Tentamen Blijvende Energiebronnen (4P510)

Datum:	**30 oktober 2009**
Tijd:	**09.00 – 12.00 uur**

N.B. Aangezien de vraagstukken van dit tentamen door verschillende docenten worden beoordeeld, dient u elk vraagstuk op een afzonderlijk vel te zetten onder vermelding van:

1. het vraagstuknummer
2. uw naam en voorletters
3. uw identiteitsnummer
4. uw faculteit

Maakt u toch meerdere vraagstukken op één vel papier, dan wordt alleen het eerste vraagstuk beoordeeld, terwijl de andere vraagstukken daarmee komen te vervallen.

Het gebruik van dictaten en aantekeningen is niet toegestaan.
Het gebruik van eenvoudige rekenmachines is toegestaan.

Veel succes!

Examination Renewable Energy Sources (4P510)

Date:	**Oktober 30, 2009**
Time:	**09.00 – 12.00 hours**

Note: Different lectures will correct the answers to the various problems for this examination. Would you be so kind to write down every answer on a different sheet of paper. Please note on every sheet of paper you use the following:

1. the problem number
2. your last name and initials
3. your identity (student) number
4. your department

Should you write down answers to more than one problem on one piece of paper, then the first answer will be corrected and the other answers will be void.

The use of course books and notes is not allowed.
The use of simple calculators is allowed.

Good luck!

Vraagstuk 1 Algemene inleiding (11 punten)

a. Bespreek vier fundamenteel verschillende maatregelen om de emissie van CO_2 te beperken. Schenk daarbij aandacht aan de potentiële bijdrage van deze maatregelen aan CO_2-reductie.

b. Welke problemen komt men tegen bij de grootschalige implementatie van duurzame energiebronnen? Noem vier problemen en licht deze toe.

c. Welke hernieuwbare bron produceert, op dit moment, de grootste hoeveelheid elektriciteit?

Problem 1 General introduction (11 points)

a. Discuss four fundamentally different measures to reduce CO_2 emission. Pay attention to the potential contribution to CO_2-reduction.

b. What problems are faced when sustainable energy sources are implemented on a large scale? Mention and explain four problems.

c. Which renewable energy source produces the largest amount of electricity at this moment?

Vraagstuk 2 Biomassa (11 punten)

a) Wat wordt bedoeld met het veresteren van bio olie (van b.v. raapzaad). Waarom wordt dit gedaan?

b) Geef de Fischer-Tropsch reactie met ijzer als katalysator.

c) Wat is het verschil tussen bio-diesel en Fischer-Tropsch diesel ? Geef enkele redenen waarom Fischer-Tropsch diesel schoner verbrandt dan bio-diesel.

d) Een auto rijdt per jaar 20.000 km en gebruikt 1 liter RME (rapeseed methyl ester) per 10 km (de energie inhoud van een liter is 36 MJ). De RME wordt van raapzaadolie gemaakt, met een volumetrisch rendement van 60% (1 liter raapzaadolie levert 0.6 liter RME). Het totale rendement om zonne-energie om te zetten in raapzaadolie is 0,1 % (op elke m^2 valt 1000 kWh aan zonne-energie per jaar). Hoeveel ha is er nodig om de auto te laten rijden?

Problem 2 Biomass (11 points)

a) What means esterification of bio oil (for instance from rape seed)? Why is this done?

b) Write down the Fischer-Tropsch reaction with iron as a catalyst.

$\frac{20000}{10} = \frac{2000}{0,6} =$ MJ

ha = 100x100

1000 kwh · 0,001 = 1 kwh/m²

c) What is the difference between bio-diesel and Fischer-Tropsch diesel ? Give some reasons why Fischer-Tropsch diesel burns cleaner than bio-diesel.

d) A car is driving 20,000 km a year and uses 1 liter of RME (rapeseed methyl ester) per 10 km (1 liter has an energy value of 36 MJ). The RME is produced from rapeseed oil with a volumetric efficiency of 60% (1 liter of rapeseed oil gives 0.6 liters of RME). The overall efficiency of converting solar energy into the rapeseed oil is 0.1 % (each m^2 receives 1000 kWh as solar energy per year). How much ha are needed to drive the car?

