

Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet
Institutt for fysikk

NORSK + ENGLISH
English translation on page 4-5.

Kontaktperson:

Navn: Turid Worren Reenaas

Tlf: 7359 0386

EKSAMEN i FY 2290 Energiressurser

Onsdag 27. mai 2009

Varighet: 9-13

Antall sider: 5

Sensurfrist: 18. juni 2009

Tillatte hjelpemidler:

- 1) Kalkulator HP30S eller Citizen SR-270X
- 2) English Dictionary: "The Pocket Oxford English Dictionary"

Fysiske parametere, konverteringstabell og likningsliste finnes på side 3.

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

OPPGAVE 1: FORURENSNING (30%)

- a) (10%) Hva er de viktigste forurensningene relatert til elektrisitetsproduksjon i kraftverk?
(Hint: Hvilke typer kraftverk typer finnes, og hvilken forurensning er assosiert med disse?)
Hva er de største problemene med disse forurensningene?
- b) (10%) Hva bestemmer om et utslipp av forurensning vil stige og uttynnes eller ei? Beskriv hvordan situasjoner der forurensningen hindres i å stige oppstår.
- c) (10%) På grunn av termisk inversjon øker temperaturen i omgivelsene med 1°C per 100m over bakken. Hvis det slippes et utslipp (med temperatur 20°C over omgivelsestemperaturen) ved bakkenivå, hvor høyt vil forurensningen stige, når forurensningens temperaturendring er på $-0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$?

Hvor høyt vil forurensningen stige om omgivelsene har normal temperaturprofil?
(Tallsvar kreves ikke.)

OPPGAVE 2: BIOENERGI (15%)

- a) (10%) Hva er bioenergi? Nevn både kilder/typer og bruksmåter.
- b) (5%) Nevn minst tre positive og tre problematiske sider forbundet med produksjon av bioenergi (også kalt "energy farming").

OPPGAVE 3: BILKJØRING (15%)

- a) (10%) Hvilke krefter virker på en bil som akselereres i en oppoverbakke? Lag figur og indiker kreftene og skriv opp (og forklar) uttrykk for de ulike kreftene.
- b) (5%) Hva er sammenhengen mellom drivstoff bruk og kreftene som virker på bilen? Hvordan kan drivstoffbruken reduseres?

OPPGAVE 4: ENERGIFORSYNING PÅ FÆRØYENE (40%)

Færøyene (60.4°N, 1.4°Ø) har et årlig strømforbruk på 0,27 TWh. De lokale myndighetene har bestemt seg for å produsere mer strøm ved å utnytte en av de fornybare energikildene de har, og eksportere overskuddselektrisiteten som genereres.

- a) (15%) Hvilken av kildene vindkraft, bølgekraft eller PV bør velges for maksimal strømproduksjon? Beregn hvor mye strøm som kan genereres fra disse energikildene ved bruk av antagelsene under. Gi svarene i TWh og J.

Antagelser:

- Gjennomsnittlig vindhastighet 6 m/s. Turbindiameter 100m, lufttetthet $1,1\text{kg/m}^3$, turbineffektivitet 60% av teoretisk maksimum. Generatoreffektivitet: 95%. Anta at det er plass til 200 vindturbiner.
 - Årlig solinnstråling: 1000kWh/m^2 . Solceller med typisk effektivitet. Anta at det er plass til 25km^2 med solceller, plassert i optimal vinkel mot sola.
 - 110km kystlinje tilgjengelig for bølgeenergi. Bølgeenergi potensial: 60kW/m . Bølgeenergiteknologi effektivitet (inkludert generator): 20%.
- b) (5%) Hvilken av teknologiene over vil være mest pålitelig når det gjelder kontinuerlig elektrisitetsproduksjon og når det gjelder minimalisering av driftskostnadene? Begrunn svaret.
- c) (5%) Hvordan kan energien transporteres fra Færøyene til fastlandet? Hva er fordeler og ulemper med de ulike?
- d) (5%) Hvorfor er det korrekt å si at elektrisitet forbrukes, mens energi bevares?
- e) (5%) Hvordan kan befolkningen på Færøyene skaffe varme til boligoppvarming fra fornybare energikilder? Nevn den viktigste fordelen og ulempen med de ulike alternativene.
- f) (5%) Hvordan kan de skaffe fornybar energi for transport? Nevn den viktigste fordelen og ulempen med de ulike alternativene.

