

Opgave 1: Mælkeydelse og klimaaaftryk

Et forskerhold har undersøgt forskellige mælkeproduktionsbedrifter i det sydlige Uruguay. De har set på hvordan forskellige græsningsbaserede driftsformer påvirker klimaaaftrykket. Resultaterne viser, at store forskelle i bl.a. mælkeydelse pr. ko, fodersammensætning og arealanvendelse fører til betydelige variationer i klimaaaftrykket. Hvis man vil gøre noget for klimaet, er det derfor vigtigt nøje at overveje mælkeproduktionens driftform (måden man laver mælkeproduktion på).

I gennemsnit producerede gårde 5672 kg mælk pr. ko pr. år, og spændet var fra ca. 3184 til 7772 kg. Samtidig lå klimaaaftrykket fra 0,87 til 1,24 kg CO₂ pr. kg mælk med et gennemsnit på 0,99.

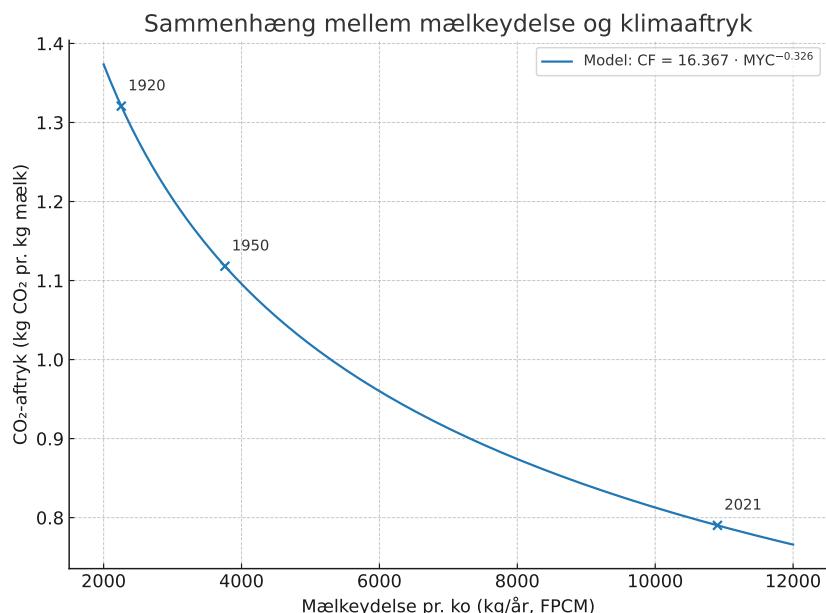
En statistisk analyse viste, at klimaaaftrykket havde en tydelig negativ sammenhæng med mælkeydelsen pr. ko: Jo mere mælk en ko producerer, desto mindre bliver klimaaaftrykket pr. kg mælk. Denne sammenhæng kan beskrives med modellen:

$$CF = 16,367 \cdot MYC^{-0,326},$$

hvor MYC er mælkeydelse (i kg pr. år pr. ko) og CF er klimaaaftrykket (i kg CO₂ pr. kg mælk)¹. Der er tale om en såkaldt potensfunktion. Modellen viser en aftagende marginal effekt: Den største forbedring sker, når mælkeydelsen stiger fra lave til moderate niveauer, mens gevinsten flader ud ved meget høje ydelser.².

Udviklingen i dansk mælkeproduktion har været markant. I 1920 ydede en ko ca. 6 liter mælk om dagen, i 1950 ca. 10 liter/dag, og i 2021 ca. 29 liter/dag. Dette har haft betydning for klimaaaftrykket pr. kg mælk, men udviklingen rejser også spørgsmål om dyrevelfærd, foderforbrug og miljøbelastning.

Graf



(Udviklingen i dansk mælkeproduktion indsat på grafen for modellen)

¹Mere præcist måles MYC i kg fedt- og proteinkorrigeret mælk (FPCM) pr. år og CF (Carbon Footprint) i CO₂-ækvivalenter pr. kg mælk.

²Data stammer fra: https://www.researchgate.net/publication/269989556_Practices_to_Reduce_Milk_Carbon_Footprint_on_Grazing_Dairy_Farms_in_Southern_Uruguay_Case_Studies (Practices to Reduce Milk Carbon Footprint on Grazing Dairy Farms in Southern Uruguay: Case Studies)

Opgaver

I denne opgave benytter vi modellen for Danmark, selvom produktionsforholdene er ganske anderledes end i det sydlige Uruguay. I Danmark har mælkeydelsen ændret sig markant:

- 1920: ca. 6 liter/dag/ko
- 1950: ca. 10 liter/dag/ko
- 2021: ca. 29 liter/dag/ko

Antag at 1 liter mælk svarer til 1,03 kg mælk, og at tallene er helårs-gennemsnit.

- a) **Omregning af mælkeydelse: fra liter/dag pr. ko til kg/år pr. ko:** Udregn MYC (kg mælk pr. år pr. ko) for årene 1920, 1950 og 2021 i Danmark. Tip: omregn først fra liter/dag/ko til kg/dag/ko og dernæst omregn til årlige tal.
- b) **Klimaafttryk.** Brug modellen til at beregne CF dvs. klimaaftrykket for de tre årstal.
- c) **Procentvis ændring.** Hvor stor er den procentvise reduktion i CF fra 1920 til 2021?
- d) **Diskussion.** Hvad fortæller resultaterne om betydningen af mælkeydelse for klimaaftrykket? Er det givet, at højere ydelse altid er en fordel for klimaet? (dette rækker uden for matematikken)

Løsninger

- a) **MYC-beregning.** $\text{MYC} = (\text{liter/dag}) \cdot 365 \cdot 1,03$

$$\begin{aligned}1920 : 6 \cdot 365 \cdot 1,03 &\approx 2255,7 \text{ kg/år}, \\1950 : 10 \cdot 365 \cdot 1,03 &\approx 3759,5 \text{ kg/år}, \\2021 : 29 \cdot 365 \cdot 1,03 &\approx 10\,902,6 \text{ kg/år}.\end{aligned}$$

- b) **CF-beregning.**

$$\text{CF} = 16,367 \cdot \text{MYC}^{-0,326}$$

brug for eksempel for $\text{MYC} = 2255,7 \text{ kg}$:

$$\text{CF}(2255,7) = 16,367 \cdot 2255,7^{-0,326} \approx 1,32 \text{ kg CO}_2/\text{kg mælk},$$

$$\begin{aligned}1920: \quad \text{CF} &\approx 1,32 \text{ kg CO}_2/\text{kg mælk}, \\1950: \quad \text{CF} &\approx 1,12 \text{ kg CO}_2/\text{kg mælk}, \\2021: \quad \text{CF} &\approx 0,79 \text{ kg CO}_2/\text{kg mælk}.\end{aligned}$$

- c) **Procentvis fald fra 1920 til 2021.**

$$\frac{1,32 - 0,79}{1,32} \cdot 100\% \approx 40\%.$$

- d) **Diskussion.** Stigende mælkeydelse reducerer ifølge modellen klimaafttrykket pr. kg mælk, men gevinsten aftager ved høje ydelser. Samtidig kan højere ydelse medføre andre udforandringer (foder, sundhed, dyrevelfærd), så det er ikke givet, at maksimal ydelse altid er bedst samlet set.