Vraagstuk 3 Fotovoltaïsche omzetting (11 punten)

a) Definieer de IV vergelijking van een p-n junctie (ofwel diode) en teken een nauwkeurig schema van de stroom als functie van de spanning (in het donker). Definieer ook I_s.
b) Een multi-kristallijn Si zonnecel heeft een Voc= 0.6 V, een Isc= 3 A/dm^2 en een FF= 0.8. Bereken het vermogen dat gegenereerd wordt bij het *maximum power point* (onder AM1.5 standaard testcondities, 1000 W/m^2, 25 ^{0}C). Met het *irradiance* gelijk aan 1000W/m^2, bereken ook de efficiëntie van de zonnecel.
c) Maak een nauwkeurige tekening van de structuur van een netgekoppelde fotovoltaïsche systeem en verklaar de functie van de verschillende componenten.
d) Beschrijf het gedrag van de efficiëntie van een omvormer (ofwel *inverter*) als functie van DC vermogen.

Problem 3 Photovoltaic conversion (11 points)

a) Define the IV equation of a p-n junction (also known as diode) and draw a detailed schema of the current as function of the voltage (in the dark). Give also a definition for I_s.
b) A multi-crystalline Si solar cell has a Voc= 0.6 V, an Isc= 3 A/dm^2 and a FF= 0.8. Calculate the power generated at the *maximum power point* (under AM1.5 standard test conditions, 1000 W/m^2, 25 ^{0}C). With an irradiance equal to 1000W/m^2, calculate also the efficiency of the solar cell.
c) Make an accurate drawing of the structure of a grid-connected photovoltaic system and clarify the function of the different components.
d) Describe the behaviour of the efficiency of an inverter as function of the DC power.

$\frac{V}{A}$

1kWh = 3,6 MJ

1 L = 36 MJ = 10 kWh

$0{,}8 = FF = \frac{\eta}{\eta} = \frac{V_{oc}}{}$

FF

$P = \eta \cdot A \cdot 1000$

[W_p]

1000 W/m^2

$FF = \frac{I \cdot V_{max}}{I_{sc}}$

6 V

0,03 A/m^2

$\left[\frac{W}{m^2}\right]\left[\frac{m^2}{A}\right]$

max power point = W_p

Vraagstuk 4 Zonnecollectoren (11 punten)

a) Voor een vlakke plaat collector kan de efficiëntie geschreven worden als:
$\eta = F_R\,(I_p - h_v\,(T_i - T_a))/I_0$

Benoem alle variabelen in deze formule.
Geef hun (SI) eenheden erbij.

b) Waarom worden de temperaturen in een afgedekte vlakke plaat collector hoger dan in een niet-afgedekte collector?
Wat zijn de twee belangrijkste warmteverlies mechanismen?

c) Beschrijf kort en bondig de werking van een spectraal-selectieve coating op de absorber van een zonnecollector

Problem 4 Solar collectors (11 points)

a) For a flat-plate solar collector the efficiency can be written as:
$\eta = F_R\,(I_p - h_v\,(T_i - T_a))/I_0$

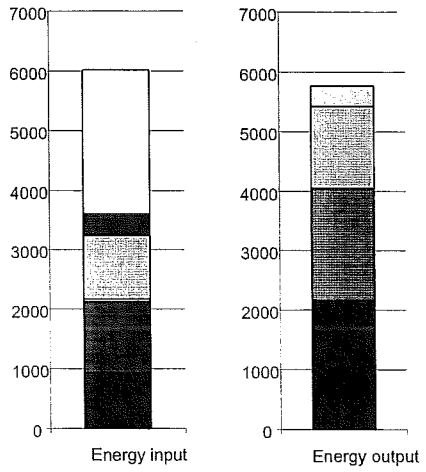
Describe all the variables in this formula.
Give also the corresponding (SI) units.

b) Why are the temperatures reached in a covered solar collector higher than in a non-covered collector.
What are the two most important heat loss mechanisms?

c) Describe briefly and to the point the functioning of a spectral-selective coating on the absorber of a solar collector.

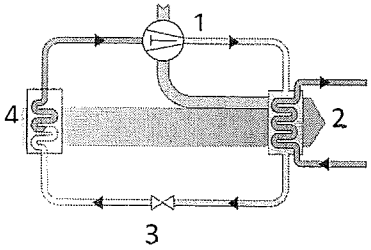
Vraagstuk 5 Duurzame energie in de gebouwde omgeving (11 punten)

a) Maak een energiebalans van een nieuwbouwwoning met balansventilatie met warmteterugwinning, beschouwd over een periode van een jaar (termen voor uitgaande energie, termen voor ingaande energie, schat getalsgrootte en geef eenheden van de termen). Een voorbeeld is hiernaast afgebeeld.



