

Energilagring og Danmarks energiproduktion

Denne temaopgave tager udgangspunkt i en artikel på dr.dk, som handler om at lagre energi fra vindmøller i sten. Opgaven omhandler således en aktuell problemstilling: Hvordan omstiller vi vores energiproduktion til 100% vedvarende energi, dvs. uden brug af fossile brændstoffer?

Første del af opgaven omhandler en metode til at lagre vindmølleenergi i sten. I den anden del skal du undersøge Danmarks energiproduktion af elektrisk energi som den aktuelt er i dag. Det kan du så sammenligne med første del af opgaven.

Energilagring

Se videoen og læs teksten i DR-artiklen nedenfor. Undervejs skal du lave notater, så du kan besvare de nedenstående spørgsmål bagefter. Læs spørgsmålene igennem, inden du ser videoen, så du er klar over, hvad der spørges om.

Video og artikel (9 min 45s):

<https://www.dr.dk/nyheder/viden/klima/stroem-fra-vores-vindmoeller-gaar-til-spilde-saadan-kan-vi-gemme-det-i-sten>

Neden for spørgsmålene kan du finde en oversigt over præfikser og nogle formler, som du skal bruge undervejs til at besvare opgaverne. Der er desuden facit til en del af spørgsmålene, så du undervejs kan tjekke, om du regner rigtigt.

Spørgsmål og opgaver om energilagring

- 1) Hvorfor er det nødvendigt at forske i energilagring?
- 2) Beskriv energikæden, som omtales i starten af videoen. Dvs. beskriv, hvordan energien fra vindmøllerne kan lagres i sten. Hvordan overføres energien fra vindmøllerne til stenene?
- 3) Hvordan kan energien i stenene anvendes på en dag, hvor det ikke blæser? Beskriv, hvordan man kan hente energien i stenlageret op og hvad den kan omdannes til.
- 4) Hvad er massen af sten i DTU's forsøgsanlæg?
- 5) Antag, at stenenes densitet er $2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ og at der ikke er luft mellem stenene. Benyt svaret i spørgsmål 4 til at bestemme rumfanget af stenene i DTU's forsøgsanlæg.
- 6) Hvad er temperaturen i stenlageret?
- 7) Antag, at stenenes specifikke varmekapacitet er $c = 800 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ og beregn den energimængde i enhederne J og GJ, som kan oplagres i DTU's forsøgsanlæg. Du kan antage, at stenenes starttemperatur er $8,0^\circ\text{C}$ og at stenenes samlede masse er 5,5 ton.
- 8) Antag, at nyttevirkningen er 30% ved genanvendelse af varmeenergien i en generator, som producerer elektrisk energi. Beregn den elektriske energi, som kan hentes ud af energilageret på en vindstille dag, hvis lageret tømmes helt for varmeenergi. Angiv svaret i GJ.

- 9) Beregn den energi, der skal tilføres 1,0 liter vand, hvis det skal opvarmes fra 10°C til kogepunktet. Angiv svaret i kJ.
- 10) Antag, at hele den elektriske energi, som kan hentes ud af energilageret i spørgsmål 8 anvendes til at koge vand i elkedler. Hvor mange liter vand kan opvarmes til kogepunktet, hvis hele energilageret anvendes?
- 11) I videoen omtales også andre metoder til energilagring end varmelageret på DTU. Beskriv de energiformer og lagringsmetoder, der omtales. Beskriv også problemer ved nogle af disse metoder.
- 12) Antag, at den energi, som du beregnede i spørgsmål 7 skal oplagres i form af potentiel energi, som de gør i Norge. Antag, at energien oplagres ved at pumpe vandet 100 meter lodret op. Beregn hvor mange liter vand, der skal pumpes 100 m lodret op, for at oplagre energien i spørgsmål 7 som potentiel energi i stedet for varmeenergi. Angiv svaret i millioner liter (ML)
- 13) Beskriv dimensionerne (diameter og masse af sten) i DTU's forsøgsanlæg samt i det kraftværk, som det tænkes skaleret op til.
- 14) I videoen nævnes, at det store stenkraftværk kan forsyne hele DK med energiforbruget i 1 time. Beregn denne energimængde, idet du skal regne med 6 gange 20000 ton sten, som opvarmes fra 8,0°C til 600°C. Angiv svaret i TJ.
- 15) Benyt den beregnede energimængde i spørgsmål 14 til at beregne en værdi for energiforbruget i DK på et år.
- 16) Sammenlign tallet i 15) med energistyrelsens tal: <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/maanedlig-og-aarlig-energistatistik> (se under årlig energistatistik - Energistatistik 2019. I dette dokument kan du finde tallet under "Energibalance 2019"). Passer påstanden i videoen?

