termiske virkningsgrad falder i værdi.

### 2.12

Fra en enkeltvirkende firtakts dieselmotor foreligger følgende:

• Cylinderantal	6
• Cylinderdiameter	500 mm
• Slaglængde	540 mm
• Cylindrenes fyldningsgrad henført til 1 bar og 20 °C	1,8
• Motorens tilførte luftmængde	21 kg/kg olie
• Oliens nedre brændværdi	41900 kJ/kg
• Motorens termiske virkningsgrad	0,42
• Krumtappens omdrejningshastighed	450 o/m
• Lufts massefylde ved 1 bar og 20 °C	1,19 kg/m <sup>3</sup>

1. **Beregn** motorens indicerede ydelse i kW.
2. **Hvad** forstås ved oliens nedre brændværdi?
3. **Forklar** motorens termiske virkningsgrad.

### 2.13

For en 8-cylindret B&W motor type L60MC havs følgende oplysninger (Se "performance curves" på sidste side):

• Mekanisk virkningsgrad (75% last)	91%
• Oliens nedre brændværdi	39250 kJ/kg
• Teoretisk luftforbrug	14,3 kg/kg
• Luftoverskudskoefficient (75% last)	2.85
• Maskinrummets lufttemperatur	34 °C
• Udstødskedlens strålingstab (75% last)	4%
• Gas temperatur efter udstødskedlen (75% last)	175 °C
• Udstødsgassens varmfylde	1.05 kJ/kg °C

**Beregn** følgende ved 75% belastning:

1. Motorens mekaniske tab i kW
2. Motorens termiske tab i kW
3. Tabet med udstødsgassen efter kedlen i % af oliens nedre brændværdi.
4. Den i kedlen udnyttede effekt i kW
5. Motorens tab i kW der bortføres med ferskvandssystemet.

### 2.14

En MAN B & W dieselmotor, type 8S60ME-C7, har en mekanisk virkningsgrad på 91 %. Omdrejningshastigheden er 113 o/m, og det indicerede middeltryk er 20,8 bar.

**Find:**

1. Det effektive middeltryk.
2. Den indicerede effekt.
3. Bremseeffekten.

### 2.15

I en B & W dieselmotor, type 7L70ME-C7 er  $p_i = 18,7$  bar, og omdrejningshastigheden er 102 o/m. Den mekaniske virkningsgrad 92 %.

**Find:**

1. Den indicerede effekt.
2. Det effektive middeltryk i bar.
3. Bremseeffekten.

### 2.16

En dieselmotor blev afbremset med en vandbremse, hvis arm var 716 mm. Belastningen var 120 kg. og omdrejningshastigheden 450 o/m. Bremsens vandforbrug var 1,2 t/h og tilgangstemperaturen 10°C.

1. **Find** motorens bremseeffekt.
2. **Find** vandtemperaturen ved afgang fra bremsen.



### 2.17

En dieselmotors indicerede ydelse er 14.700 KW, svarende til en bremseydelse på 13.250 KW. Brændselsolieforbruget er 2,79 t/h og brændværdien er 42.300 kJ/kg.

**Find:**

1. Den termiske virkningsgrad.
2. Den mekaniske virkningsgrad.
3. Den økonomiske virkningsgrad.

### 2.18

En Wärtsilä dieselmotor, type 5RTA68T-B har et mep = 18,7 bar, og omdrejningshastigheden er 92 o/m. Den mekaniske virkningsgrad 92 %.

**Find:**

1. Den indicerede effekt.
2. Det indicerede middeltryk i bar.
3. Bremseeffekten.

### 2.19

En Wärtsilä 4 takts dieselmotor, type 9L32 har et mep = 25,1 bar, og omdrejningshastigheden er 600 o/m. Den mekaniske virkningsgrad 92 %.

**Find:**

1. Den indicerede effekt.
2. Det indicerede middeltryk i bar.
3. Bremseeffekten.

## Kedel/varmetransmission

**bemærk:**

- a) *når intet andet er anført er opgivne tryk målt i absolut tryk*  
 b) *Til entalpibestemmelse anvendes damptabeller*

### 3.1

En dampopvarmet brændselolieforvarmer, der er udført som en pladevarmeveksler, forsynes med damp fra et kedelanlæg.

Om forvarmeren kan der oplyses følgende:

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| • Varmeovergangstal fra damp til forvarmerplade | 9000 W/(m <sup>2</sup> °C) |
| • Varmeovergangstal fra forvarmerplade til olie | 4000 W/(m <sup>2</sup> °C) |
| • Varmeledningstal for plademateriale           | 75 W/(m °C)                |
| • Pladetykkelse                                 | 1,2 mm                     |
| • Oliens middelvarmefylde                       | 2,0 kJ/(kg °C)             |
| • Oliens temperatur ved tilgang                 | 70 °C                      |
| • Oliens temperatur ved afgang                  | 140 °C                     |
| • Massestrøm af olie til forvarmeren            | 4500 kg/h                  |
| • Massestrøm af damp til forvarmeren            | 320 kg/h                   |
| • Damptryk ved tilgang forvarmer                | 5,0 bar abs                |
| • Kondensatets entalpi ved afgang forvarmer     | 610 kJ/kg                  |

I forvarmeren er der et varmelednings- og varmestrålingstab, der udgør 3 % af den med dampen i varmeveksleren tilførte varmemængde.

Det antages, at driftstilstanden er stationær og der ikke er trykfald på damp siden.

**Beregn:**

- a) dampens tørhedsgrad ved tilgang til forvarmeren.  
 b) Forvarmerens varmeoverførende areal.

**Skitsere:**

- c) forvarmeren med ventiler, automatik og måleudstyr den skal være forsynet med.

### 3.2

I et dieselmotorskib udnyttes entalpien i det ferske kølevand fra fremdrivningsmotoren til fremstilling af ferskvand i et et-trins ferskvandsgenerator. Til fremstilling af ferskvand benyttes salt havvand, der også benyttes som kølevand i ferskvandsgeneratoren.

