



**Wydział
Elektryczny**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

www.ee.pw.edu.pl

**Politechnika
Warszawska**

www.pw.edu.pl

Napędy elektryczne w pojazdach – teraźniejszość i przyszłość

dr hab. inż. Bartłomiej Ufnalski, prof. uczelni

Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej (ISEP)

www.isep.pw.edu.pl



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

30 lat

Departament Elektromobilności
NFOŚiGW

Elektromobilność – szansa rozwoju
polskich samorządów, 11.12.2019

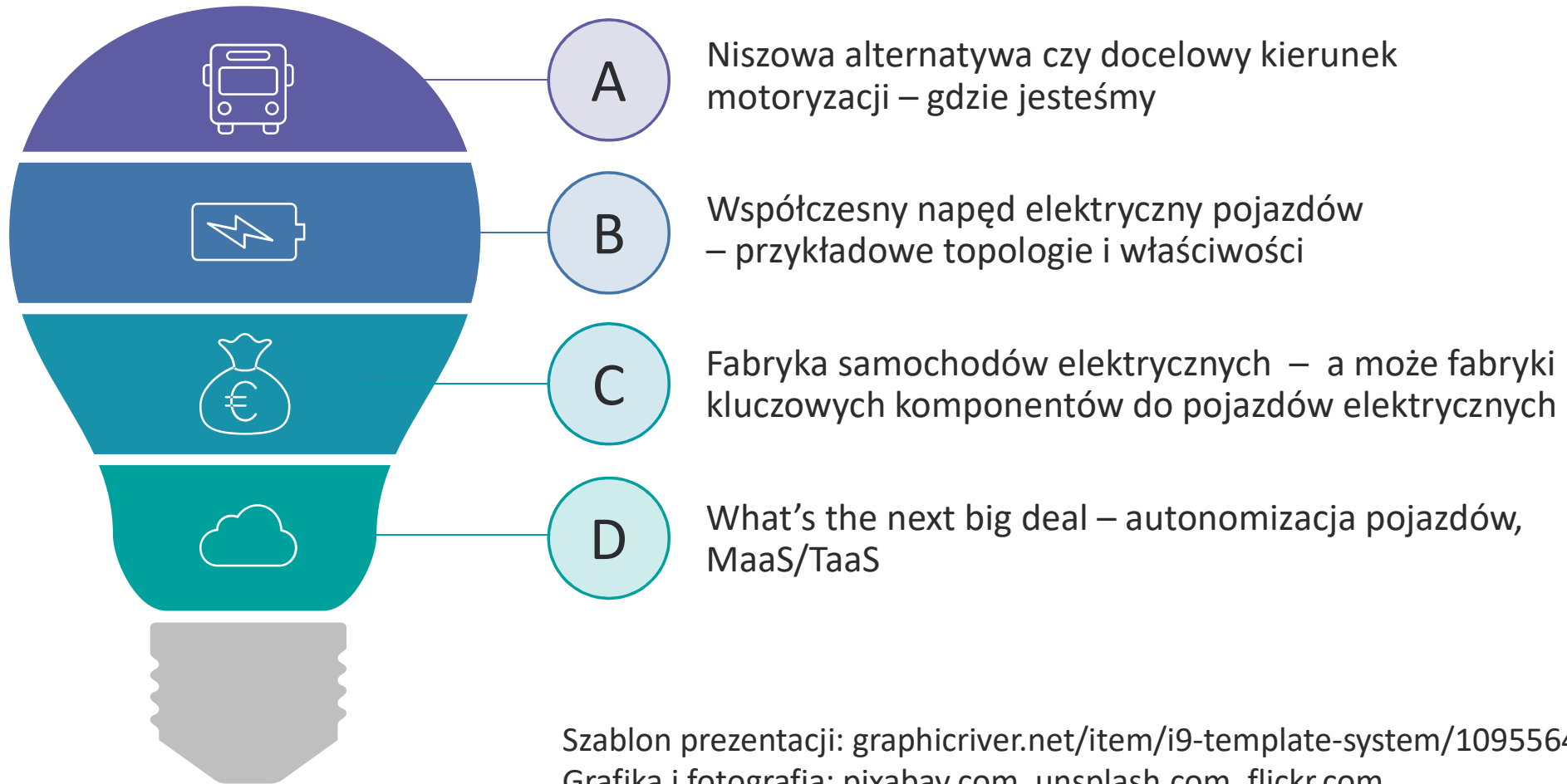


O czym będzie to wystąpienie

„The Stone Age didn't end because they ran out of stones – it ended because better technologies were developed to meet humanity's changing needs. Likewise, the age of fossil fuel won't end because we run out of oil and coal.” *The Futurist*

Internal combustion engine vehicles are being replaced by battery electric vehicles as new technologies make them more cost-effective, more efficient and more convenient.

