

3 Samochody

W pierwszym rozdziale dotyczącym konsumpcji przyjrzymy się bliżej ikonie współczesnej cywilizacji: samochodowi z jedną osobą w środku.

Jak dużo energii zużywa przeciętny użytkownik samochodu? Gdy zna się przeliczniki, obliczenie tego to tylko prosta arytmetyka:

$$\text{zużycie energii} = \frac{\text{dziennie pokonywany dystans}}{\text{dystans na jednostkę paliwa}} \times \text{energia na jedn. paliwa}$$

Za *dystans pokonywany dziennie* przyjmijmy 50 km.

Za *dystans na jednostkę paliwa* – nazywany też *efektywnością paliwową* – przyjmijmy 12 km na litr (wielkość zaczerpnięta z reklamy rodzinnego samochodu, spalającego 8,6 litra/100 km).

A co z **energiją na jednostkę paliwa** (zwaną również *wartością kaloryczną* lub *gęstością energetyczną*)? Znacznie więcej przyjemności niż sprawdzanie dokładnej liczby w tablicach, sprawi nam – przy odrobinie twórczego myślenia – oszacowanie rzędu wielkości. Wszystkie paliwa samochodowe (czy to olej napędowy, czy benzyna) są węglowodorami. Węglowodory znajdują się także w naszym pożywieniu, z wartością kaloryczną wypisaną dla naszej wygody na boku opakowania: około 8 kWh na kg (rys. 3.2). Kiedy już oszacujemy efektywność paliwową naszego samochodu w kilometrach na jednostkę *objętości* paliwa, musimy następnie wyrazić wartość opałową jako energię na jednostkę *objętości*. By zamienić „8 kWh na kg” naszego paliwa (energia na jednostkę masy) na energię na jednostkę objętości, musimy znać gęstość paliwa. Jaka jest zatem gęstość masła? No cóż, masło unosi się na wodzie, tak samo jak wyciekające paliwo, tak więc ich gęstość musi być trochę mniejsza niż gęstość wody, która wynosi 1 kg na litr. Jeśli założymy gęstość 0,8 kg na litr, otrzymamy następującą wartość opałową:

$$8 \text{ kWh na kg} \times 0,8 \text{ kg na litr} \approx 7 \text{ kWh na litr}$$

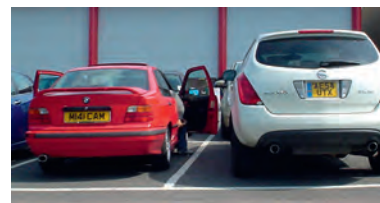
Zamiast jednak zdawać się na niedokładne obliczenia, zastosujmy rzeczywistą wartość, która dla benzyny wynosi 10 kWh na litr.

$$\begin{aligned} \text{zużycie energii} &= \frac{\text{dziennie pokonywany dystans}}{\text{dystans na jednostkę paliwa}} \times \text{energia na jedn. paliwa} \\ &= \frac{50 \text{ km/dobę}}{12 \text{ km/litr}} \times 10 \text{ kWh/litr} \\ &\approx \mathbf{40 \text{ kWh/dobę}} \end{aligned}$$

Gratulacje! Właśnie dokonaliśmy naszego pierwszego oszacowania wielkości zużycia energii. Umieściłem to oszacowanie w lewej kolumnie na rys. 3.3. Wysokość czerwonego słupka odpowiada 40 kWh na osobę dziennie.

Nasze obliczenia dotyczą współczesnego statystycznego kierowcy, jeżdżącego przeciętnym samochodem. W następnych rozdziałach oszacujemy *średnią* konsumpcję wszystkich ludzi w Wielkiej Brytanii, biorąc pod uwagę, że nie każdy jeździ samochodem. W Części II omówimy także, jak *mogłoby* wyglądać zużycie energii, gdybyśmy wykorzystywali inne technologie, takie jak samochody elektryczne lub na wodór.