For ferskvandsgeneratoren foreligger følgende:

- |  |                |
|--|----------------|
| • massestrøm af fersk kølevand gennem fordamperen          | 90 t/h         |
| • temperatur af fersk kølevand ved tilgang til fordamperen | 81 °C          |
| • temperatur af fersk kølevand ved afgang fra fordamperen  | 71 °C          |
| • havvandets temperatur ved tilgang til fordamperen        | 26 °C          |
| • havvandets temperatur ved tilgangen til kondensatoren    | 26 °C          |
| • havvandets temperatur ved afgang kondensator             | 31 °C          |
| • middelvarmefylde for både fersk kølevand og havvand      | 4,19 kJ/ kg °C |
| • havvandets saltindhold                                   | 2,4 %          |

- saltindholdet af havvandet ved udløb fra fordamperen
- fordampnings- og kondenseringstryk  
0,07 bar

3,3%

Det antages, at:

- driftstilstanden er stationær,
- kondensatet ikke er underafkøles,
- dampen fra fordamperen er tømættet,
- der ikke udsuges vanddamp fra ferskvandsgeneratoren,
- fordampningsprocessen i ferskvandsgeneratoren er tabsfri.

### Beregn:

1. massestrøm af produceret ferskvand fra ferskvandsgeneratoren
2. samlet massestrøm af havvand til ferskvandsgeneratoren.

### 3.3

I en kedel anvendes en brændselsolie med følgende sammensætning efter vægtprocent. 83% carbon, 11% hydrogen, 5% svovl og 1% oxygen.

Mens kedlen er i drift udføres der en røggasanalyse hvorved følgende data fremkommer:  $\text{CO}_2 = 10\%$ ,  $\text{O}_2 = 4\%$  og  $\text{CO} = 0\%$ .

Derudover foreligger følgende oplysninger:

luftens temperatur	25 °C,
luftens varmekapacitet	1,00 kJ/kg °C,
røggassens varmekapacitet	1,05 kJ/kg °C,
kedlens totale virkningsgrad	85%,
øvrige tab	2%,
brændselsolien varmekapacitet	2,10 kJ/kg °C,
brændselsolien temperatur er	130 °C,
brændselsolieforbruget er	12 t/d.

### Bestem:

1. Den nedre brændværdi af olien i kJ/kg,
2. røggastabet i kW,
3. røggassens afgangstemperatur.

### 3.4

For en oliefyret hjælpekedel foreligger følgende ved fuld last:

• dampproduktion	2200 kg/h
• tilført effekt til dampen	1400 kW
• damptryk	9 bara
• fødevandets entalpi	210 kJ/kg
• forbrændingsluftens tilgangstemperatur	25 °C
• røggassens afgangstemperatur	380 °C
• brændselsolien nedre brændværdi	41,2 MJ/kg
• brændselsolieforbruget	145 kg/h
• teoretisk luftforbrug angivet som kg luft pr. kg olie	14 kg/kg
• røggassens middelvarmekapacitet	1,05 kJ/kg °C

Der ses bort fra varmeudveksling med omgivelserne.

Beregn:

1. afgangsdampens entalpi og specifikke volumen,
2. kedelens virkningsgrad,
3. luftoverskudskoefficienten for forbrædningen i kedlen.

### 3.5

På et sted i en dampkedel er hedefladens godstykkelse 16 mm, røggassens temperatur 1020 °C og vandets temperatur 200 °C. Varmeledningstallet for stål er 50 W/m °C, varmeovergangstal er på røgsiden 35 W/m<sup>2</sup> °C og på vandsiden 6000 W/m<sup>2</sup> °C.

- Find hedefladens temperatur på røgsiden.

Hedefladen får en 5 mm tyk kedelstensbelægning med varmeledningstallet 1 W/m °C.

1. **Beregn** hedefladens temperatur på røgsiden, når øvrige varmeovergangstal er uændrede, og der opretholdes konstant dampproduktion og –tilstand.

### 3.6

Skottet til et skibs fryserum består indvendigt af en 18 mm tyk træbeklædning, derefter et lag isolationsmateriale og udvendigt af en 4 mm tyk aluminiumsplade.

Fra fryserummet foreligger følgende:

- |  |                        |
|--|------------------------|
| • varmeovergangstal på inderside           | 25 W/m <sup>2</sup> °C |
| • varmeovergangstal på yderside            | 15 W/m <sup>2</sup> °C |
| • varmeledningstal for træ                 | 0,15 W/m °C            |
| • varmeledningstal for isolationsmateriale | 0,04 W/m °C            |
| • varmeledningstal for aluminium           | 300 W/m °C             |
| • temperatur i fryserum                    | -20 °C                 |
| • yderluftens temperatur                   | 25 °C                  |

For at forhindre dannelse af kondensvand under disse forhold skal overfladetemperaturen på ydersiden af aluminiumspladen være mindst 23 °C.

1. **Beregn** under hensynstagen til ovennævnte isolationslagets tykkelse.

### 3.7

For en dampkedel foreligger følgende:

- |   |             |
|---|-------------|
| • damptryk før overheder                    | 65 bar abs. |
| • dampens trykfald gennem overheder         | 4 bar       |
| • dampens tørhedsgrad før overheder         | 0,98        |
| • damptemperatur efter overheder            | 510 °C      |
| • fødevandsmængde                           | 93 t/h      |
| • fødevand entalpi før economiser           | 810 kJ/kg   |
| • kedelens virkningsgrad                    | 0,91        |
| • lufttemperatur før luftforvarmer          | 31 °C       |
| • lufttemperatur efter luftforvarmer        | 165 °C      |
| • røggassens temperatur før luftforvarmer   | 320 °C      |
| • røggassens temperatur efter luftforvarmer | 200 °C      |

- |                                    |               |
|------------------------------------|---------------|
| • luftens middelvarmefylde         | 1,0 kJ/kg °C  |
| • røggassens middelvarmefylde      | 1,05 kJ/kg °C |
| • brændselsoliens nedre brændværdi | 42000 kJ/kg   |

Det antages, at forbrændingen i kedlen er fuldstændig, og at driftsforholdene er stationære.

