

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for fysikk

**Kontaktperson:**

Navn: Ursula Gibson

Tlf: 7359 3336

NORSK + ENGLISH

*English text pages 2 – 3*

*Norsk tekst side 4 – 6*

*Nytting informasjon side/Useful information 6-7*

*Vedlegg side /Appendix page 8-12*

**EKSAMEN i FY 2290 Energiressurser**

Tirsdag 7. juni 2011

Varighet: 15:00-19:00

Antall sider: 12

Sensurfrist: 26. juni 2010

Tillatte hjelpemidler: Godkjent kalkulator, HP30S eller Citizen SR-270X.

*Fysiske parametere, konverteringstabell og likningslist, etc finnes på side 6-12.*

Du må svare på alle spørsmålene. Vekten til hvert spørsmål er gitt i små tall først i hver deloppgave.

I beregningsoppgavene må du vise hvordan du har gått fram, og tallsvar må gis med riktig enhet (benevning)

For the calculations, you must show your work to get credit, and units must be included (and appropriate).

## SECTION I

### Short answers (50 points)

- 1)<sub>4</sub> List two reasons for the increase in global energy use, and give a perspective on how the situation is likely to change for one of these in a) 20 years and b) 200 years
- 2)<sub>4</sub> Explain the difference between an energy resource and an energy vector, and give examples of each.
- 3)<sub>4</sub> List three types of potential energy, identify one that is often used for short term energy storage, and give an example of the device that stores energy in this form.
- 4)<sub>4</sub> Give approximate values for the efficiencies of *four* of the energy conversions below.  
Automobile (fuel → motion)  
Gas turbine (fuel → electricity)  
Coal-fired power plant (coal → electricity)  
Gas heater (natural gas → heat)  
Electrical heater (panel oven) (electricity → heat)
- 5)<sub>4</sub> Give the equation for the coefficient of performance and define the variables. Give an example of a device that would be characterized by this metric.
- 6)<sub>4</sub> What are the first and second laws of thermodynamics? State them in terms that relate to this course, and explain what they mean for the use of energy resources.
- 7)<sub>3</sub> How will the system entropy change during the following processes (increase, decrease, remain the same)
  - a) absorption of sunlight and conversion of water and CO<sub>2</sub> to carbohydrates in a plant
  - b) burning of gasoline at 800 °C in a car engine
  - c) mixing of the exhaust gases from the car engine with cooler air
- 8)<sub>4</sub> Explain what fractional distillation is, and give examples of two products of the process.
- 9)<sub>6</sub> Describe the costs and environmental and safety hazards associated with the extraction, transport and use of a fossil fuel of your choosing.
- 10)<sub>6</sub> What is the “greenhouse effect” and how can it be
  - a) a positive thing in house construction
  - b) a negative thing in earth’s climate.
- 11a)<sub>2</sub> What is the source for sulfuric acid in rain?
  - b)<sub>3</sub> Why has it been easier to reduce emissions of sulfur from cars, than to remove emissions of NO<sub>x</sub> gases ?
- 12)<sub>2</sub> Why is the “half-life” of radioactive elements a concern in relation to nuclear power?

See useful information page 6-12

Nytting informasjon side 6-12

## SECTION II (50 points)

### 13) Solar and Wind( 20 points)

The theoretical conversion efficiency of solar energy into wind energy has an upper limit of 1,2% [Vos & Wel, Theoretical and Applied Climatology **46**, 193].

a)<sub>15</sub> Compare the ultimate efficiency of the conversion from solar energy to electricity in the home using the following data:

Trondheim annual solar energy received 950 kWh/m<sup>2</sup>

Average wind velocity 10 m/sec

Windmill size 20 m<sup>2</sup>

conversion to electricity 90%

transmission loss 10%

40% of power in wind → mechanical power

Photovoltaic cell efficiency 15%

DC-AC conversion 85%

transmission loss 10%

b)<sub>5</sub> Calculate the ratio of the electricity delivered (including transmission losses as mentioned in a) above) of a 20m<sup>2</sup> solar panel per year in Trondheim compared to the 20m<sup>2</sup> windmill above

### 14) Heat pumps (8 points)

a)<sub>2</sub> Sketch the thermodynamic diagram for both a heat pump and a heat engine.

b)<sub>2</sub> What is the maximum theoretical efficiency of a heat engine operating with a burner at 1200C and cooling water at 45 C?

c)<sub>4</sub> Give an example of a commonly used heat engine, sketch the components, and describe the operation.

### 15) Tides (12 points)

The height of the tides in the Bay of Fundy in Canada is as much as 7 meters in the Minas basin. The mean tidal height change over the basin is 5.5 meters, and the area is approximately 40x50 km(the basin gets 5.5 m deeper each cycle).

a)<sub>8</sub> Estimate the electrical energy available per tidal cycle if all of the water were captured by a dam, released through turbines and converted to electricity with an efficiency of 70%.

b)<sub>4</sub> An alternative way of tapping this energy source is to have underwater turbines in a region where the tidal flow is strong. How would you need to alter the equation for the power of a windmill to use it to calculate the power delivered by such an underwater turbine?