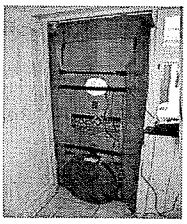
[-] [$\frac{[K][m^2]}{[W]}$

b) Een elektrische compressiewarmtepomp verpompt warmte van 12 °C naar 55 °C. De compressor heeft 1 kW elektriciteit nodig om de warmtepomp 5 kW warmte te laten leveren.
De compressor (1) is een van de 4 hoofdonderdelen van een warmtepomp.
   a) wat zijn de andere drie hoofdonderdelen?
   b) geef de definitie van COP;
   c) bereken de ideale (Carnot) COP van deze warmtepomp;
   d) wat is de daadwerkelijke COP van de warmtepomp?



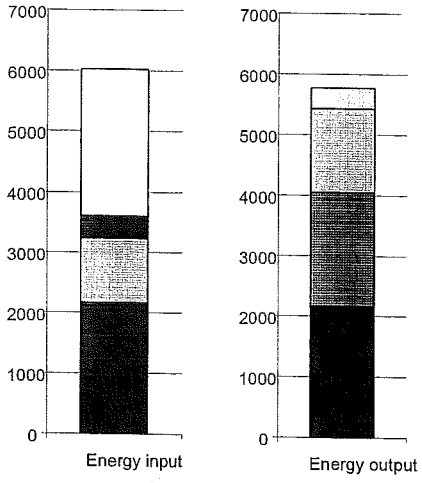
c) Welke twee functies van ramen zijn de belangrijkste voor de energiebalans van een gebouw?

d) Beschrijf twee methoden waarmee warmteverliezen in gebouwen kunnen worden gemeten.



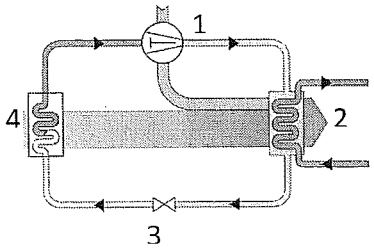
Problem 5 Renewable energy in the built environment (11 points)

a) Make a heat balance of a new house with a balanced ventilation system with heat recovery, assuming a period of a year. (terms for energy losses, terms for energy gains, estimate value and give units to the terms). An example is given beside.



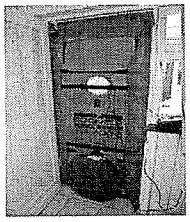
Gains + vent + infilt + cooling
internal + sun + conductional + internal

b) An electric compression heat pump transfers heat from 12 °C to 55 °C. The compressor needs 1 kW of electrical power to let the heat pump deliver 5 kW of heat. The compressor (1) is one of the four main components of the heat pump.
   a. which are the three other main components?
   b. give the definition of the COP;
   c. calculate the ideal (Carnot)COP of this heat pump;
   d. what is the actual COP of this heat pump?



c) Which two functions of a window are the most important for the energy balance of a building?

d) Describe two methods to measure heat losses in buildings.



Vraagstuk 6 Windenergie (11 punten)

Windturbine karakteristieken

Beschouw een moderne driebladige variabel toeren windturbine met een diameter van 80 m en een geïnstalleerd vermogen van 2 MW. De nominale windsnelheid is 12 m/s.
Veronderstel dat er slechts twee van de drie rotorbladen van deze machine worden gebruikt en dat deze twee, met een nieuwe naaf, worden bevestigd op de machine zonder de andere componenten aan te passen.

a) Wat gebeurt er dan met het (geïnstalleerd) vermogen? Wordt dat lager, blijft dat gelijk of wordt het groter? Geef een korte verklaring bij je antwoord.
b) Wat gebeurt er met de nominale windsnelheid? Wordt deze lager, blijft deze gelijk of wordt deze hoger? Geef een korte verklaring bij je antwoord.

c) Wat gebeurt er met de stopwindsnelheid? Wordt deze lager, blijft deze gelijk of wordt deze
hoger? Geef een korte verklaring bij je antwoord.
d) Welke modificaties kunnen de elektriciteitsopbrengst van deze windturbine verhogen?
e) Hoe schat je de totale elektriciteitsopbrengst van de gemodificeerde 2 bladige windturbine in?
1: aanzienlijk minder 2: iets minder 3:gelijk 4: iets hoger
dan (aan) de originele driebladige machine. Geef een korte verklaring bij je antwoord!