### Beregn:

1. varmeoverførelsen i overhederen, angivet i kW.
2. røggastabet, angivet i kW.
3. kedlens varmelednings- og udstrålingstab, angivet i kW.
4. Angiv de observationer, der skal foretages under drift med et mindre kedelanlæg for at sikre en sikkerhedsmæssig forsvarlig drift af anlægget.

### 3.8

#### Simulator MC90

Find et scenario hvor skibet sejler fuld kraft frem med turbogenerator i drift. Følgende opgaver løses med hensyn til skibets udstødskedel:

1. **Find/beregn** kedlens virkningsgrad.
2. Beregn hvor meget brændselsolie der spares med udstødskedlen i drift contra den oliefyrede kedel/dieselgeneratorerne skulle have klaret belastning i stedet for (oliedata variabel side1129).
3. Vis ved en skitse hvilke ventiler/overvågningsudstyr m.m. en udstødskedel som simulatorens skal være monteret med.

### 3.9

En kedel producerer 6 tons damp i timen ved et overtryk på 8 bar. Dampen har en tørhedsgrad på 0.82 og fødevandets temperatur er 87°C.

Temperaturdifferensen gennem hedepladens stål er 5°C. Stålets tykkelse i hedepladen er 6mm. Varmeledningstallet for stålet antages at være 45 W/m<sup>2</sup>\*°C. Varmeovergangstallet for vandgrænselaget antages at være 5900 W/m<sup>2</sup>\*°C.

1. **Beregn** hedepladens areal
2. **Beregn** temperaturforskellen over vandgrænselaget.

Kedlens hedeplade er blevet belagt med kedelsten, som antages at have et varmeledningstal på 0.6 W/m<sup>2</sup>\*°C. Belægningen er 0.5mm tyk.

3. **Beregn** temperaturdifferensen over dette lag kedelsten.
4. **Forklar**, hvilke problemer dette kan give for kedlens drift.

### 3.10

**Bestem** entalpi af fødevand ved trykket 30 bar og temperaturen 150,3 °C [kJ/kg]

**Bestem** entalpi af tørmættet damp ved trykket 20 bar [kJ/kg]

**Bestem** fordampningsvarmen for damp ved 30 bar [kJ/kg]

**Bestem** specifik volumen (v') af fødevand ved trykket 35 bar og temperatur 200°C [dm<sup>3</sup>/kg]

**Bestem** specifik volumen af tørmættet damp ved 20 bar [m<sup>3</sup>/kg]

- Bestem** entalpi af vådmættet damp ved 40 bar og tørhedsgrad = 0,8 [kJ/kg]  
**Bestem** entalpi af vådmættet damp ved 80 bar og tørhedsgrad = 0,7 [kJ/kg]  
**Bestem** specifik volumen af vådmættet damp [m<sup>3</sup>/kg] ved 34 bar tryk og  $X = 0,5$  ved anvendelse af både den tilnærmede og den mere nøjagtige måde (se side 43).  
**Bestem** entalpi af overhedet damp ved 50 bar og temperatur 400°C [kJ/kg]  
**Bestem** entalpi af overhedet damp ved 55 bar og temperaturen 500°C [kJ/kg]  
**Bestem** entalpi af fødevand ved 25 bar og temperatur 135°C [kJ/kg]  
**Bestem** entalpi af fødevand ved 30 bar og temperatur 166°C [kJ/kg]

### 3.11

**Bestem** for en kedel, der producerer tørmættet damp, dannelsesvarmen ved følgende kedeltryk ( $p_k$ ) og fødevandstemperaturer ( $t_f$ ):

- $p_k = 6$  bar og  $t_f = 87,9^\circ\text{C}$
- $p_k = 32$  bar og  $t_f = 143,6^\circ\text{C}$
- $p_k = 42$  bar og  $t_f = 185^\circ\text{C}$

### 3.12

En vandrørskedel med overheder og economiser afgiver 50 tons damp pr. time ved et tryk på 24 bar. Dampens tørhedsgrad før overheder er 0,95 og temperaturen efter overhederen er 360°C. Fødevandstemperaturen før economiseren er 135°C og efter economiseren er den 166°C. Olieforbruget er 4200 kg/h. Oliens brændværdi er 38150 kJ/kg.

- skitsér** systemet og indfør på skitsen temperaturer, tryk og entalpier.
- Beregn** fødevandets effekttilførsel i economiseren [kJ/s, kW]
- Beregn** dampens effekttilførsel i overhederen [kJ/s, kW]
- Beregn** kedelvirkningsgraden

### 3.13

For en dampkedel med overheder foreligger følgende:

- |                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| - Dampproduktion:                   | 25 t/h      |
| - Damptryk efter overheder:         | 30 bar      |
| - Damptemperatur efter overheder:   | 400 °C      |
| - Kedelvirkningsgrad:               | 0,86        |
| - Fødevandstemperatur før eco.:     | 109,3 °C    |
| - Fødevandstemperatur efter eco.:   | 160 °C      |
| - Tørhedsgrad før overheder         | 0,83        |
| - Brændselsoliens nedre brændværdi: | 41000 kJ/kg |

**Bestem:**

- Brændselsolieforbruget [kg/h]  
 Overført varmeeffekt i economiser [kJ/h, kW]  
 Overført varmeeffekt i fordamper [kJ/h, kW]  
 Overført varmeeffekt i overheder [kJ/h, kW]

### 3.14

I en hjælpekedel forbrændes pr. time 60 kg fuelolie. Oliens nedre brændværdi  $h_i = 40650$  kJ/kg. Kedlens virkningsgrad er 82%. Kedeltrykket er 6 bar.