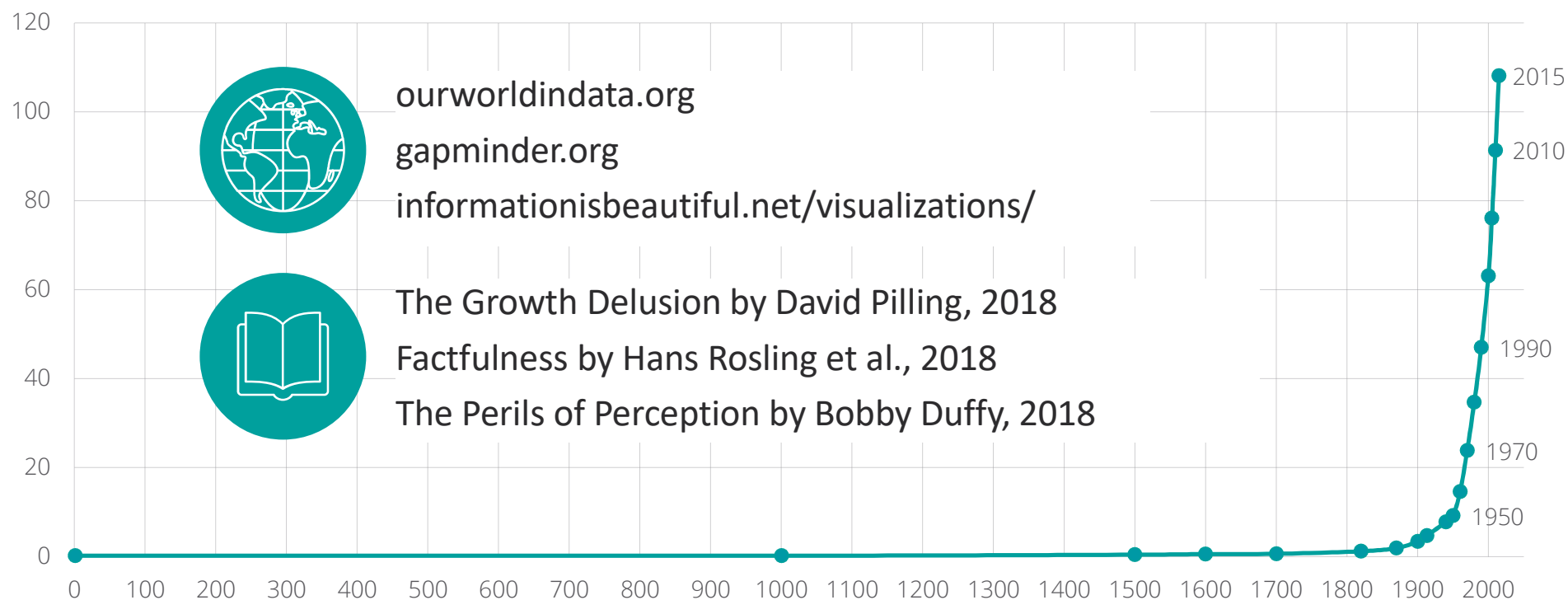
Elektromobilność



Szablon prezentacji: graphicriver.net/item/i9-template-system/10955645.
Grafika i fotografia: pixabay.com, unsplash.com, flickr.com.

