

Løsningsforslag, BIT 390 – Energifysikk høsten 2011

Oppgavesett 12 til 16/11 2011

OPPGAVE 35:

- a) Fra tabell 9.11 for gass har vi: $Q_0 = 60 \text{ TW}\cdot\text{år}$, $Q_\infty = 371 \text{ TW}\cdot\text{år}$ og $P_0 = 2.5 \text{ TW}$ ($1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$).
Fra resultatene i avsnitt 9.2.1 i læreboken finner vi da:

$$A = \frac{Q_\infty}{Q_0} - 1 = 5.18, \quad S = \frac{Q_0^2}{P_0 Q_\infty} = 3.88 \text{ år},$$
$$t_m = SA \ln A = 33 \text{ år}, \quad P_m = \frac{Q_\infty}{4SA} = 4.6 \text{ TW}.$$

Vi ser at vi har et lite avvik fra resultatene i tabell 9.11.

- b) For reservene finner vi ($1 \text{ W}\cdot\text{år} = 31.6 \cdot 10^6 \text{ J}$ iflg. tabell A.1):

$$Q_\infty = hV = 49 \cdot 10^6 \cdot 185 \cdot 10^{12} \text{ J} = 9.1 \cdot 10^{21} \text{ J} = 290 \text{ TW} \cdot \text{år}.$$

Hvis vi i stedet bruker ressursene, finner vi:

$$Q_\infty = hV = 49 \cdot 10^6 \cdot 310 \cdot 10^{12} \text{ J} = 15.2 \cdot 10^{21} \text{ J} = 480 \text{ TW} \cdot \text{år}.$$

Vi ser at de kartlagte reservene i 2008 er vesentlig høyere enn i 1990.

- c) Med forbruket $\dot{V} = 2.65 \text{ Tm}^3/\text{år}$ blir effekten i 2008 ($1 \text{ år} = 31.6 \cdot 10^6 \text{ s}$):

$$P_0 = h\dot{V} = 49 \cdot 10^6 \cdot 2.65 \cdot 10^{12} \text{ J}/\text{år} = 0.13 \cdot 10^{21} \text{ J}/\text{år} = 4.1 \text{ TW}.$$

[Vi kan sammenligne dette med prognosen fra 1990 ved å bruke lign. 9.8 i læreboken for $t = 18$ år:

$$P(t) = P_0 \left(\frac{Q_\infty}{Q_0} \right)^2 \frac{e^{-t/AS}}{(1 + Ae^{-t/AS})^2} = 4.0 \text{ TW}.$$

Vi ser at prognosene for forbruket stemmer godt, selv om reservene er vesentlig øket.]

- d) Forbruket frem til 2008 er gitt i tabell 9.4 $V = 88.3 \text{ Tm}^3$. Dette gir $Q_0 = hV = 4.3 \cdot 10^{21} \text{ J} = 137 \text{ TW}\cdot\text{år}$. [Alternativt kunne vi gjøre et anslag over forbrukt energi per 2008 basert på prognoser basert på 1990-parametere. Fra lign. 9.5 i læreboken for $t = 18$ år får vi da:

$$Q(t) = \frac{Q_0}{1 + Ae^{-t/AS}} = 120 \text{ TW} \cdot \text{år}.$$

Dette er noenlunde konsistent med tabell 9.4.]

Med Q_∞ , fra b) og P_0 fra c) finner vi for 2008, basert på reservene $Q_\infty = 290 \text{ TW}\cdot\text{år}$:

$$A = \frac{Q_\infty}{Q_0} - 1 = 1.10, \quad S = \frac{Q_0^2}{P_0 Q_\infty} = 15.8 \text{ år},$$
$$t_m = SA \ln A = 1.6 \text{ år}, \quad P_m = \frac{Q_0}{4SA} = 4.1 \text{ TW}.$$

Ved å bare regne med reservene, forutsier vi altså maksimum produksjon i 2012! Hvis vi tar hensyn til alle kjente ressurser, $Q_\infty = 480 \text{ TW}\cdot\text{år}$, blir bildet et annet:

$$A = \frac{Q_\infty}{Q_0} - 1 = 2.51, \quad S = \frac{Q_0^2}{P_0 Q_\infty} = 9.49 \text{ år},$$

$$t_m = SA \ln A = 21.9 \text{ år}, \quad P_m = \frac{Q_1}{4SA} = 5.0 \text{ TW},$$

dvs. maksimalt gassforbruk i 2030.

e) Hvis vi dobler tallene for Q_∞ , får vi tilsvarende for $Q_\infty = 580 \text{ TW}\cdot\text{år}$:

$$A = \frac{Q_\infty}{Q_0} - 1 = 3.19, \quad S = \frac{Q_0^2}{P_0 Q_\infty} = 7.95 \text{ år},$$

$$t_m = SA \ln A = 29 \text{ år}, \quad P_m = \frac{Q_1}{4SA} = 5.7 \text{ TW}.$$