**Bestem** kedlens dampproduktion [kg/h] ved følgende driftstilstande:

- Fødevandstemperatur 15°C og tørhedsgrad 0,95

- b) Fødevandstemperatur  $50^{\circ}\text{C}$  og tørhedsgrad 1  
 c) Fødevandstemperatur  $130^{\circ}\text{C}$  og dampen overhedet til  $290^{\circ}\text{C}$

### 3.15

Fra hjælpemaskineriet i et motorskib afgives 1500 kg spildedamp pr. time med et tryk på 1,2 bar og med 10% fugtighed. Dampen ledes til en kondensator, hvor den fortættes til vand af  $60^{\circ}\text{C}$ , ved at der ledes søvand gennem kondensatoren. Søvandets tilgangstemperatur er  $12^{\circ}\text{C}$  og dets afgangstemperatur er  $18^{\circ}\text{C}$ . Søvandets varmefylde er 4,17 kJ/kg $^{\circ}\text{C}$ .

**Find** søvandsmængden gennem kondensatoren [kg/h], når der ikke regnes med varmeafgivelse til omgivelserne.

### 3.16

I en dampkedel fordampes 50 tons vand pr. time ved et olieforbrug på 4 tons pr. time. dampens dannelsesvarme er 2600 kJ/kg og oliens nedre brændværdi er 38000 kJ/kg.

- a) **Find** kedlens virkningsgrad.  
 b) **Angiv** midler til forbedring af anlæggets virkningsgrad.

### 3.17

I en kedel tilføres dampen til overhederen med trykket 20 bar og et fugtighedsindhold på 5%. Efter overhederen har dampen samme tryk og temperaturen er steget til  $350^{\circ}\text{C}$ .

**Find** den varmemængde dampen har fået tilført i overhederen [kJ/kg]

### 3.18

**Bestem** dannelsesvarmen for dampen i en kedel, hvor kedeltrykket er 23 bar og dampens temperatur er  $400^{\circ}\text{C}$ . Fødevandstemperaturen er  $110^{\circ}\text{C}$ .

### 3.19

I en forvarmer skal der opvarmes 1200 kg brændselsolie pr. time fra  $30^{\circ}\text{C}$  til  $90^{\circ}\text{C}$ . Opvarmningen foregår ved hjælp af damp med et absolut tryk på 4 bar, indeholdende 10% fugtighed. Dampen fortættes til vand ved  $80^{\circ}\text{C}$ . Oliens varmefylde er 2,1 kJ/kg $^{\circ}\text{C}$  og vandets 4,19 kJ/kg $^{\circ}\text{C}$ .

**Find** dampforbruget til opvarmningen [kg/h]

### 3.20

Fra et kedelanlæg til et turbineskib haves følgende data:

- Brændoliforbrug:	2000 liter/h
- Brændoliens massefylde:	950 kg/m <sup>3</sup>
- Brændoliens nedre brændværdi:	40650 kJ/kg
- Dampproduktionen:	25500 kg/h
- Dampens tørhedsgrad:	0,97
- Damptryk i overbeholder:	42 bar
- Damptryk efter overheder:	40 bar
- damptemperatur efter overheder:	420 $^{\circ}\text{C}$
- Fødevandstemperatur før economiser:	137,9 $^{\circ}\text{C}$
- Fødevandstemperatur efter economiser:	188 $^{\circ}\text{C}$

**Beregn:**

- Kedlens fordampningstal [kg damp/kg olie]
- Kedelvirkningsgraden
- Tilført varmeeffekt i economiser [kJ/h; kW]
- Tilført varmeeffekt i fordamper [kJ/h; kW]
- Tilført varmeeffekt i overheder [kJ/h; kW]
- Tegn et ht-diagram og indsæt alle temperaturer og entalpier.