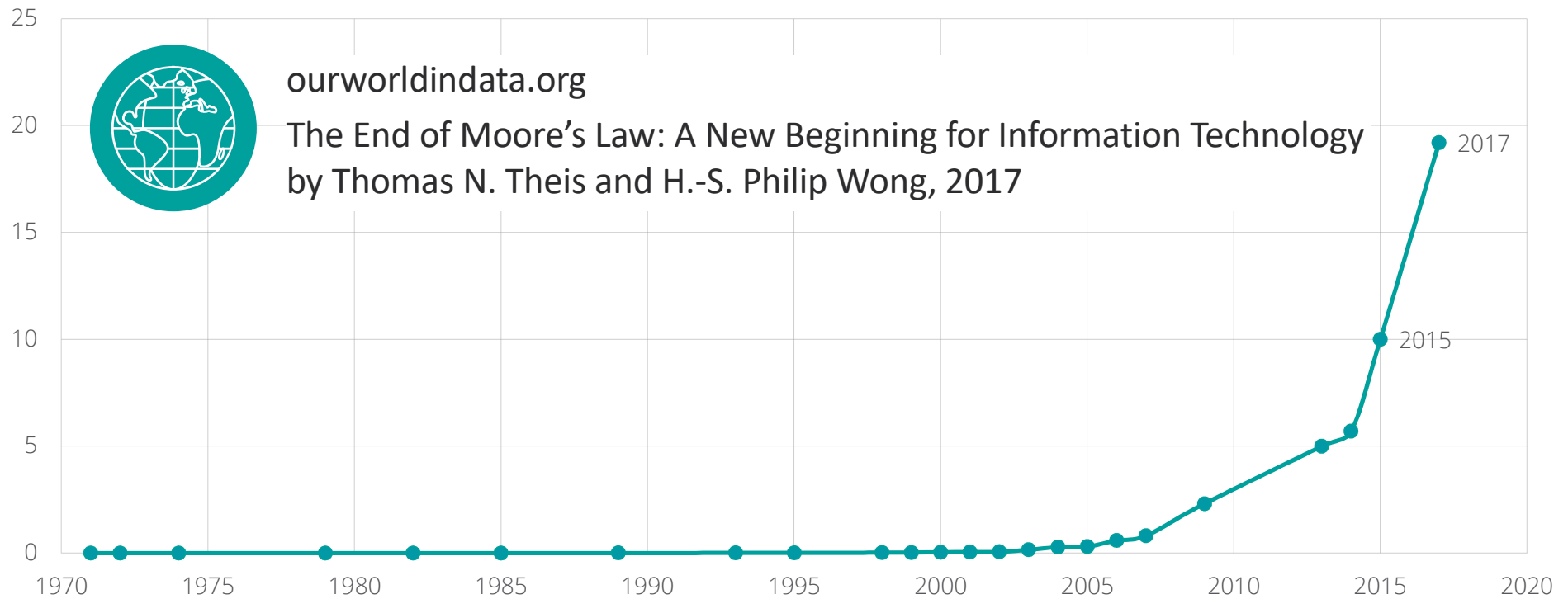
World GDP over the last two millennia

Total output of the world economy;
adjusted for inflation and expressed in trillions (10^{12}) of 2011 international dollars



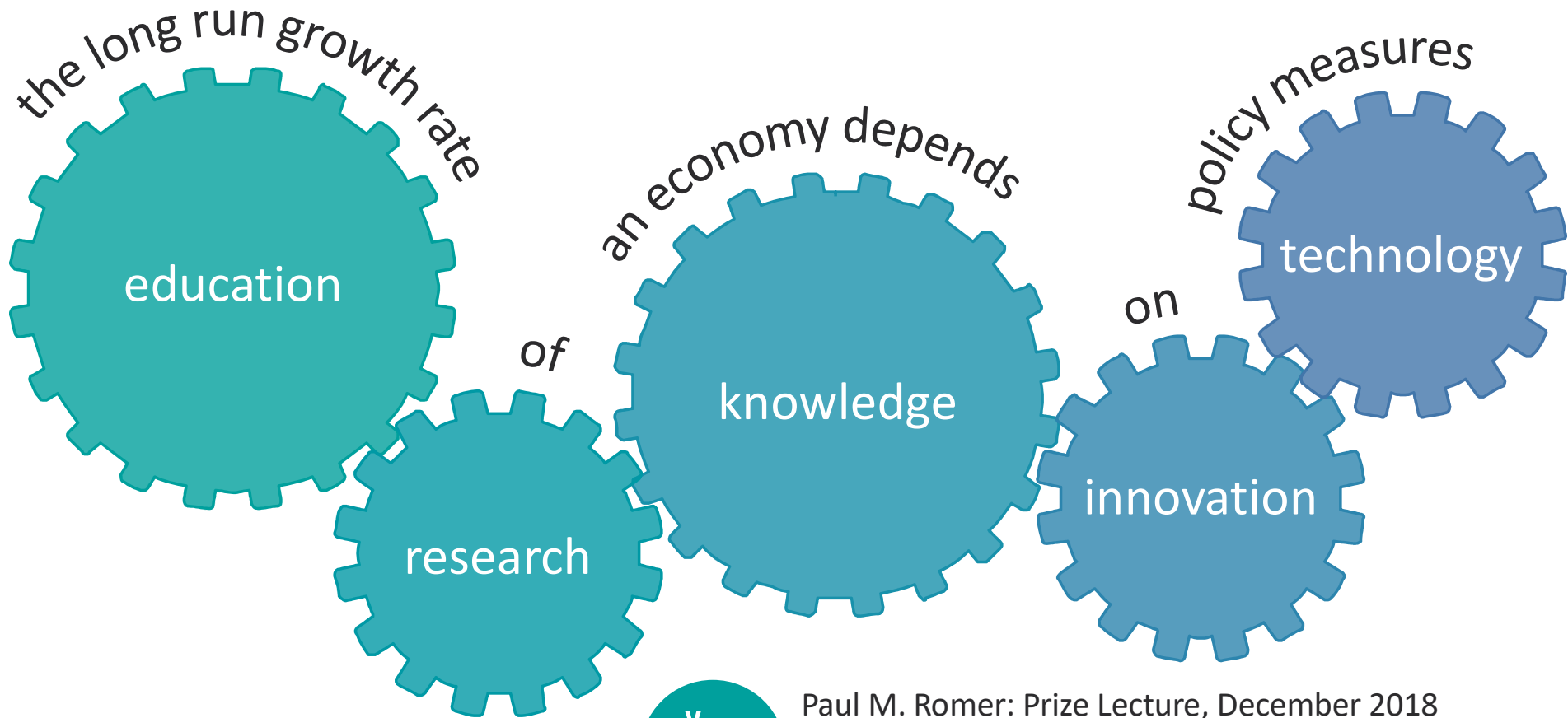
Moore's Law: Transistors per microprocessor in billions (10^9)

The number of transistors in a dense integrated circuit doubles approximately every two years.



See also: Koomey's Law (the number of computations per joule of energy dissipated), Metcalfe's Law (the value of a network per node), Gilder's Law (the total bandwidth of communication systems), Nielsen's Law (network connection speeds for high-end home users), Cooper's Law, and Edholm's Law.

Endogenous economic growth theory Endogeniczny model wzrostu gospodarczego



Paul M. Romer: Prize Lecture, December 2018

Nobel laureate for integrating technological innovations into long-run macroeconomic analysis.