Med $Q_\infty = 960 \text{ TW}\cdot\text{år}$:

$$A = \frac{Q_\infty}{Q_0} - 1 = 6.02, \quad S = \frac{Q_0^2}{P_0 Q_\infty} = 4.74 \text{ år},$$

$$t_m = SA \ln A = 51 \text{ år}, \quad P_m = \frac{Q_1}{4SA} = 8.4 \text{ TW}.$$

De to anslagene gir altså maksimalt gassforbruk i henholdsvis 2040 og 2061.

f) I det følgende bruker vi bare ressursene for konvensjonell gass, 310 Tm^3 . De to estimatene som tar hensyn til både skifergass og metanhydrat blir da: $Q_\infty = h \cdot (2 \cdot 310 + 1000) \text{ Tm}^3 = 79 \cdot 10^{21} \text{ J} = 2500 \text{ TW}\cdot\text{år}$. Dette gir:

$$A = \frac{Q_\infty}{Q_0} - 1 = 17.3, \quad S = \frac{Q_0^2}{P_0 Q_\infty} = 1.82 \text{ år},$$

$$t_m = SA \ln A = 90 \text{ år}, \quad P_m = \frac{Q_1}{4SA} = 20.0 \text{ TW},$$

dvs. vi har gass i mange generasjoner fremover, med maksimal produksjon i år 2100. Med det mest optimistiske estimatet har vi: $Q_\infty = h \cdot (2 \cdot 310 + 5000) \text{ Tm}^3 = 275 \cdot 10^{21} \text{ J} = 8700 \text{ TW}\cdot\text{år}$. Dette gir:

$$A = \frac{Q_\infty}{Q_0} - 1 = 62.6, \quad S = \frac{Q_0^2}{P_0 Q_\infty} = 0.523 \text{ år},$$

$$t_m = SA \ln A = 136 \text{ år}, \quad P_m = \frac{Q_1}{4SA} = 66.4 \text{ TW}.$$

Dvs. mer enn en tredobling av de totale reservene har bare økt tiden frem til maksimal produksjon med rundt 50%, mens den maksimale produksjonen er økt med mer enn en faktor 3. Dette indikerer en svakhet med denne type modeller. [Av tabell 8.4 ser vi at en energiproduksjon på $1 \text{ TW}\cdot\text{år}$ gir et utslipp på 1.6 Gt CO_2 . Den siste verdien for P_m tilsvarer da et utslipp på 105 Gt CO_2 , eller 3.6 ganger dagens antropogene utslipp.]

OPPGAVE 36:

a) Siden $1 \text{ TW} = 1000 \text{ GW}$, medfører de tre scenariene behov for henholdsvis 30 000, 75 000 og 300 000 (kjerne-)kraftverk. Hvis også spillvarmen kan utnyttes, vil bruttoeffekten i hvert kraftverk kunne utnyttes, som er $\eta^{-1} = 2.5$ ganger høyere. Behovet blir da henholdsvis 12 000, 30 000 og 120 000 kraftverk, fortsatt ekstremt høye tall. [Det finnes i dag litt over 400 elektrisitetsproduserende reaktorer i drift i verden, se figur 5.11.]

b) Av $A_i = P_i/\eta p$ finner vi arealene som:

$$A_A = \frac{P_A}{\eta p} = \frac{30 \cdot 10^{12}}{0.25 \cdot 220} \text{m}^2 = 545 \cdot 10^9 \text{m}^2 = 550\,000 \text{km}^2,$$
$$A_B = \frac{P_B}{\eta p} = \frac{75 \cdot 10^{12}}{0.25 \cdot 220} \text{m}^2 = 1.37 \cdot 10^{12} \text{m}^2 = 1\,370\,000 \text{km}^2$$
$$A_C = \frac{P_A}{\eta p} = \frac{300 \cdot 10^{12}}{0.25 \cdot 220} \text{m}^2 = 5.45 \cdot 10^{12} \text{m}^2 = 5\,450\,000 \text{km}^2.$$

- c) I de tre scenariene blir henholdsvis 1.8%, 4.6% og 18% av verdens samlede ørkener dekket med solfangere (solceller).
- d) Fordi kun ca 40% av energibehovet i de industrialiserte land i dag er for høyverdig, i praksis elektrisk, energi, er det lite gjennomtenkt å dekke hele energibehovet med elektrisitet. Siden spillvarmen fra et sentralisert anlegg vanskelig kan distribueres effektivt over lange avstander, vil det være langt mer energiøkonomisk å dekke i alle fall deler av behovet for energi av lav kvalitet, til oppvarming, air-conditioning etc, lokalt, f. eks. solfangere og spillvarme fra industri.

EKAMENSPPGAVE 2011V 2.