Problem 6 Wind energy (11 points)

Wind turbine characteristics

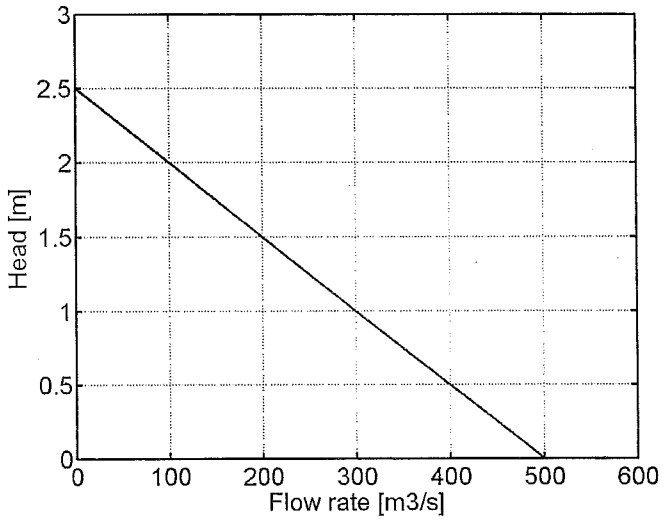
Consider a modern three bladed variable speed windturbine with a diameter of 80 m and an installed capacity of 2 MW. The rated wind speed of this windturbine is 12 m/s.
Imagine you take 2 blades of this machine, design a new hub (for two blades) and put it up again on the machine, without changing the rest of the components.

a) What will happen with the (installed) capacity? Will it decrease, stay the same or increase? Explain your answer shortly.
b) What will happen with the rated windspeed? Will it decrease, stay the same or increase? Explain your answer shortly.
c) What will happen with the cut-out windspeed? Will it decrease, stay the same or increase? Explain your answer shortly.
d) What kind of modifications would you propose to enhance the electricity production of this wind turbine?
e) How would you value the total electricity production of the modified 2 bladed machine?
1: significantly less 2: slightly less 3: equal 4: slightly more
than (to) the original three bladed machine.
Explain your answer shortly!

Vraagstuk 7 Waterkracht (11 punten)

WATERKRACHT UIT DE NEDERRIJN BIJ DRIEL

Op dit moment wordt onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid van een waterkrachtcentrale in de Neder-Rijn bij Driel (NL).
Er bevindt zich daar al een stuw voor regulatie van het waterpeil. Onderstaand figuur geeft schematisch de waterafvoer in m^3/s (die varieert in de tijd), in relatie tot de stuwhoogte in m:



Gevraagd wordt:

a) Welk turbinetype ligt toepassing hier voor de hand: Een propeller of een Pelton turbine, en waarom?

b) Veronderstel dat water ongehinderd door een opening door de stuw stroomt, welke snelheid zou het dan krijgen bij een valhoogte van 180 cm?

c) Bij 100 m^3/s bedraagt de beschikbare valhoogte 2 meter. Als wordt afgezien van verliezen, hoe groot is dan theoretisch het beschikbare hydraulische vermogen (MW)?

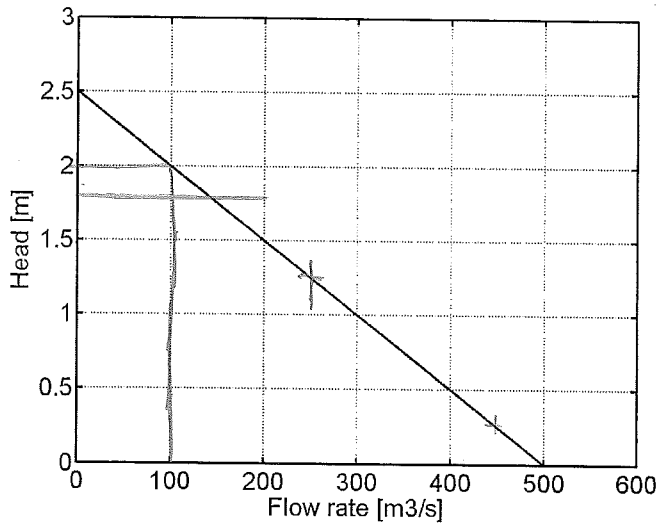
d) Bij welke combinatie van waterstroom [m^3/s] en valhoogte is het hydraulisch vermogen maximaal en hoe groot is dat maximum vermogen (alweer afgezien van verliezen)?

e) Op dit moment passeert het water nog onbenut de stuw. Waar blijft de hydraulische energie nu, in welke energievorm wordt het uiteindelijk getransformeerd?

Problem 7 Hydropower (11 points)

HYDROPOWER FROM THE NEDERRIJN AT DRIEL

Currently, the feasibility of a hydropower plant in the Neder-Rijn at Driel (NL) is studied. At Driel a weir already exists, regulating the stream upward water level. Figure below schematically gives water flow in m3/s (that varies in time), in relation to the water head (difference between water levels on both side of the weir), in m.