Pojazdy elektryczne na drogach świata – czy to początek wzrostu wykładniczego

2013: ok. 0,23 miliona elektrycznych samochodów osobowych (BEV)

2014: ok. 0,42 miliona

2015: ok. 0,74 miliona

2016: ok. 1,20 miliona

2017: ok. 1,95 miliona

2018: ok. 3,29 miliona

Obecnie czas zdwojenia to ok. 1,5 roku. Przyjmijmy zachowawczo 3 lata w długim terminie.

Obecnie mamy ok. 1 mld samochodów. Szacuje się, że do 2040 będą to 2 mld (obserwowany obecnie czas zdwojenia to ok. 20 lat).

Uwaga na proste modele wykładnicze! Uwaga na prognozowanie, szczególnie na początku rozwoju danej technologii! W **2040** mielibyśmy tym trendem ok. 0,5 mld samochodów elektrycznych, czyli **25%** wszystkich samochodów.

Podobny udział procentowy jeszcze się pojawi w tej prezentacji.

Trend eBus w liczbach

W swej początkowej fazie napędzany jest przede wszystkim autobusami. Około **17% (425 tys. szt.)** autobusów na świecie to pojazdy elektryczne, przy czym ponad 400 tys. w samych tylko Chinach. **80%** sprzedawanych tam autobusów to elektryczne.

Bloomberg New Energy Finance szacuje, że do **2040** roku odsetek flotowych autobusów wyposażonych w napęd elektryczny zbliży się do **60%** w skali świata. Kalifornia nałożyła obowiązek na agencje transportu masowego, aby do **2029** roku wszystkie autobusy kupowane przez te agencje były pojazdami zeroemisyjnymi.

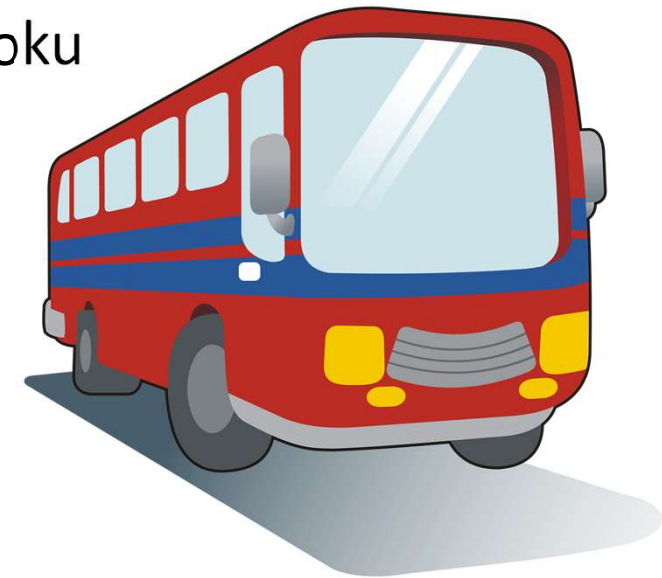


Image by Francis Ray from Pixabay

Trend eVan w liczbach

Amazon planuje rozszerzyć swoją flotę o 100 tys. elektrycznych vanów Rivian do 2024 roku.

Bloomberg New Energy Finance szacuje, że do **2040** roku odsetek dostawczych vanów wyposażonych w napęd elektryczny zbliży się do **40%** w skali świata.



Photo by Norbert Kundrak on Unsplash

Trend eCar w liczbach

W **2018** Tesla wyprodukowała **245 tys.** elektrycznych samochodów osobowych, co stanowiło 12% całego rynku samochodów typu plug-in (2:1 elektryczne:hybrydowe). Podobne wyniki uzyskali: BYD, Renault-Nissan oraz BMW.

Bloomberg New Energy Finance szacuje, że do **2040** roku odsetek samochodów osobowych wyposażonych w napęd elektryczny zbliży się do **30%** w skali świata.

Porsche szacuje, że do **2024** ponad **30%** produkowanych przez niego samochodów będzie wyposażone w napęd czysto elektryczny.



Image by Francis Ray from Pixabay

Docelowy kierunek motoryzacji

Praktycznie każdy koncern samochodowy znany z produkcji samochodów osobowych z silnikiem spalinowym ma obecnie w swojej ofercie samochody elektryczne. Przykłady: Volkswagen ID.3, BMW i3, Audi e-Tron, Volvo Polestar 2, Nissan LEAF, Renault ZOE, Porsche Taycan, Jaguar I-Pace, Hyundai IONIQ, Kia e-Niro.

Wiele wskazuje na to, że samochody elektryczne to już nie tylko modna alternatywa dla innych rodzajów pojazdów drogowych, ale docelowy kierunek motoryzacji.

Nie możemy sobie pozwolić na nie wsiadanie do tego pociągu (a raczej samochodu)!