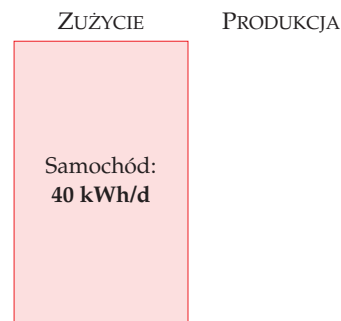
Dlaczego samochód przejeżdża 12 kilometrów na litrze paliwa? Co dzieje się z tą energią? Czy moglibyśmy wyprodukować samochody, które przejeżdżałyby



Fot. 3.1. Samochody Czerwone BMW przytłoczone przez statek kosmiczny z planety Dorkon



Fot. 3.2. Chcesz wiedzieć, ile energii znajduje się w paliwie samochodowym? Spójrz na etykietę na opakowaniu masła lub margaryny. Wartość opałowa wynosi 3000 kJ na 100 g, czyli około 8 kWh na kg.



Rys. 3.3. Wnioski z rozdziału 3: przeciętny kierowca samochodu zużywa 40 kWh dziennie.

1200 kilometrów na litrze? Jeśli jesteśmy zainteresowani próbą ograniczenia zużycia energii przez samochody, powinniśmy najpierw zrozumieć stojące za tym prawa fizyki. Odpowiedzi na te pytania znajdują się w technicznym rozdziale A (str. 270), który zawiera prosty model zużycia energii przez samochody. Jeżeli równanie $\frac{1}{2}mv^2$ nie przyprawia Was o ból głowy, to gorąco zachęcam do czytania rozdziałów technicznych.

Wniosek z rozdziału 3: *Typowy kierowca samochodu zużywa 40 kWh dziennie.* Teraz powinniśmy zająć się słupkiem zrównoważonego wytwarzania energii. Musimy więc znaleźć coś, do czego moglibyśmy porównać zużycie energii związane z jazdą samochodem.

Pytania

A co z kosztami energetycznymi związanymi z produkcją paliwa samochodowego?

Dobre pytanie. Gdy szacuję wielkość energii zużywanej na poszczególne czynności, mam skłonność do wyznaczania raczej wąskich „granic” dotyczących danej czynności. Taki wybór zdecydowanie ułatwia dokonywanie obliczeń, aczkolwiek zgadzam się, że dobrze byłoby spróbować oszacować całkowity wpływ danej działalności. Obliczono, że wytworzenie każdej jednostki benzyny wymaga zużycia 1,4 jednostki ropy oraz innych podstawowych paliw (Treloar i in., 2004).

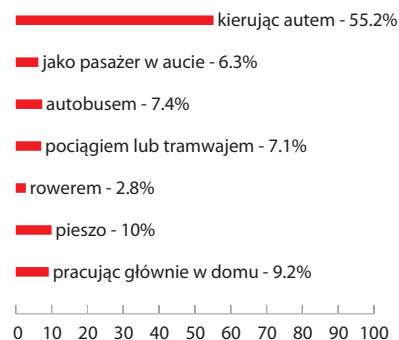
A co z kosztami energetycznymi wyprodukowania samochodu?

Przyznaję, że również ten koszt znalazł się poza granicami mojej kalkulacji. O produkcji samochodów porozmawiamy w rozdziale 15.

Przypisy i zalecana literatura

Numer strony:

- 37 **Za dystans pokonywany dziennie przyjmijmy 50 km.** Odpowiada to 18 000 km rocznie. Prawie połowa brytyjskiej populacji jeździ do pracy samochodem. Całkowita liczba podróży samochodowych w Wielkiej Brytanii wynosi 686 miliardów pasażerokilometrów rocznie, co odpowiada średniej odległości przejeżdżanej samochodem przez Brytyjczyka, wynoszącej 30 km dziennie. – Źródło: Ministerstwo Transportu [5647rh]. Jak już wspomniałem na stronie 30. moim celem jest oszacowanie wielkości konsumpcji energii „typowej średniozamożnej osoby” – poziomu konsumpcji, do którego aspiruje wielu ludzi. Niektórzy jeżdżą niewiele. W tym rozdziale chciałem raczej oszacować energię zużywaną przez kogoś, kto wybiera jeżdżenie samochodem niż przywoływać bezosobową średnią dla Wielkiej Brytanii, która miesza ze sobą kierowców i osoby nie jeżdżące samochodem. Założę się, że gdybym powiedział: „Średnie zużycie energii na jeżdżenie samochodem w Wielkiej Brytanii wynosi 13 kWh na osobę dziennie”, to niektórzy nie zrozumieliby mnie i odpowiedzieli: „Jestem kierowcą samochodu, więc powinienem zużywać 13 kWh/dobę”. Jeśli wziąć pod uwagę cały transport drogowy, a nie tylko samochody osobowe i motocykle, to zużycie energii na osobę wyniosłoby 24 kWh/dobę.
- ... **przyjmijmy 12 km na litr.** To średnia dla brytyjskich samochodów w roku 2005 [27]dc5]. Samochody benzynowe cechuje średnie zużycie paliwa rzędu 9,1 litra/100 km; samochody z silnikiem Diesla – 7,2 litra/100 km; nowe samochody benzynowe (nie starsze niż 2 lata) – 8,8 litra/100 km (Ministerstwo Transportu, 2007). Honda – „najbardziej wydajny paliwowo concern samochodowy w Ameryce” – odnotowała, że ich wszystkie nowe samochody sprzedane w roku 2005, miały średnie zużycie paliwa na poziomie 8,1 litra/100 km. [28abpm].



Rys. 3.4. W jaki sposób Brytyjczycy docierają do pracy. Dane pochodzą ze spisu ludności z 2001 roku.

- Jeśli założymy gęstość 0,8 kg na litr. Gęstość benzyny wynosi 0,737 kg/l. Gęstość oleju napędowego 0,820–0,950 kg/l. [nmn4l].
- ... zastosujmy rzeczywistą wartość, która dla benzyny wynosi 10 kWh na litr. ORNL [2hcgdh] dostarcza następujących wartości opałowych: diesel 10,7 kWh/l; paliwo do odrzutowców 10,4 kWh/l; benzyna 9,7 kWh/l. Gdy sprawdza się wartości opałowe, pojawiają się takie terminy, jak: *wartość opałowa brutto* oraz *wartość opałowa netto*. Różnica między nimi wynosi zaledwie 6% dla paliw silnikowych, nie ma więc potrzeby, by rozróżniać je w tej książce. Pozwólcie jednak, że mimo wszystko to wyjaśnię. *Wartość opałowa brutto* jest to rzeczywista energia chemiczna uwolniona podczas spalania paliwa. Jednym z produktów spalania jest woda i w większości silników oraz elektrowni część energii paliwa jest zużywana na odparowanie tej wody. *Wartość opałowa netto* określa, jak dużo energii pozostaje, przy założeniu, że energia zużyta na odparowanie wody jest bezużyteczna i stanowi odpad.

Gdy pytamy: „Jak dużo energii pochłania mój styl życia?“, powinniśmy użyć właśnie wartości opałowej brutto. Z drugiej strony, wartość opałowa netto stanowi przedmiot zainteresowania inżyniera w elektrowni, gdy ma zdecydować, który rodzaj paliwa powinien być w niej spalany. *W tej książce starałem się używać wartości opałowej brutto.*

Ostatnia uwaga, specjalnie dla czepialskich pedantów, którzy powiedzą: „Masło nie jest węglowodorem“. Przyznaję, masło nie jest *czystym* węglowodorem. Jednakże stwierdzenie, że główny komponent masła stanowią długie łańcuchy węglowodorowe – zupełnie jak w benzynie – jest dobrym przybliżeniem. I jak okazuje się w praktyce, daje ono wynik odległy jedynie o 30% od dokładnej odpowiedzi. Witajcie w partyzanckiej fizyce.

wartości opałowe	
benzyna	10 kWh na litr
olej napędowy	11 kWh na litr