### 16) BP report (10 points)

a)<sub>3</sub> Use the appended data to determine the per capita use of natural gas in Russia and Iran.

b)<sub>3</sub> What is the R/P ratio for natural gas in Canada? And in Norway?

c)<sub>4</sub> If Kuwait decided to keep and use all of their natural gas themselves, at current usage levels, how long would the supply last?

See useful information page 6-12

Nytting informasjon side 6-12

## Del I

### Korte svar (50 poeng)

- 1)<sub>4</sub> Nevn to årsaker til økning i energibruk globalt og forklar hvordan situasjonen for en av disse årsakene vil endres i et perspektiv på a) 20 år og b) 200 år.
- 2)<sub>4</sub> Forklar forskjellen på en energikilde og en energibærer (energivektor), og gi eksempler på hver av disse.
- 3)<sub>4</sub> Nevn tre typer potensiell energi, identifiser én som ofte brukes for kortsiktig energilagring og gi et eksempel på et apparat som lagrer energi i denne formen.
- 4)<sub>4</sub> Oppgi omtrentlige verdier for effektiviteten til *fire* av energikonverteringene nevnt under.  
Bil (drivstoff → bevegelse)  
Gass turbin (drivstoff → elektrisitet)  
Kullfyrt kraftverk (kull → elektrisitet)  
Gass ovn (naturgass → varme)  
Elektrisk ovn (panelovn) (elektrisitet → varme)
- 5)<sub>4</sub> Oppgi likningen for effektfaktoren og definer variablene som inngår. Gi et eksempel på et apparat som vil karakteriseres med denne størrelsen.
- 6)<sub>4</sub> Hva er termodynamikkens første og andre lov? Uttrykk dem med ord som er relevante for dette faget og forklar hva de betyr for bruk av energiresurser.
- 7)<sub>3</sub> Hvordan vil entropien til et system endres i løpet av følgende prosesser (øke, minke eller forbli den samme)
  - a) en plante som absorberer sollys og konverterer vann og CO<sub>2</sub> til karbohydrater
  - b) forbrenning av bensin ved 800 °C i en bilmotor
  - c) blanding av gassene i eksosen fra en bil med kjøligere luft
- 8)<sub>4</sub> Forklar hva fraksjonert destillasjon er og gi eksempler på to produkter fra prosessen.
- 9)<sub>6</sub> Beskriv kostnaden og farene for miljø og sikkerhet assosiert med utvinning, transport og bruk av et fossilt brensel. Velg selv hvilket brensel du beskriver.
- 10)<sub>6</sub> Hva er “drivhuseffekten” og hvordan kan den være
  - a) en positive ting i bygging av hus
  - b) en negative ting for jordas klima
- 11)<sub>2</sub> Hvor kommer svovelsyren i regn fra?
  - b)<sub>3</sub> Hvorfor har det vært lettere å redusere utslipp av svovel enn utslipp av NO<sub>x</sub> gasser fra biler?
- 12)<sub>2</sub> Hvorfor er halveringstiden til radioaktive stoffer et problem i forhold til kjernekraft?

See useful information page 6-12

Nytting informasjon side 6-12

## DEL II (50 poeng)

### 13) Solenergi og vind (20 poeng)

Den teoretiske effektiviteten for å *konvertere solenergi til vind* har en over grense på 1,2%.  
[Vos & Wel, Theoretical and Applied Climatology **46**, 193].

a)<sub>15</sub> Sammenlign *maksimal effektivitet* for konvertering av solenergi til elektrisitet for en husholdning ved bruk av følgende data:

Innstrålt solenergi i Trondheim per år 950 kWh/m<sup>2</sup>

Gjennomsnittlig vindhastighet 10 m/s

Vindturbinstørrelse 20 m<sup>2</sup>

Konvertering til elektrisitet 90%

Overføringsstap 10%

vind effekt → mekanisk effekt =40%

Solcelleeffektivitet 15%

DC-AC konvertering 85%

Overføringstap 10%

b)<sub>5</sub> Beregn hvor mye elektrisitet som leveres per år i Trondheim av et solcelle panel på 20m<sup>2</sup> (inkludert overføringstapene nevnt i a) over) i forhold til det vindmølla på 20m<sup>2</sup> kan levere.

### 14) Varmepumper (8 poeng)

a)<sub>2</sub> Skisser det termodynamiske diagrammet for både en varmepumpe og en varmekraftmaskin.

b)<sub>2</sub> Hva er maksimal teoretisk effektivitet for en varmekraftmaskin som opererer med en kjele (brenner) på 1200 °C og kjølevann på 45 °C?

c)<sub>4</sub> Gi et eksempel på en varmekraftmaskin som er vanlig å bruke, skisser komponentene og beskriv hvordan den fungerer.