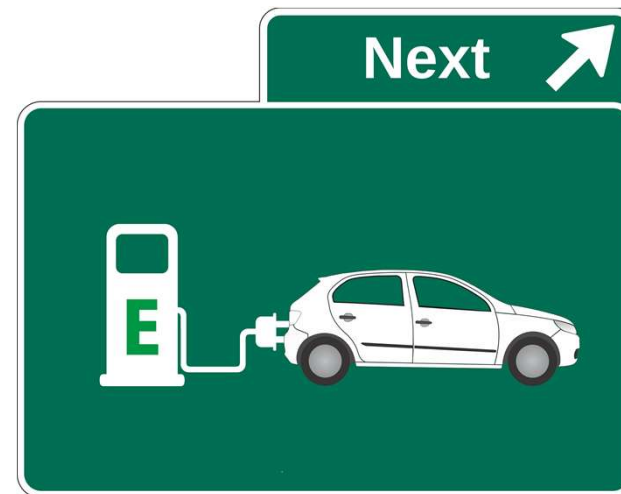
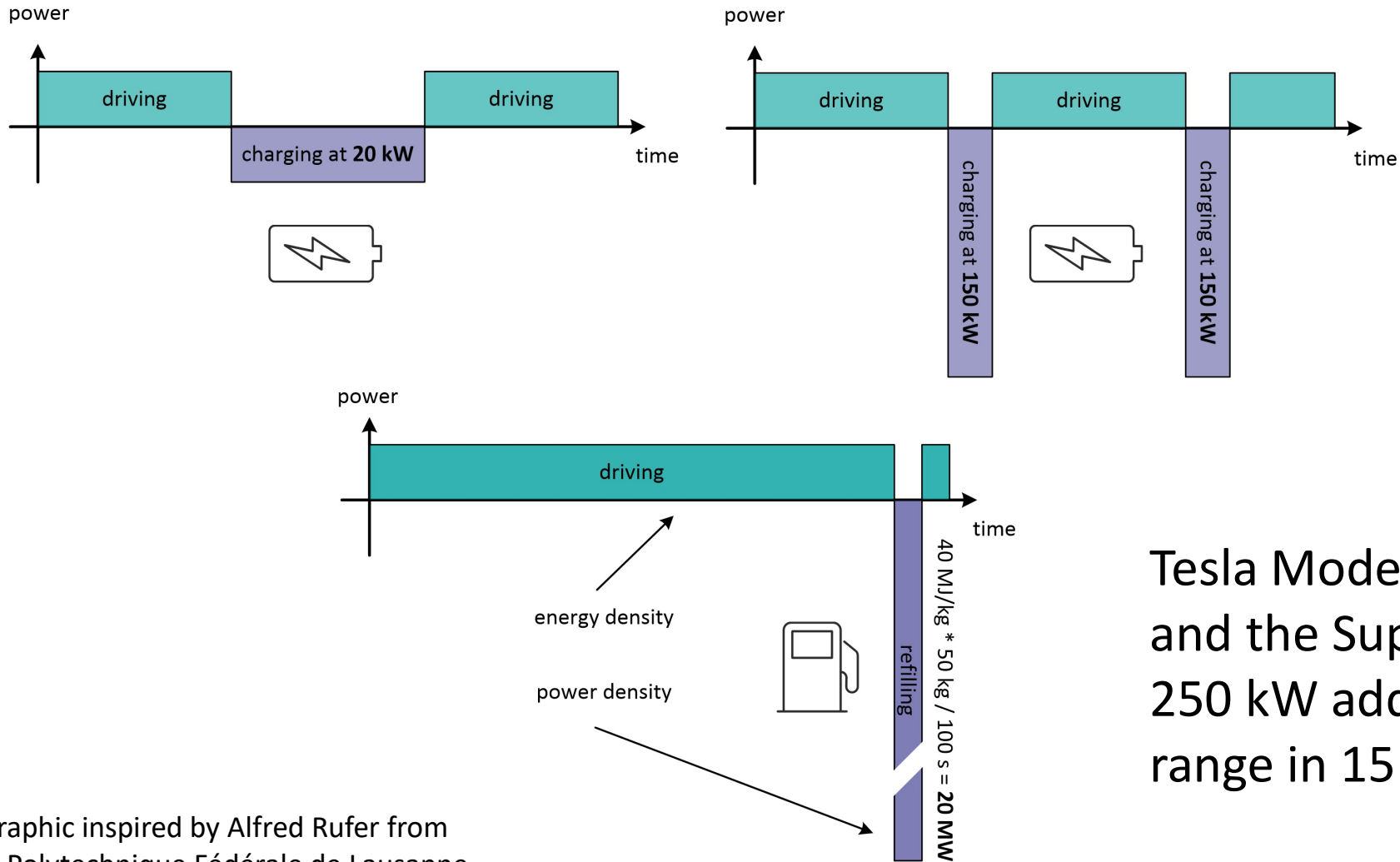


