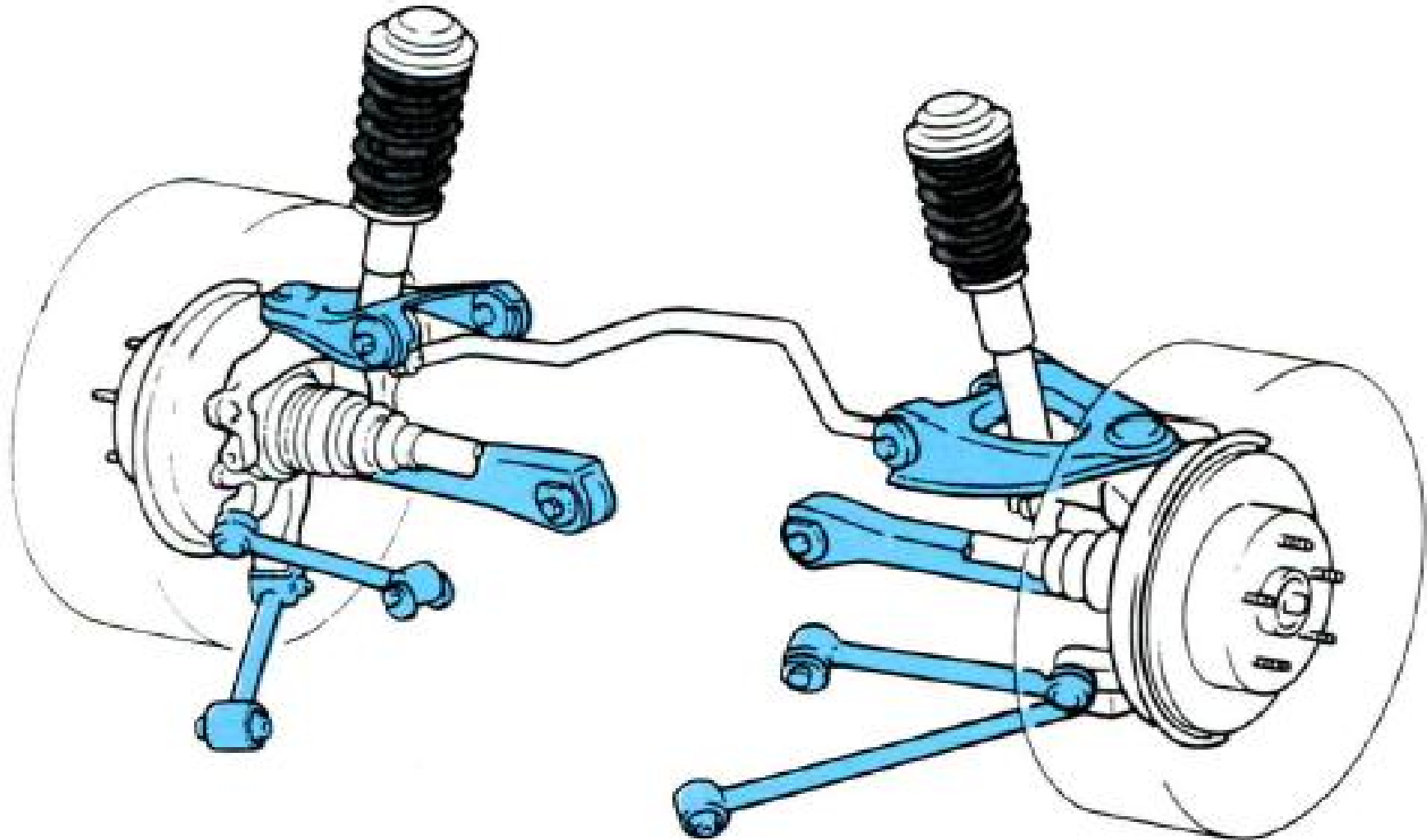


# ***Zawieszenie pojazdu***

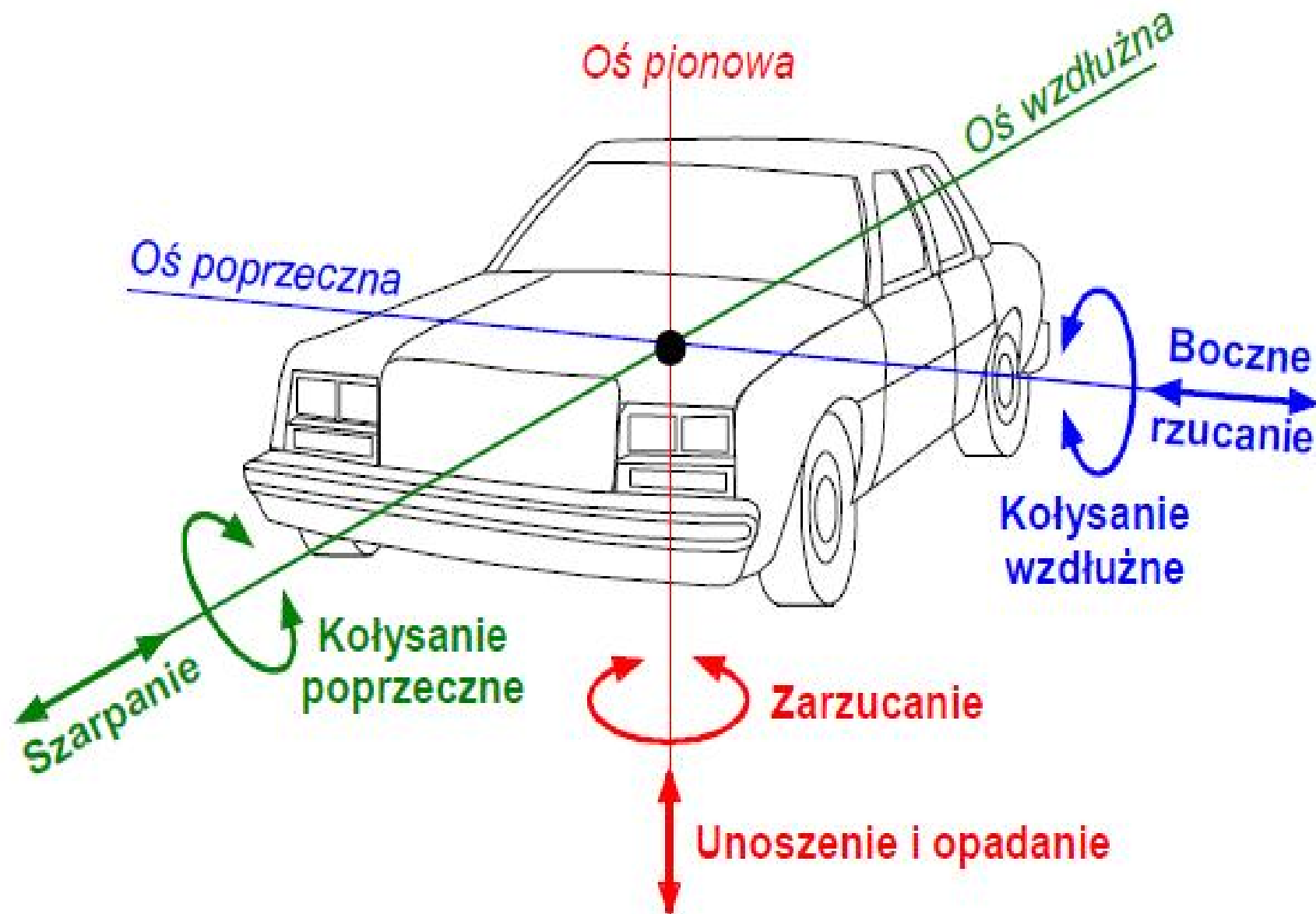