<p>Formler</p> <p>Densitet $\rho = \frac{m}{V}$</p> <p>Termisk energi/varmenergi $\Delta E = m \cdot c \cdot (T_{slut} - T_{start})$</p> <p>Effekt $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$</p> <p>Nyttevirkning $\eta = \frac{E_{nytte}}{E_{tilført}}$</p> <p>Præfikser</p> <p>Kilo k = 10³</p> <p>Mega M = 10⁶</p> <p>Giga G = 10⁹</p> <p>Tera T = 10¹²</p> <p>Peta P = 10¹⁵</p>	<p>Facit til opgaverne om energilagring</p> <p>4) 5,5 ton = 5500 kg</p> <p>5) 2,0 m³</p> <p>6) 600 °C</p> <p>7) 2,6 GJ</p> <p>8) 0.78 GJ</p> <p>9) 376 kJ</p> <p>10) Ca. 2000 liter</p> <p>12) 2,7 ML</p> <p>13) Forsøgsanlægget: 5,5 ton sten, diameter 3 m. Kraftværket: 6 huller med hver 20000 ton sten og diameter 30m.</p> <p>14) 57 TJ</p> <p>15) 498 PJ</p>
--	---

Danmarks energiproduktion (elektrisk energi)

På Energinet.dk, som har ansvaret for fordelingen af energi i Danmark, kan man se et opdateret kort over energiforbrug og energiproduktion af elektrisk energi:

https://energinet.dk/energisystem_fullscreen

- 1) Tag et skærbillede af hele siden, så du har alle oplysninger
- 2) Find tabellen i højre hjørne og aflæs tallene: større værker, mindre værker osv. Hvilken fysisk størrelse kan man aflæse i tabellen? (er det energi/effekt/tid?)



- 3) Beregn den procentdel af den samlede energiproduktion, som udgøres af vindmøller og solceller.
- 4) Hvilke lande er elnettet i DK forbundet med?
- 5) Hvilke lande eksporterer vi til lige nu?
- 6) Hvilke lande importerer vi fra lige nu?
- 7) Antag, at elforbruget som du aflæser i skemaet, er konstant hele dagen og beregn energiforbruget i DK til elektrisk energi på et døgn.
- 8) Forklar, hvorfor elforbruget ikke er konstant gennem et døgn, som vi antog i 2). Dette omtales i videoen øverst på siden.
- 9) Sammenlign de oplysninger, du har fundet i denne delopgave med den første opgave om energilagring.

Kilder

DR's artikel 1.11 2020

<https://www.dr.dk/nyheder/viden/klima/stroem-fra-vores-vindmoeller-gaar-til-spilde-saadan-kan-vi-gemme-det-i-sten>

Energiproduktionen i Danmark (online)

https://energinet.dk/energisystem_fullscreen

Energistyrelsen

<https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/maanedlig-og-aarlig-energistatistik>

DTU's artikel om energilagring i sten:

<https://www.dtu.dk/om-dtu/nyheder-og-presse/dynamo1/2019/12/12-energilagring-i-sten-gode-resultater-fra-testanlaeg?id=f0610c9b-4e25-458c-8b11-416458465dc6>