Image by Gerd Altmann from Pixabay

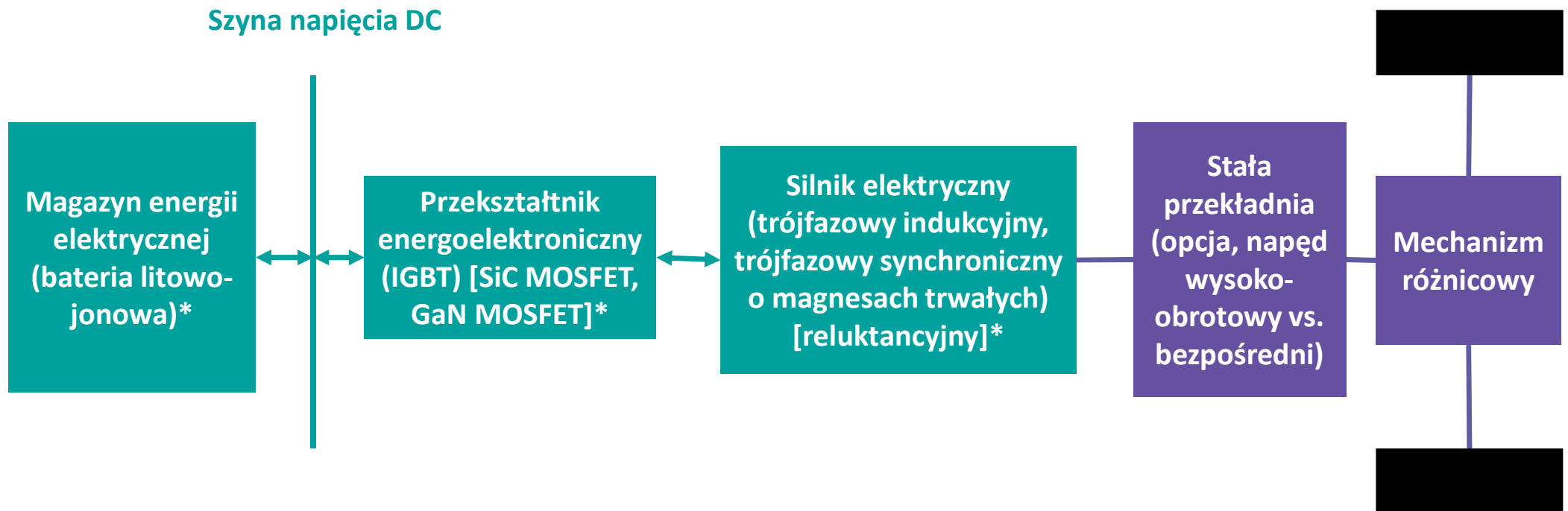
Range anxiety – fast charging infrastructure



Tesla Model 3 Long Range and the Supercharger at 250 kW adds 290 km of range in 15 minutes.

Infographic inspired by Alfred Rufer from École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

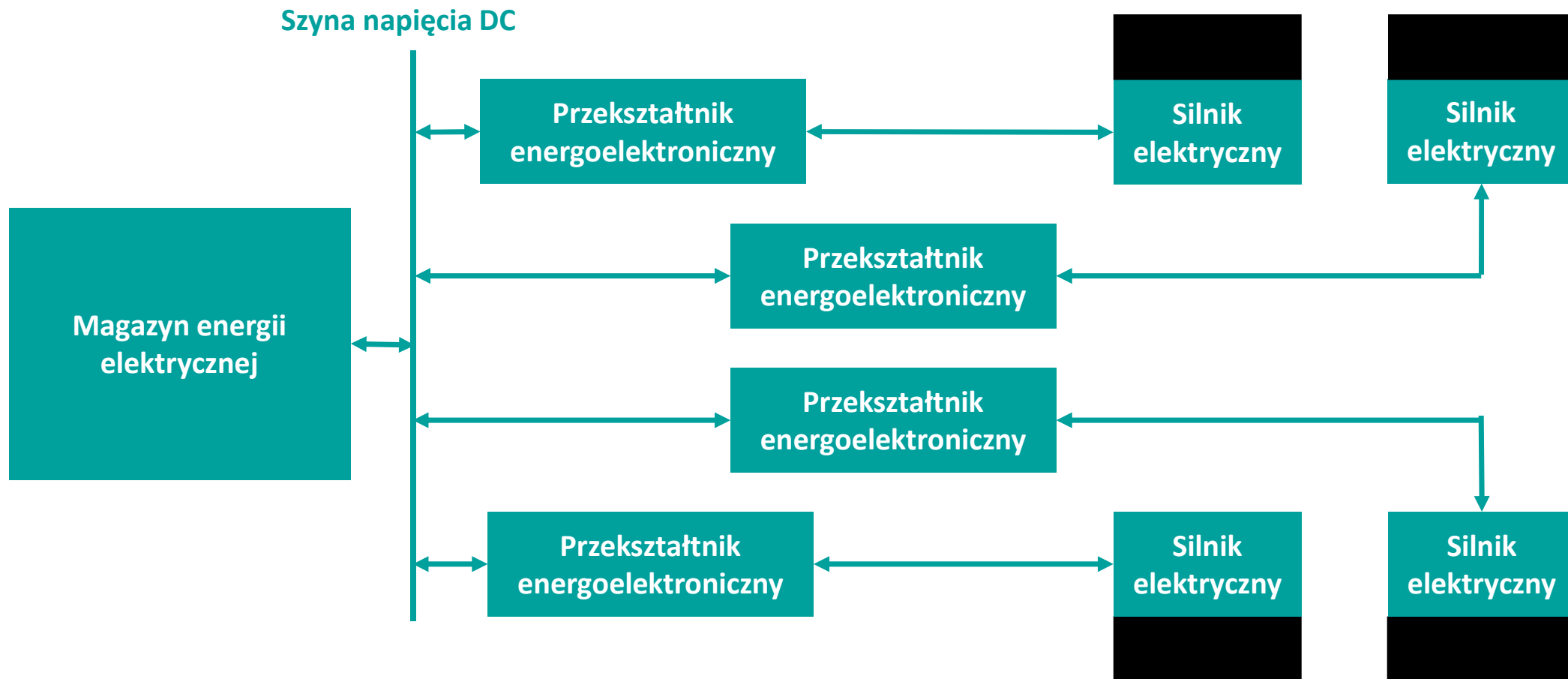
Przekształtnikowe układy napędowe



Pojazd jednosilnikowy z napędem na jedną oś – napęd centralny

* (dominująca technologia) [wschodząca technologia w kontekście elektromobilności]