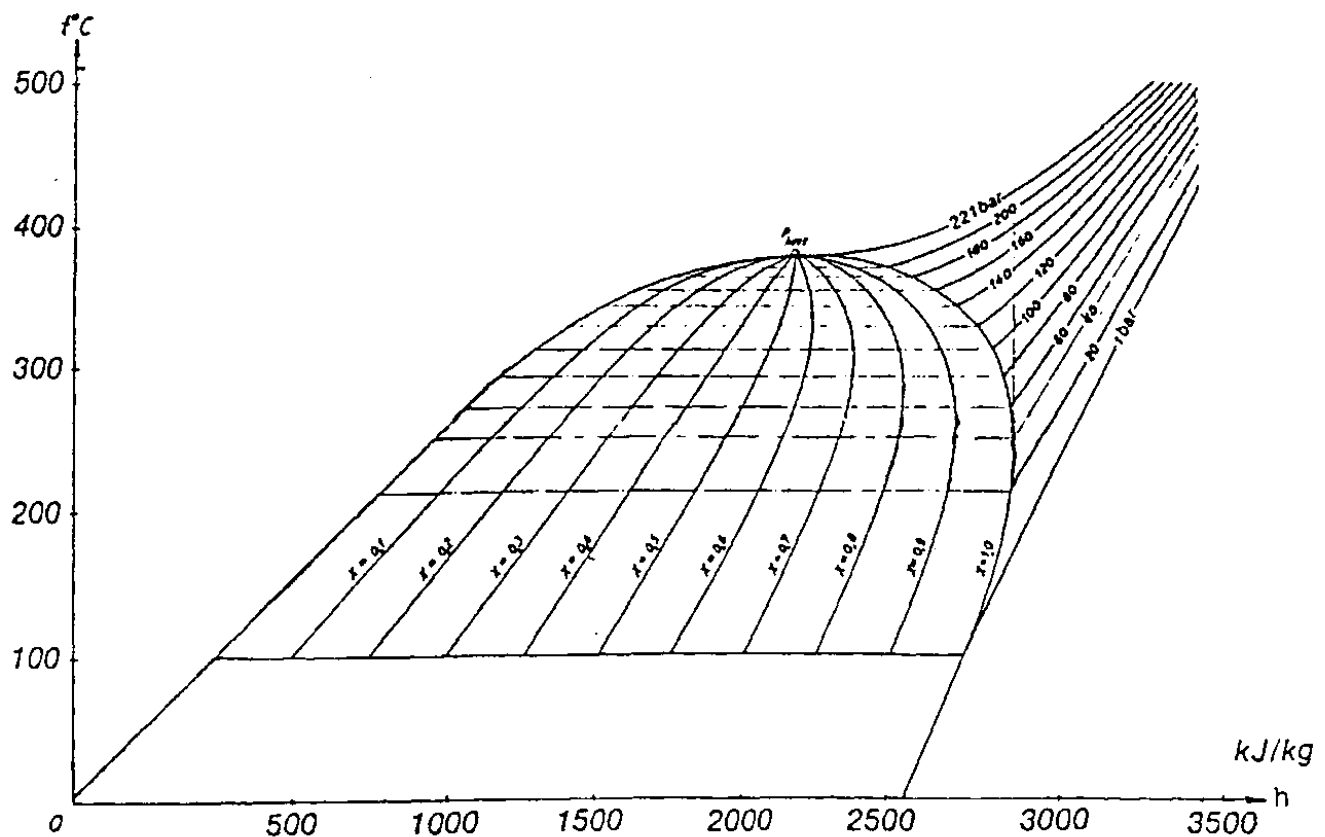
### 3.21

For en dampkedel haves følgende oplysninger:

- Fødevandstemperatur før economiser: 80°C
- Fødevandstemperatur efter economiser: 170°C
- Damptryk: 20 bar
- Dampens tørhedsgrad efter fordamper: 0,9
- damptemperatur efter overheder: 360°C
- Dampmængde: 14 t/h

Der regnes ikke med trykfald gennem kedlen.

- Skitsér** en kedel med economiser, fordamper og overheder. Påfør de opgivne data.
- Beregn** den overførte varmeeffekt i economiseren [kW]
- Beregn** den overførte varmeeffekt i fordamperen [kW]
- Beregn** den overførte varmeeffekt i overhederen [kW]
- Vis** den samlede opvarmnings- og fordampningsproces i nedenstående ht-diagram. Påfør entalpien for de enkelte trin i processen.





### 3.22

Et kedelanlæg med overheder afgiver under normale forhold damp med et tryk på 25 bar og temperatur  $310^{\circ}\text{C}$ . På grund af en uregelmæssighed er dampen blevet overhedet til  $350^{\circ}\text{C}$ , og den må derfor nedkøles til de  $310^{\circ}\text{C}$ , idet der blandes damp fra overbeholderen deri. Denne damp har trykket 27 bar og indeholder 3% fugtighed. der skal fremstilles i alt 1800 kg damp pr. time.

**Bestem:**

- Entalpien af den våde damp fra overbeholderen [kJ/kg]
- Entalpien af dampen fra overhederen ved temp.  $350^{\circ}\text{C}$  [kJ/kg]
- Entalpien af den blandede damp [kJ/kg]
- Mængden af den tilspædede våde damp [kg/h]

### 3.23

Fra en kedels overbeholder afgives damp med trykket 19 bar og tørhedsgrad 0,96, medens dampen ved afgang fra overhederen har tilstanden 17 bar og  $330^{\circ}\text{C}$ . Man ønsker ved blanding af damp med de to tilstande at fremstille damp med blandingstemperaturen  $270^{\circ}\text{C}$  og trykket 17 bar.

**Bestem** hvor mange procent af henholdsvis den våde og den overhedede damp, der skal anvendes for at opnå den rette blandingstemperatur.

### 3.24

En oliefyret kedel afgiver damp med et tryk på 35 bar og temperatur  $450^{\circ}\text{C}$ . Kedlen afgiver 24 t/h, ved et olieforbrug på 1950 kg/h. Oliens brændværdi er 41160 kJ/kg. Fødevandstemperaturen er  $135^{\circ}\text{C}$ . Hedefladebelastningen er  $57,7 \text{ kW/m}^2$

**Bestem:**

- Varmetabene fra kedlen [kW]
- Kedlens virkningsgrad
- Hedefladens størrelse
- Fordampningstallet [kg damp/kg olie]

### 3.25

En beholder med en ydre overflade på  $15 \text{ m}^2$  er dækket med et isolationslag, der er 50 mm tykt og med et varmeledningstal på  $0,093 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ . Temperaturen på isolationslagets inderside er  $95^{\circ}\text{C}$  og temperaturen på dets yderside er  $20^{\circ}\text{C}$ . **Find** varmetabet gennem isolationen [watt].

### 3.26

Gennem en hedeflade, der er 16 mm tyk og med et varmeledningstal på  $46,4 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$  er varmetransmissionen  $29000 \text{ W/m}^2$ .

**Find** temperaturforskellen mellem de to pladesider.

### 3.27

En kedelplade er 20 mm tyk og stålets varmeledningstal er  $46,4 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ . Varmeovergangstallene på pladens ildside og vandside er hhv.  $34,8$  og  $5800 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ . Røggassens temperatur er  $1200\text{°C}$  og vandets  $200\text{°C}$ .

a) **Find** varmetransmissionen gennem  $1 \text{ m}^2$  af pladen [ $\text{kW/m}^2$ ]

b) **Find** temperaturforskellen mellem pladens overflader [ $\text{°C}$ ]

### 3.28

Igennem en kedels hedeplade, der har en godstykkelse på 15 mm, overføres  $23200 \text{ W/m}^2$ . Når kedeltrykket er 15 bar ønskes overfladetemperaturen **bestemt** såvel på pladens vandside som dens ildside. Varmeovergangstallet på vandsiden sættes til  $6960 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$  og stålets varmeledningstal sættes til  $46,4 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ .

### 3.29

En plade i hedepladen er 16 mm tyk og har et varmeledningstal på  $46,4 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ . Temperaturen i fyrrummet er  $1200\text{°C}$ , og kedelvandets temperatur er  $200\text{°C}$ . Varmeovergangstallet på ildsiden er  $34,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ , og på vandsiden  $5800 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ .

a) **Beregn** varmetransmissionen under disse forhold [ $\text{W/m}^2$ ]

b) **Beregn** vægtemperaturen på pladens ildside [ $\text{°C}$ ]

Pladen belægges med et 5 mm tykt lag kedelsten med varmeledningstal  $2,3 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ .

c) **Find** hvor mange  $\text{°C}$  temperaturen på pladens ildside forøges ved kedelstensbelægningen, idet varmeovergangstallene er uforandrede og der fyres kraftigere, så varmetransmissionen i  $\text{W/m}^2$  holdes konstant.

### 3.30

I en dampkedel er hedepladebelastningen på en del af hedepladen  $23200 \text{ W/m}^2$ . På dette sted er fyrrumstemperaturen  $980\text{°C}$ . Kedeltrykket er 24 bar. Hedepladen belægges med et 3 mm tykt lag kedelsten med varmeledningstal  $0,58 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ .

**Find** den nye hedepladebelastning, når temperaturer og varmeovergangstal er uforandrede [ $\text{W/m}^2$ ].

### 3.31

I et kølerum skal temperaturen holdes på  $0\text{°C}$  ved hjælp af  $32/42 \text{ mm}$  stålrør, der gennemstrømmes af kølemiddel med en temperatur på  $-20\text{°C}$ . Varmeovergangstallene sættes til 600 og  $8 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ . Der dannes efterhånden et 10 mm tykt rimlag med et varmeledningstal på  $0,12 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$  på rørene.

**Hvilken** temperatur skal kølemidlet nu have for at kuldeydelsen kan opretholdes?

### 3.32

En kedelplade har en tykkelse på 20 mm og varmeledningstallet er  $52 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ .

Varmeovergangstallene på røg- og vandside er hhv.  $34,8$  og  $6930 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ . Røgens temperatur er  $1200\text{°C}$  kedelvandets  $180\text{°C}$ .

a) **Find** varmetransmissionen [ $\text{W/m}^2$ ]

b) **Bestem** temperaturforskellen mellem de to pladesider [ $\text{°C}$ ]

Kedelpladen belægges med et lag kedelsten på 5 mm, hvis varmeledningstal er  $1,4 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ .

- c) **Find** hvor mange procent varmetransmissionen herved formindskes, idet de øvrige forhold er uforandrede.

### 3.33

Et 32/42 mm rør til en vandrørskedel har varmeovergangstallene 7000 og  $60 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Varmeledningstallet for stålet er  $46,5 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ . Røgtemperaturen er  $1000^\circ\text{C}$  og vandtemperaturen er  $200^\circ\text{C}$ .

- a) **Find** varmetransmissionen gennem rørvæggen [ $\text{W/m}$ ]

Røret belægges med et 2 mm kedelstenslag med et varmeledningstal på  $0,58 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ .

- b) **Find** hvor mange procent varmetransmissionen reduceres med, hvis røg og vandtemperaturerne er uændrede [%]

### 3.34

Et indvendigt føderør har en længde på 5 meter og diametrene 44751 mm.

Fødevandsmængden er 4 t/h og vandet tilføres med en temperatur på  $80^\circ\text{C}$ , medens kedelvandets temperatur er  $200^\circ\text{C}$ . Varmeovergangstallene sættes til 6000 og  $14000 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

**Hvilken** temperatur har fødevandet, når det forlader røret? (der regnes med den tilnærmede middeltemperaturdifferens).

### 3.35

I en varmeveksler afkøles det ene flydende medium fra  $70^\circ\text{C}$  til  $50^\circ\text{C}$ , medens det andet mediums temperatur stiger fra  $20^\circ\text{C}$  til  $45^\circ\text{C}$ .

**Find:**

- Den tilnærmede middeltemperaturdifferens ved modstrøm [ $^\circ\text{C}$ ]
- Den logaritmiske middeltemperaturdifferens ved modstrøm [ $^\circ\text{C}$ ]
- den tilnærmede middeltemperaturdifferens ved medstrøm [ $^\circ\text{C}$ ]
- Den logaritmiske middeltemperaturdifferens ved medstrøm [ $^\circ\text{C}$ ]
- Kommentér de opnåede resultater.

### 3.36

En fødevandsforvarmer med en hedeplade på  $52 \text{ m}^2$ , tilføres tør mættet damp ved et tryk på 0,6 bar, hvorved der opvarmes en fødevandsmængde på 55770 kg/h fra  $44^\circ\text{C}$  til  $76^\circ\text{C}$ .

**Find** forvarmerens k-værdi [ $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ] (der regnes med den logaritmiske middel

## Turbiner

### 4.1

Fra et turbogeneratoranlæg foreligger følgende oplysninger:

• Turbinens indre isentropiske virkningsgrad	0,74
• Turbinens mekaniske virkningsgrad	0,94
• Generatorens virkningsgrad	0.95
• Damptryk før turbinens reguleringsventil	85 bar
• Damptemperatur for turbinens reguleringsventil	500 °C
• Damptryk efter turbinens reguleringsventil	80 bar
• Turbinens modtryk	5 bar

Ved beregningerne skal der ikke tages hensyn til varmeafgivelse til omgivelserne.

1. **Bestem** dampens temperatur ved udstrømning fra turbinen.
2. **Beregn**, hvor mange procent dampforbruget pr. produceret kWh ville reduceres, hvis turbinens modtryk bliver ændret til 0,05 bar, når det forudsættes, at turbineanlæggets øvrige data er uændrede.