# UKŁAD ZAWIESZENIA POJAZDU

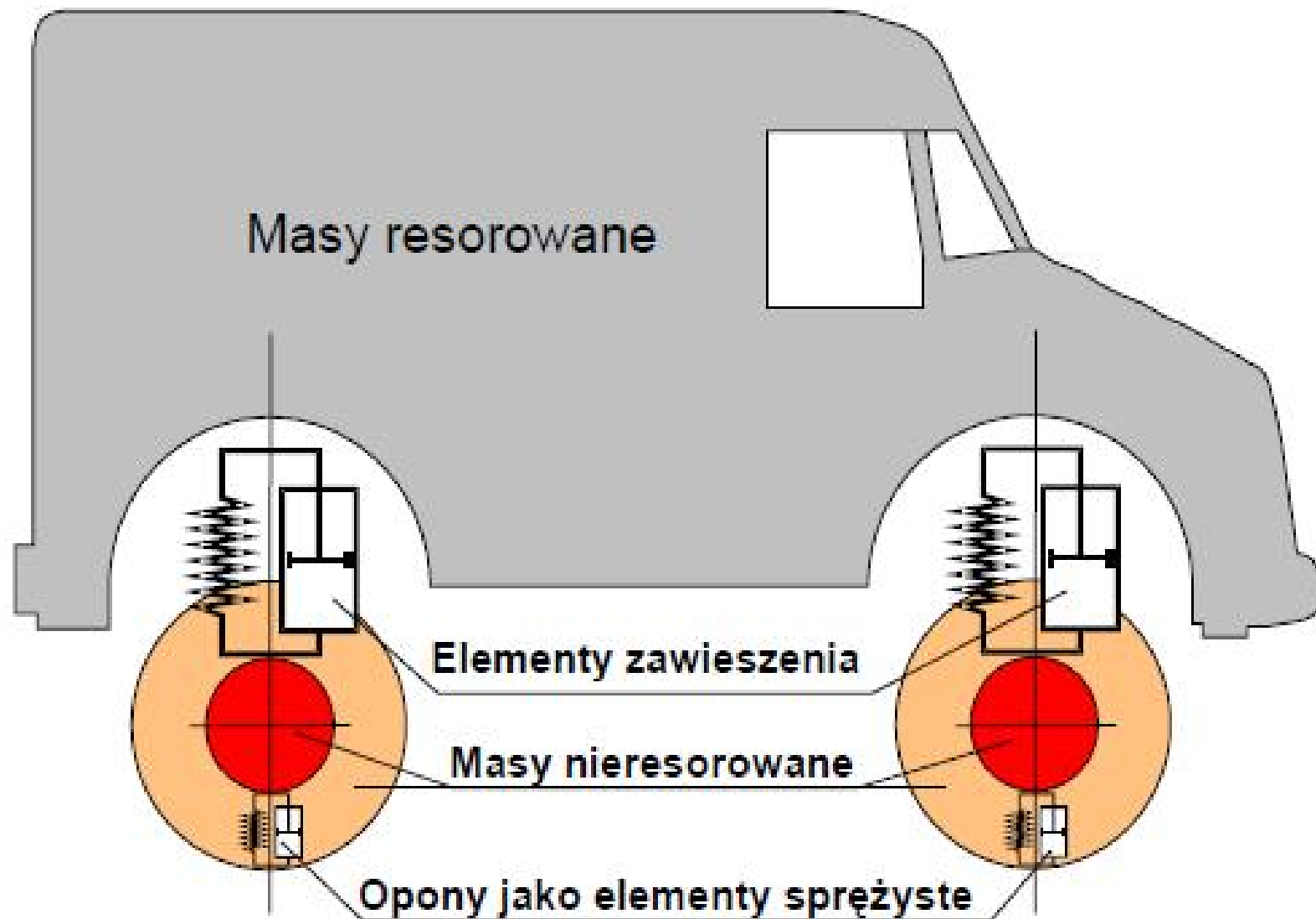
## Zadania układu:

- połączenie kół jezdnych z kadłubem pojazdu
- zapewnienie możliwie najlepszego i ciągłego docisku kół do nawierzchni
- zapewnienie możliwie najwyższego poziomu komfortu jazdy