Przełącznikowe układy napędowe



Pojazd czteronapędowy z silnikami w kołach

Właściwości elektrycznych układów napędowych

- ⦿ Redukcja liczby ruchomych części w obrębie układu napędowego z ok. **1000** do ok. **100**, w tym brak skrzyni biegów.
- ⦿ Możliwość rozwijania **pełnego momentu napędowego** już przy zerowej prędkości.
- ⦿ Niezależna (przy liczbie kół napędowych równej liczbie silników) i natychmiastowa (w stosunku do dynamiki pojazdu) kontrola momentu napędowego na poszczególnych kołach – uproszczona realizacja **systemów kontroli trakcji**.
- ⦿ **Zeroemisyjny** w miejscu użytkowania, pomijając ścierające się opony; w tym praktycznie zeroemisyjny pod względem hałasu. Proekologiczny.

Właściwości elektrycznych układów napędowych

- Pasuje do ekosystemu transportowego budowanego wokół **odnawialnych źródeł energii**, które w większości zakładają przekształcanie energii, np. wody, wiatru i promieniowania słonecznego, na energię elektryczną, oraz wokół energetyki atomowej.
- Oszczędność energii (oraz klocków i tarcz hamulcowych) poprzez **hamowanie odzyskowe**.
- Trzy razy **większa sprawność** układu (ok. 60% dla BEV vs. ok. 20% dla ICEV).
- **Kompaktowość** napędu (możliwość umieszczenia silnika w kole, a baterii w podłodze; nisko położony środek ciężkości).

Szansa dla polskiej gospodarki

Fabryka elektrycznych samochodów osobowych?

Tesla Robot Dance by Steve Jurvetson
<https://www.flickr.com>



Szansa dla polskiej gospodarki

A może w pierwszej kolejności fabryki kluczowych komponentów układu napędowego, tak aby nie składać pojazdów w oparciu o importowane zespoły napędowe.

- Mamy w Polsce firmy wyspecjalizowane w energoelektronice (np. MEDCOM, APS Energia) oraz dynamiczne zespoły badawcze na uczelniach wyższych zajmujące się tą tematyką. Posiadamy duży potencjał intelektualny do opracowywania wysokosprawnych i kompaktowych **energoelektronicznych przekształtników** napędowych oraz ładowarek dla pojazdów elektrycznych. Przykładowo, na PW mamy doświadczenie w opracowywaniu przekształtników z łącznikami w technologii węgla krzemu (SiC) oraz azotku galu (GaN).
- Świat inwestuje w opracowywanie nowych typów **maszyn elektrycznych** (silników elektrycznych) dedykowanych elektromobilności. BMW i3 Motor (2,7 kW/kg) vs. Magnax AXF225 (12,5 kW/kg). Coraz częściej też silniki te umieszczane są w kołach.
- Świat inwestuje w rozwój **ogniw elektrochemicznych** na potrzeby mobilnych/pokładowych magazynów energii. W tym obszarze również mamy potencjał badawczy i wdrożeniowy (np. PolStorEn).

Obecny kierunek rozwoju motoryzacji a kadry inżynierskie

W gospodarce wzrasta zapotrzebowanie na projektantów o wykształceniu profilowym **elektromobilność**:

energoelektroniki i elektroniki, maszyn elektrycznych, bateryjnych magazynów energii, systemów ładowania, algorytmów sterowania, systemów wspierania kierowcy (autonomizacja).

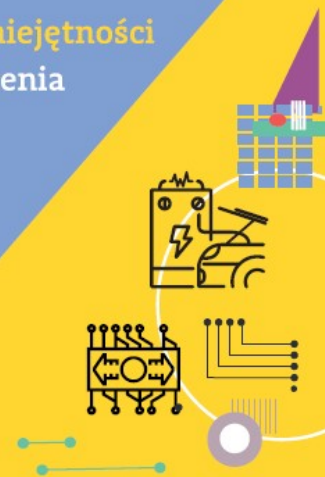
Elektromobilność

Interdyscyplinarna wiedza i umiejętności

Nowoczesne formy kształcenia

Nowy kierunek

Pojazdy elektryczne, napędy, przetwarzanie energii elektrycznej, infrastruktura stacji ładowania, oszczędność energii, zmniejszenie emisji zanieczyszczeń, autonomiczność ruchu pojazdów



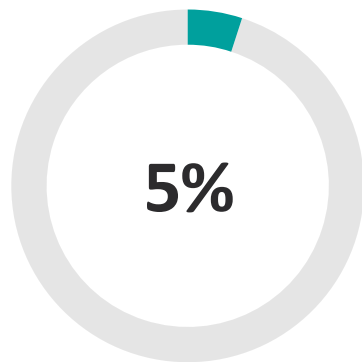
- > nowoczesne techniki komputerowe,
- > sztuczna inteligencja,
- > automatyka, elektronika, elektrotechnika, mechanika, chemia w jednym,
- > zajęcia opierające się o warsztaty a nie bierne przekazywanie wiedzy,
- > kształcenie ukierunkowane problemowo i oparte na projektach