### 4.2

Fra et turbineanlægs kondensator foreligger følgende oplysning:

• Temperatur i fortætningsrum	28 °C
• Vacuummålerens visning	96%
• Barometerstand	770 mmHg
• Vacuummåleren er kalibreret efter 100%'s visning er 760 mmHg	

1. **Beregn** luftens partialtryk i kondensatorens fortætningsrum, angivet i bar.
2. **Beregn** vacuummålerens visning, hvis barometerstanden havde været 750 mmHg.

### 4.3

Spildedamp fra en turbine ledes til en fødevandsforvarmer, der er udført som en pladevarmeveksler. I forvarmeren opvarmes fødevandet fra 90 °C til 120°C.

Fra fødevandsforvarmeren forligger endvidere følgende:

• Tilført fødevandsmængde	60 t/h
• Tilførdampmængde	3800 kg/h
• Damptryk ved tilgang	3 bar
• Entalpi af kondensat ved afgang	550kJ/kg
• Forvarmerens varmeoverførende areal	25 m <sup>2</sup>

Der ses ved beregningerne bort fra varmetab til omgivelserne.

1. **Beregn** spildedampens tørhedsgrad ved tilgang til forvarmeren.
2. **Beregn** forvarmerens varmetransmissionskoefficient, angivet i W/m<sup>2</sup>°C

#### 4.4

Simulator MC90

Find et scenario hvor skibet sejler full speed ahead med turbogenerator i drift.

**Følgende spørgsmål referere kun til turbogeneratoren.**

1. **Indtegn** processen i et Mollier diagram.
2. **Undersøg** ved beregninger om de simulerede effekter er realistiske (beregningerne skal dokumenteres).
3. **Beregn** kondensatortabet.

Eventuelle ikke kendte informationer (virkningsgrader m.m) fastsættes ud fra turbinebog, din egen viden og erfaring.

#### 4.5

Følgende data oplyses fra manualen for en Brotherhood turbogenerator:

- |                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| • Inlet Steam Pressure    | 7.5 bar.g                   |
| • Inlet Steam Temperature | 250 °C                      |
| • Exhaust Pressure        | 715 mm Hg<br>28.15 in Hg    |
| • Power Rating            | 1435 kW (MER) 1640 kW (CRM) |
| • Normal Turbine Speed    | 6577 rev/min                |
| • Normal Alternator Speed | 1,800 rev/min               |
| • Turbine Critical Speed  | 12910 rev/min               |

$\eta_{is}$  sættes til 0,80

$\eta_m$  sættes til 0,95

$\eta_{gen}$  sættes til 0,85

1. **Beregn** tilført dampmængde til turbinen ved CRM last.
2. Trykket sænkes til 0,05 bar i kondensatoren, **beregn** hvor meget dampmængden reduceres.
3. Hvad **forstås** ved Critical Speed?
4. Alternator Speed er 1,800 rev/min hvad **fortæller** denne information dig om generatoren?

#### 4.6

Fra et turbogeneratoranlæg foreligger følgende data:

- |  |              |
|--|--------------|
| • Turbinens isentropiske virkningsgrad       | 0,75         |
| • Turbinens mekaniske virkningsgrad          | 0,94         |
| • Generatorens virkningsgrad                 | 0,97         |
| • Damptryk efter turbinens reguleringsventil | 17 barg      |
| • Turbinens modtryk                          | 0,04 bar abs |
| • Damptryk afgang kedel                      | 19 barg      |
| • Damptemperatur afgang kedel                | 400 °C       |
| • Fødevandstemperatur før kedel              | 180 °C       |
| • Dampmængde afgang kedel                    | 10.000 kg/t  |
| • Indfyret oliemængde                        | 825 kg/t     |
| • Oliens nedre brændværdi                    | 39.250 kJ/kg |

Kedlen forsyner kun turbinen.

Tegn og beregn følgende:

1. Tegn en skitse visende kedel og turbine med data
2. Tegn et t/h-diagram visende kedlens entalpier
3. Tegn et Molliers diagram visende dampens forløb i turbinen
4. Turbinens indre tab i kW.
5. Turbinens mekaniske tab i kW
6. Generators tab i kW
7. Generatorens klemeffekt i kW
8. Kondensator tabet i kW
9. Anlæggets totale termiske virkningsgrad
10. Kedlens virkningsgrad
11. Kedlens fordampningstal
12. Hvad er dampens temperatur efter turbinens reguleringsventil?
13. Hvad er dampens tørhedsgrad efter turbinen?

#### 4.7

En turbine, der har et dampforbrug på 26,3 tons i timen, afgiver 6000 kW, og dens mekaniske tab anslås til 100 kW. Dampens tryk er 24 bar abs og dens temperatur 450 °C, medens kondensatortrykket er 0,04 bar abs.

**Beregn** følgende:

1. Turbinens indre ydelse i kW.
2. Det virkelige entalpifald i kJ/kg.
3. Turbinens mekaniske virkningsgrad.
4. Den indre isentropiske virkningsgrad.
5. Anlæggets totale virkningsgrad.
6. **Forklar** forskellen på det virkelige og det indre isentropiske entalpifald.

#### 4.8

Fra et turbineanlægs kondensator foreligger følgende:

- temperatur i fortætningsrum 30 °C
- vacuumålerens visning 92 %
- barometerstand 775 mmHg

**Beregn/forklar** følgende:

1. luftens partialtryk i kondensatorens fortætningsrum, angivet i bar.
2. vacuumålerens visning, hvis barometerstanden havde været 745 mmHg.
3. Hvilken betydning har luften for anlæggets ydelse?

#### 4.9

For et turbineanlæg oplyses følgende:

• damptyk for turbine	65 bar abs
• damptemperatur for turbine	500 °C
• dampens tilløbshastighed	30 m/s
• damptryk efter turbine	6 bar
• damptemperatur efter turbine	250 °C
• dampens afløbshastighed	160 m/s
• tilført dampmængde	6,0 t/h
• turbinens mekaniske virkningsgrad	0,94

1. **Beregn** turbinens koblingseffekt i kW, hvor der tages hensyn til damphastighederne og hvor der ikke tages hensyn til disse.