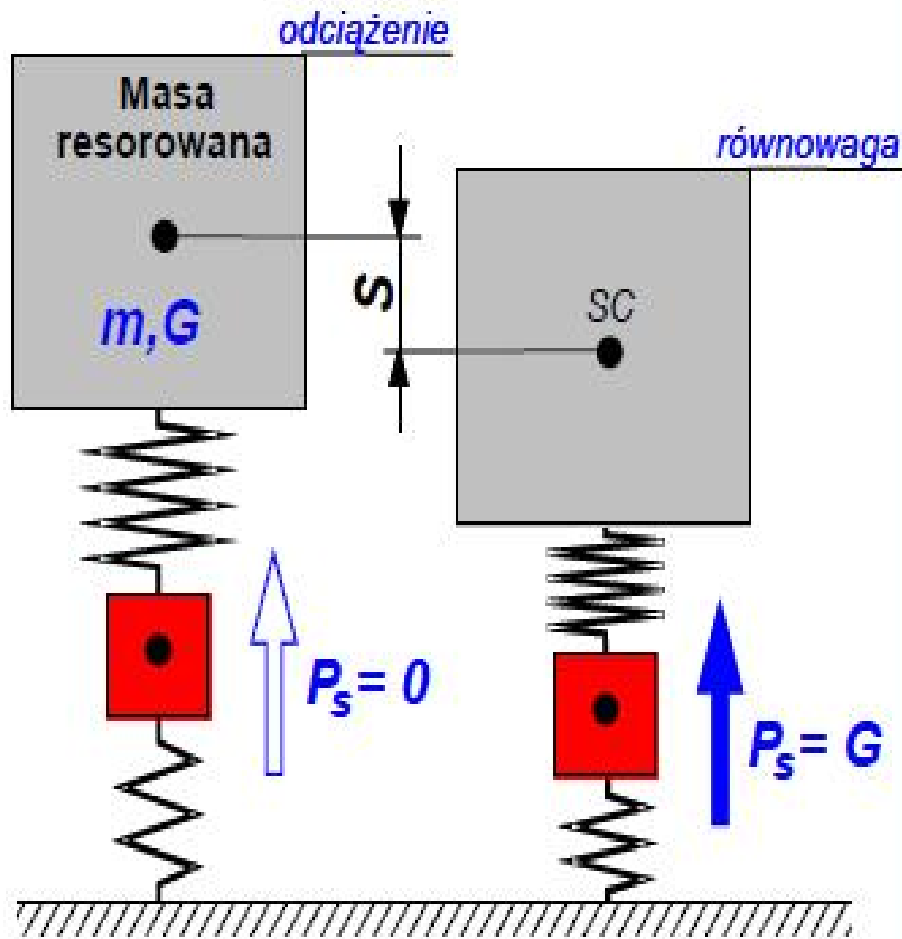
# Ruchy bryły pojazdu względem osi



# Masy resorowane i nieresorowane pojazdu



# Masy resorowane i nieresorowane pojazdu



Statyczna strzałka ugięcia pojazdu:

$$s = \frac{P_s}{c} = \frac{G}{c} = \frac{m \cdot g}{c}$$

gdzie:  $c$  – sztywność zawieszenia

Wypadkowa sztywność zawieszenia:

$$c_0 = (c_1 * c_2) * (c_1 + c_2) \quad [N/mm]$$

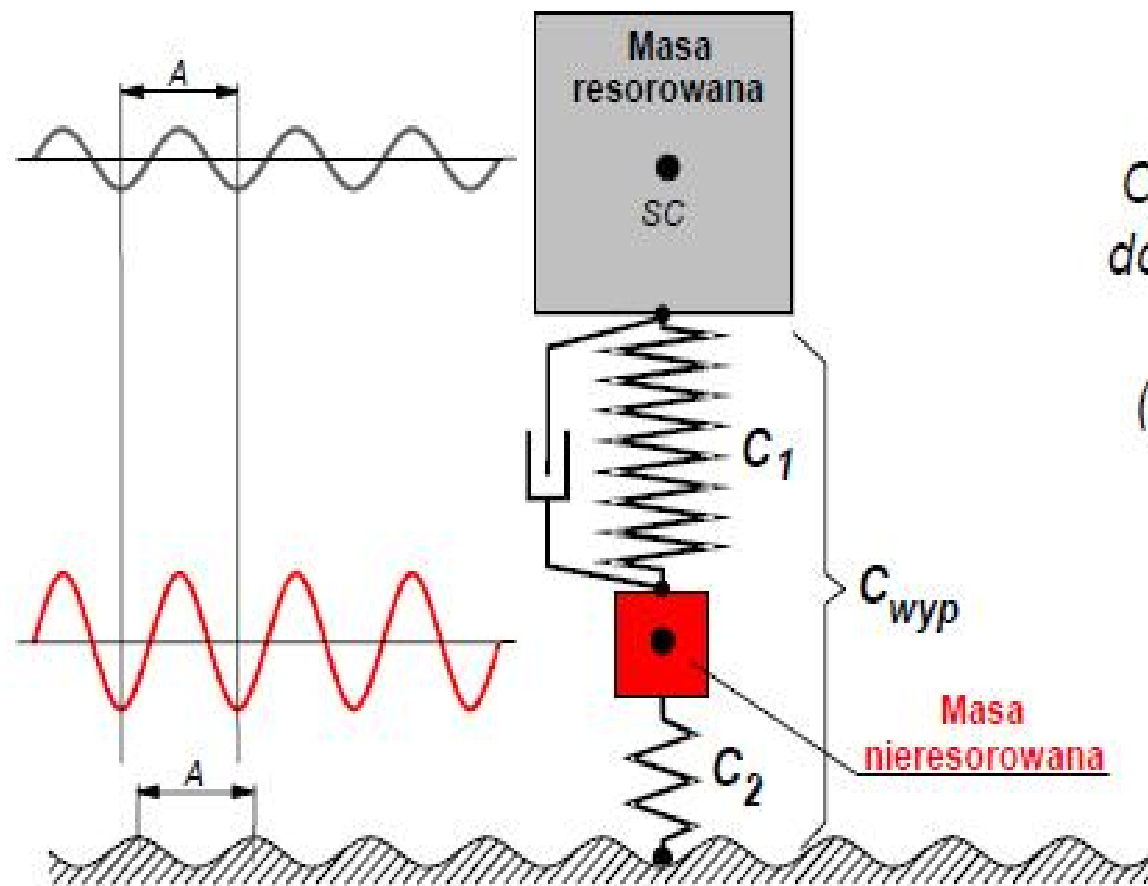
gdzie:  $c_1$  – sztywność elementów sprężystych zawieszenia

$c_2$  – sztywność ogumienia

Częstotliwość drgań własnych masy resorowanej:

$$f = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{c_0}{m}} = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{s}} \approx 298 \cdot \sqrt{s} \quad [1/min]$$