### 15) Tidevann (12 poeng)

Tidevannsforskjellen i Bay of Fundy i Canada er på hele 7 meters i Minas bassenget.

Middelverdien av tidevannsforskjellen i bassenget er 5,5 meter, og arealet er ca 40x50 km (bassenget blir i snitt 5,5 m dypere i hver sykel av tidevannet).

a)<sub>8</sub> Estimer hvor mye elektrisk energi som er tilgjengelig per tidevannsykel om alt vannet ble demmet opp, sluppet ut gjennom turbiner og konvertert til elektrisitet med en effektivitet på 70%.

b)<sub>4</sub> En alternativ måte å utnytte denne energikilden på er å ha undervannsturbiner i et område hvor tidevannsstrømmen er sterk. Hvordan må du endre uttrykket for effekt levert av en vindturbin for å kunne beregne effekten levert av en slik undervannsturbin?

### 16) BP rapporten (10 poeng)

a)<sub>3</sub> Bruk vedlagte data for å bestemme bruk per person for naturgass i Russland og i Iran.

b)<sub>3</sub> Hva er R/P forholdet for naturgass i Canada? Og i Norge?

c)<sub>4</sub> Hvis Kuwait bestemte seg for å beholde all naturgassen for seg selv, med dagens forbruksnivå, hvor lenge vil gassen vare?

See useful information page 6-12

Nytting informasjon side 6-12

## Useful information

### 1) Energikonverteringsfaktorer / Energy conversion

		J	kWh
1 joule (J)	er lik / equals	1	$2.78 \times 10^{-7}$
1 kilowatt hour (kWh)	er lik / equals	$3.60 \times 10^6$	1

### 2) Likningsliste / List of equations

$$P(t) = \frac{1}{\beta} \left( 1 - \frac{Q(t)}{Q_{\infty}} \right) Q(t)$$

$$Q(t) = \frac{Q_{\infty}}{1 + Ae^{-t/\beta}}$$

$$P(t) = P_0 \left( \frac{Q_{\infty}}{Q_0} \right)^2 \frac{e^{-t/\beta}}{(1 + Ae^{-t/\beta})^2}$$

$$A = \frac{Q_{\infty} - Q_0}{Q_0}$$

$$\beta = (Q_{\infty} - Q_0) \frac{Q_0}{Q_{\infty} P_0}$$

$$t_m = \left( 1 - \frac{Q_0}{Q_{\infty}} \right) \frac{Q_0}{P_0} \ln \left( \frac{Q_{\infty}}{Q_0} - 1 \right)$$

$$P_m = P(t_m) = \frac{Q_{\infty}^2 \cdot P_0}{4 \cdot Q_0 \cdot (Q_{\infty} - Q_0)}$$

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\text{COP} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L} = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

$$\frac{P}{A} = \epsilon \sigma T^4$$

$$\lambda_m [\mu\text{m}] = \frac{2898}{T[\text{K}]}$$

$$E_{\text{pot}} = mgh = \rho Vgh$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\frac{P}{A} = 6,1 \times 10^{-4} v^3 [\text{kW/m}^2]$$

$$A = \pi r^2 = \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2$$

$$\frac{Q}{t} = A \frac{T_i - T_o}{R}$$

$$R = \frac{1}{k}$$

$$Q = mc\Delta T$$

$$m = \rho V$$

$$Q = A \frac{1}{R} \Delta T \Delta t = AU\Delta T \Delta t$$

$$Q = A \cdot U \cdot G \cdot h_{\text{day}}$$

$$F_a = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F_h = mg\alpha$$

$$F_r = k_r \cdot m \cdot g \cdot \cos\theta$$

$$F_{\text{ad}} = \frac{1}{2} \cdot A_f \cdot C_D \cdot \rho \cdot v^2$$

### 3) Energiekvivalenter / Energy equivalents

	J	kWh
Råolje / Oil (per fat/barrel, 1fat/barrel = 159 l)	$6.12 \times 10^9$	1700
Kull / Coal (per ton, 1 ton = 907 kg)	$2.81 \times 10^{10}$	7800
Gass / Gas (per 1000 ft <sup>3</sup> , 1 ft <sup>3</sup> = 28.3 l)	$1.09 \times 10^9$	303
U <sup>235</sup> (per g)	$8.28 \times 10^{10}$	36.6

See useful information page 6-12

Nyttig informasjon side 6-12

#### 4) Liste over fysiske parametre / List of physical parameters

$$g=9.8\text{m/s}^2 \quad \sigma=5.672 \cdot 10^{-8}\text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$$

#### 5) Population data

Canada	34.5	$\times 10^6$
Kuwait	2.7	$\times 10^6$
Iran	75	$\times 10^6$
Norway	5.0	$\times 10^6$
Russia	143	$\times 10^6$
USA	350	$\times 10^6$