#### 4.10

1. **Lav** en skitse af en turbogeneratoren, hvor ventiler/reguleringsudstyr/overvågningsudstyr/shutdown-udstyr er placeret tegnet med de rigtige symboler se ISK-bogen.
2. **Giv** en kort præcis forklaring til hver enkelt komponent.

#### 4.11

1. **Beskriv** i punktform hvordan en turbine startes op.
2. **Forklar** de specielle problemer der er omkring opstart af en turbine.

## Anlægs-varmebalancer

### 5.1

Simulator MC90

Find et scenario hvor skibet sejler full speed ahead.

1. **Lav** et skema til brug for målinger, der skal kunne dokumentere hovedmotorens tilstand. Det er din opgave at vælge tryk, temperaturer m.m. som, ved sammenligning med tidligere målinger, kan dokumentere motorens tilstand (se B&W´s blå bøger).
2. **Udfyld** skemaet ved fuld speed ahead.
3. Du skal **vurdere** hovedmotorens tilstand ud fra målinger på motoren. For at kunne vurdere målingerne må du bruge B&W´s værdier (de blå bøger) som sammenligningsgrundlag.
4. Du skal **forslå** eventuelle vedligeholdelsesarbejder, der skal laves i første havn, og begrunde dit svar.

### 5.2

Simulator MC90

Du skal indlæse et scenario hvor skibet sejler fuld kraft frem og med simulatoren i "freeze" og løse følgende opgaver på skibets hovedmotor:

1. **Beregn** motoranlæggets tilførte effekter (incl. Turbolader + udstødskegel + turbine).
2. **Beregn** motoranlæggets afgivne effekter (incl. Turbolader + udstødskegel + turbine).
3. **Lave** et Sankey diagram for anlæggets effekter.
4. **Beregn** motorens termiske-, mekaniske- og økonomiske virkningsgrader.
5. **Beregn** anlæggets totale virkningsgrad.
6. **Giv** forslag til hvordan virkningsgraden kan øges.



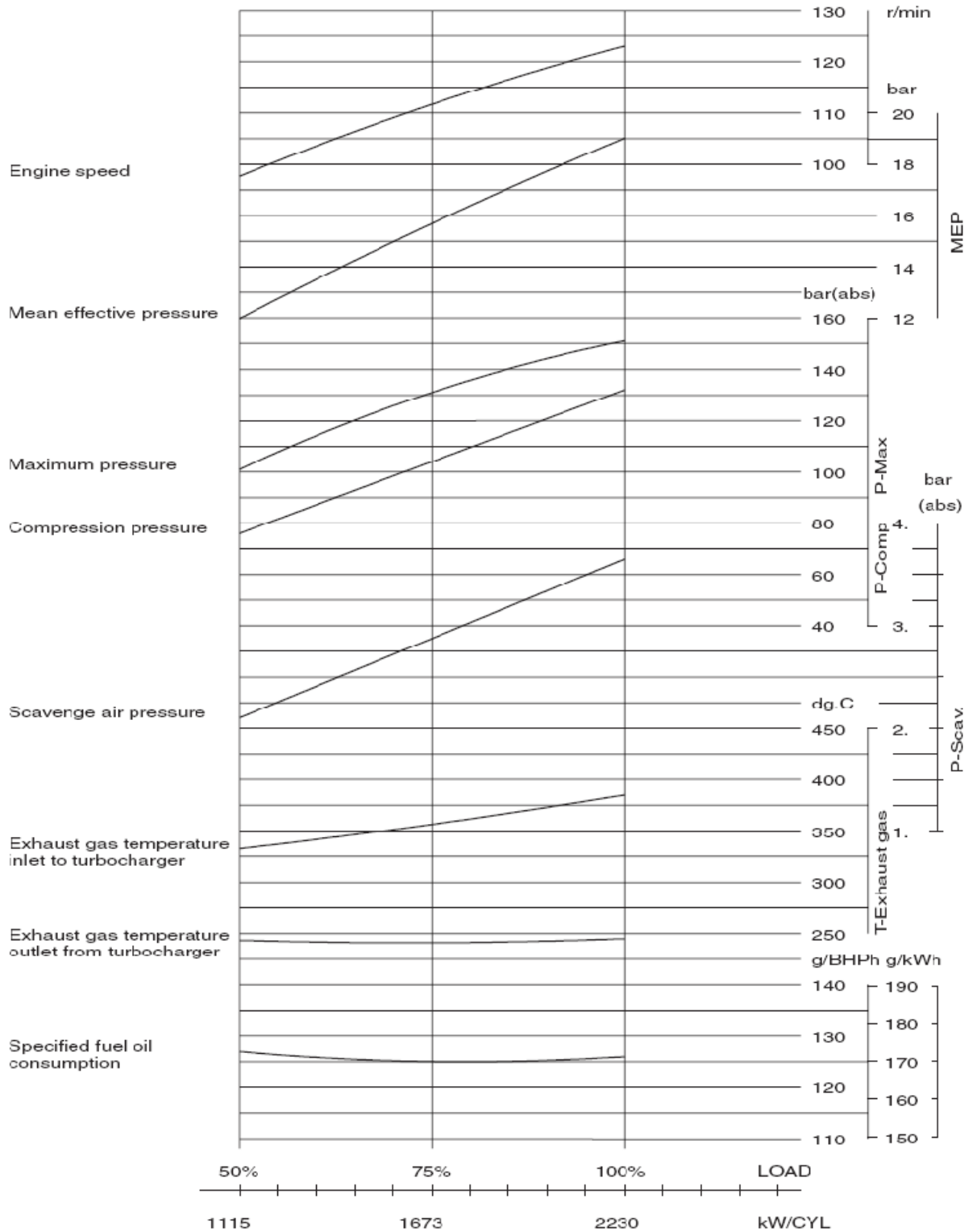


Fig. 1.03: Performance curves

178 22 71-7.0