VEDLEGG/ APPENDIX

1) **Energienhetkonverteringsfaktorer/ Energy unit conversion factors**

		J	kWh
1 joule (J)	er lik/equals	1	2.78×10^{-7}
1 kilowatt hour (kWh)	er lik/equals	3.60×10^6	1
1 toe	er lik/equals	41.868×10^9	

2) **Likningsliste/ List of equations**

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho \cdot \eta \cdot v^3$$

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

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

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

$$Q = mc\Delta T$$

$$m = \rho V$$

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

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

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

$$F_h = mg\alpha$$

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

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

3) **Liste over fysiske parametre/ List of physical parameters**

Tyngdens akselerasjon: $g=9,8\text{m/s}^2$

Stefan-Boltzmanns konstant: $\sigma=5,672 \cdot 10^{-8} \text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

ENGLISH TRANSLATION:

The Norwegian University of Science and Technology
Department of physics

ENGLISH

Contact person:

Name: Turid Worren Reenaas

Tel: 7359 0386

EXAM IN FY 2290 Energy resources

Wednesday May 27th 2009

Duration: 9-13

Permitted aids: 1) Calculator HP30S or Citizen SR-270X
 2) English Dictionary: "The Pocket Oxford English Dictionary"

Physical parameters and lists of equations are given in page 3.

You can answer in either Norwegian or English, and you have to answer all questions in all 5 problems. The weight for each problem is given in the parentheses.

PROBLEM 1: POLLUTION (30%)

- a) (10%) What pollutants are related to electricity generation in power plants? (*Hint: What kind of power plants are there, and what pollution is associated with them?*) What are the major concerns related to these pollutants?
- b) (10%) What determines whether an emission of pollution will rise and be diluted or not? Describe how situations where the pollution is prevented from rising occur.
- c) (10%) As a result of thermal inversion the temperature in the surroundings increases with 1°C per 100m above the ground. If pollution (with temperature 20°C above the ambient) is emitted at ground level, to what altitude will the pollution rise, when the lapse rate of the pollution is $-0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$?

How high will the pollution rise if the ambient has a normal temperature profile?
(Numerical answer not needed.)

PROBLEM 2: BIOENERGY (15%)

- a) (10%) What is bioenergy? Mention both sources/types and usage.
- b) (5%) List at least three positive and three problematic sides with bioenergy production (energy farming).

PROBLEM 3: CAR TRANSPORT (15%)

- a) (10%) What forces work on a car that accelerates in an up-hill slope? Draw a figure and indicate the forces, and write down (and explain) expressions for the different forces.
- b) (5%) What is the link between fuel usage and the forces that work on the car? How can the fuel consumption be reduced?

PROBLEM 4: ENERGY SUPPLY IN THE FAROE ISLANDS (40%)

The Faroe Islands (60.4°N, 1.4°E) have an annual electricity consumption of 0.27 TWh. The local authorities have now decided to start generating more electricity using one of their available renewable energy sources, and to export any excess electricity generated.

- a) (15%) Which of the sources wind energy, wave energy or PV should be selected, for maximum generation of electricity? Calculate how much electricity can be generated from the energy sources, using the assumptions listed below. Give the answers in TWh and J.

Assumptions:

- Average wind speed: 6m/s. Turbine diameter 100m, air density 1.1kg/m^3 , turbine efficiency 60% of theoretical maximum. Generator efficiency: 95%. Assume there is room for 200 wind turbines.
 - Annual solar irradiation: 1000kWh/m^2 . Solar cell with typical efficiencies. Assume there is room for 25km^2 solar cells, mounted at an optimum angle towards the sun.
 - 110km coastline available for wave energy. Wave energy potential: 60kW/m . Wave technology efficiency (including generator): 20%.
 -
- b) (5%) Which of the available technologies will be the most reliable in terms of continuous electricity generation and in terms of minimization of running costs? State the reasons for your answers.
- c) (5%) Why is it correct to say that electric energy is consumed while energy is conserved?
- d) (5%) How can the energy be transported to the main land? List advantages and disadvantages for the different ways.
- e) (5%) How can the population on the Faroe Island supply heat from renewable sources for space heating? What is the most important advantage and disadvantage for the various alternatives?
- f) (5%) How can they supply renewable energy for transportation? What is the most important advantage and disadvantage for the various alternatives?