$m = V \cdot \rho$

Questions:

a) Which turbine type would you recommend for this site: A Pelton of a Propeller turbine, and why?

$\frac{1}{2} m v^2$

b) Suppose water flows unhindered through an opening in the weir. What, at a head of 180 cm, is the max. flow velocity?

c) At 100 m^3/s flow, the available head is 2 meter. If losses are not taken into account, what is the available hydraulic power (MW)?

d) Which combination of water flow (m^3/s) and head gives maximum hydraulic power and what is the maximum power (again without considering losses)

e) At this moment water passes the weir unused. What happens with the available hydraulic energy, in what energy-form is it transformed, ultimately?

Vraagstuk 8 Waterstof (11 punten)

Geef een beknopte (½ A4) beredeneerde beschrijving waarom Waterstof wel of niet zinvol kan bijdragen aan de vermindering van CO_2-uitstoot.

Problem 8 Hydrogen (11 points)

Give a short rationale (½ A4) whether or not Hydrogen can meaningfully contribute to the mitigation of CO_2 emissions.

Opgave 9 Warmte opslag (11 punten)

a) Geef drie hoofdvormen voor opslag van warmte en beschrijf hun principe werking.

b) In twee gelijk grote opslagvaten kan warmte worden opgeslagen. In het eerste vat wordt voelbare warmte opgeslagen in water, in het andere vat latente warmte in

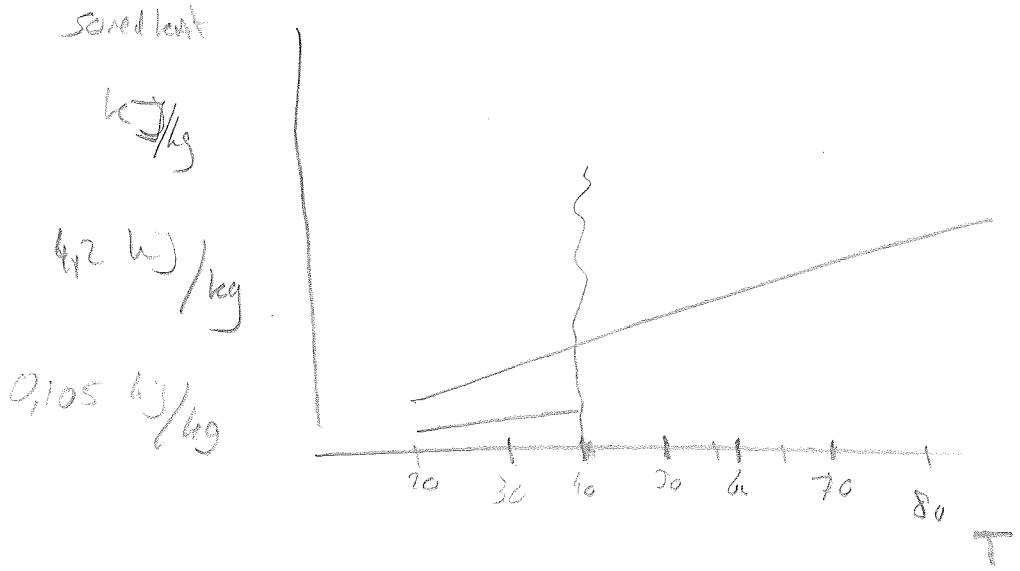
[m³/s] [kg/m³]

paraffine.
Geef in een grafiek aan hoe de opgeslagen hoeveelheid warmte toeneemt als functie van de temperatuur van de warmteopslag, zowel voor het vat met water als voor het vat met paraffine.
De Cp van water en paraffine zijn respectievelijk 4200 en 290 J/kgK, de smeltwarmte van paraffine is 105 J/kg. De dichtheid van paraffine is 890 kg/m3.
Teken de grafiek tussen de 20 °C en 80°C, neem aan dat de paraffine smelt bij 40 °C.

Problem 9 Heat Storage (11 points)

a) State three main principles of heat storage. Describe their working principle.

b) In two vessels of equal volume heat can be stored. In the first vessel sensible heat is stored in water, in the second latent heat is stored in paraffin.
Indicate in a graph how the stored heat increases as a function of temperature for both the water vessel and the paraffin vessel.
The Cp of water and paraffin are 4200 and 290 J/kgK respectively, the melting heat of paraffin is 105 J/kg and its mass density is 890 kg/m3.
Draw the graph for temperatures between 20 °C and 80 °C and assume that the paraffine melts at 40 °C.



420 4,2 kJ/kg

1 m³ = 1000 kg/m³
1000 kg
890 kg

melting heat = 105 J/kg · 890 = 93,450 kJ