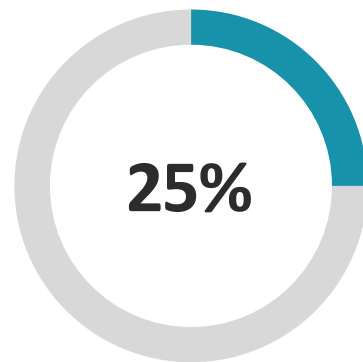
Scan me

www.ee.pw.edu.pl

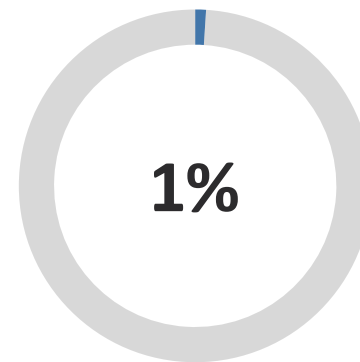
Jak wykorzystujemy nasze prywatne samochody i czy z autobusami jest lepiej



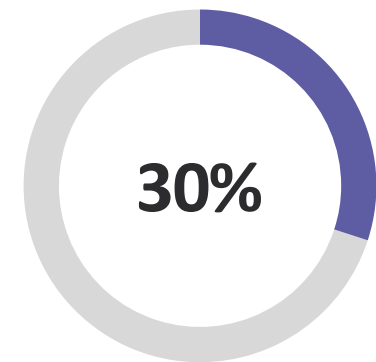
średnie wykorzystanie samochodu w czasie



jedzie więcej niż jedna osoba



energii spożytkowane na przemieszczenie kierowcy



średnie wykorzystanie miejsc siedzących w autobusie komunikacji miejskiej

Staramy się usuwać te nieefektywności w koncepcjach MaaS/TaaS

Car sharing?
Autonomizacja?

Ride sharing?

Lightweighting?

On-demand public bus/van?



Wydział Elektryczny

POLITECHNIKA WARSZAWSKA



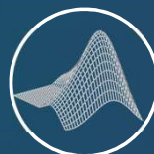
dr hab. inż. Bartłomiej Ufnalski, prof. uczelni

Politechnika Warszawska

Wydział Elektryczny

Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej

Zakład Napędu Elektrycznego



<https://www.mathworks.com/matlabcentral/profile/authors/2128309-bartlomiej-ufnalski>



bartlomiej.ufnalski @ ee.pw.edu.pl



www.ee.pw.edu.pl
www.isep.pw.edu.pl

Dziękuję za uwagę i zapraszam do wspólnego projektowania oraz prototypowania układów napędowych pojazdów elektrycznych!

Polecam Państwa uwadze (cz. 1/2)

- [in-wheel motors from Elaphe] <http://in-wheel.com/en/>
- [Lexus LF-30 Electrified] <https://global.toyota/en/newsroom/lexus/30279058.html>
- [fast charging at 200 kW] <https://www.topgear.com/car-news/electric/tesla-model-3-fastest-charging-car-world>
- [battery swapping stations] <https://www.electrive.com/2019/09/17/bjev-plans-to-build-3000-battery-swapping-stations/>
- [V2G, V2I, V2H] <https://www.autofutures.tv/2019/09/02/v2g-can-help-support-the-grid/>
- [contactless charging at up to 75 kW] <https://www.theverge.com/2019/3/21/18276541/norway-oslo-wireless-charging-electric-taxis-car-zero-emissions-induction>
- [second-life EV batteries] <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/second-life-ev-batteries-the-newest-value-pool-in-energy-storage>
- [the story of Tesla Motors] <https://www.audible.co.uk/pd/Ludicrous-Audiobook/1469076071>
- [International Energy Agency] <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>

Polecam Państwa uwadze (cz. 2/2)

- 🏠 [extreme power densities for motors] <https://www.magnax.com/technology>
- 🏠 [MEDCOM] <http://medcom.com.pl/>
- 🏠 [APS Energia] <http://www.apsenergia.pl/>
- 🏠 [autonomous driving] <https://www.aptiv.com/>
- 🏠 [SiC MOSFETs in Tesla Model 3 inverters] <https://www.pntpower.com/is-teslas-production-creating-a-sic-mosfet-shortage/>
- 🏠 [The End of Moore's Law:A New Beginning for Information Technology] https://e3s-center.berkeley.edu/wp-content/uploads/2019/06/2017_The-End-of-Moore%E2%80%99s-Law-A-New-Beginning-for-Information-Technology.pdf
- 🏠 [Paul Romer] <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/romer/lecture/>
- 🏠 [kierunek kształcenia elektromobilność] <https://www.ee.pw.edu.pl/studia/kierunki-studiow/elektromobilnosc/>
- 🏠 [PolStorEn] <http://pactt.pl/blog/konsorcjum-polstoren>
- 🏠 [Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej] <https://www.isep.pw.edu.pl/>
- 🏠 [zawód przyszłości] <http://ufnalski.edu.pl/proceedings/inzynier2019/>