# Masy resorowane i nieresorowane pojazdu

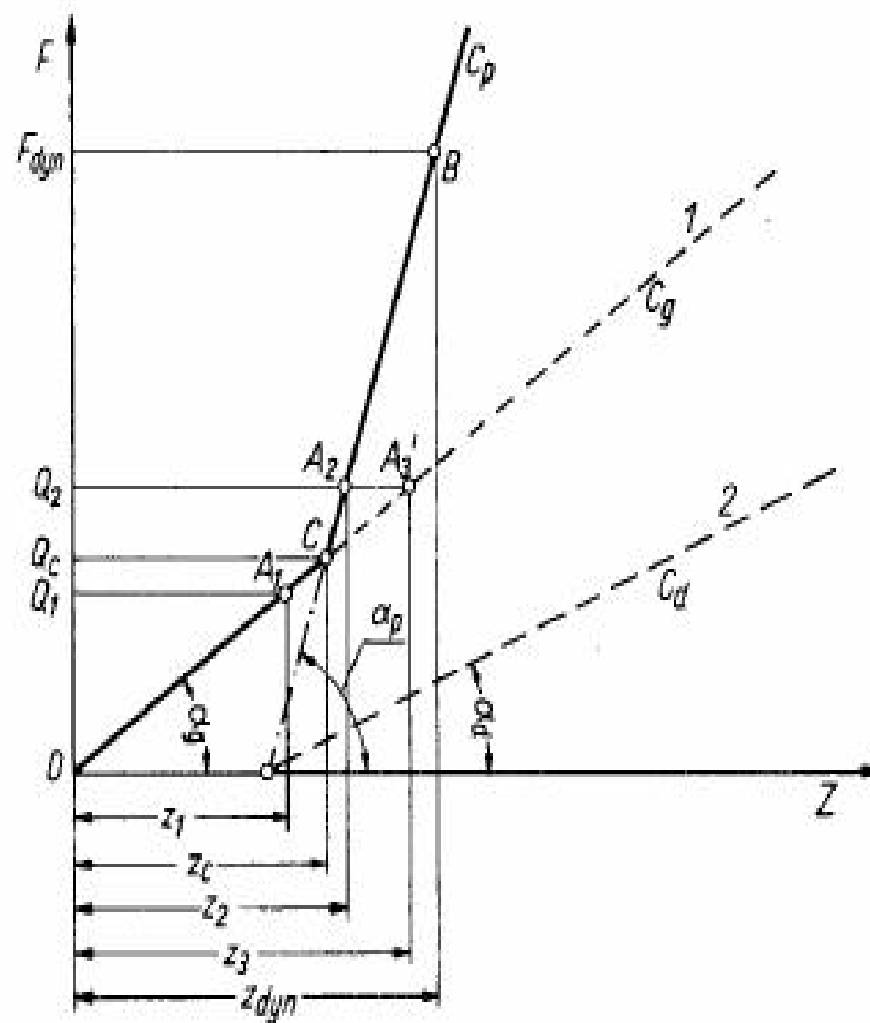
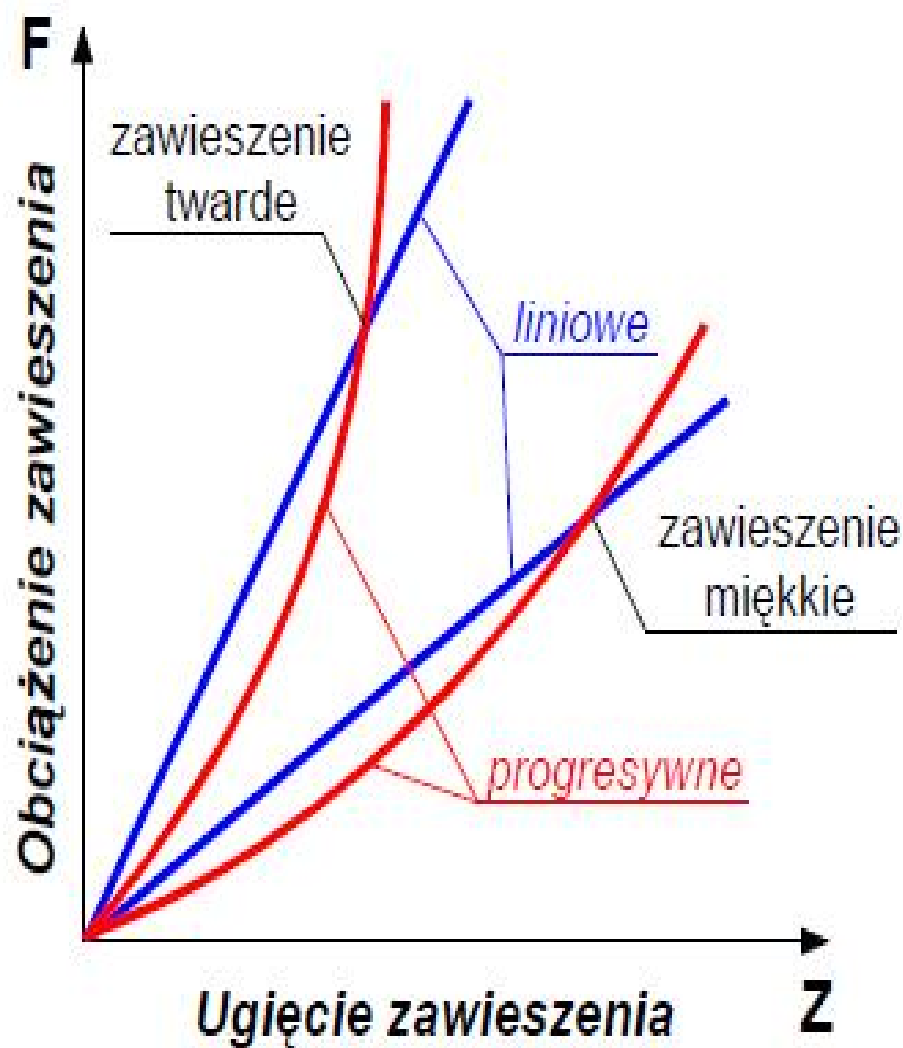


*Częstości mas resorowanych do 2,5 Hz są dobrze znoszone przez organizm ludzki (porównywalne z częstotliwością podczas marszu)*

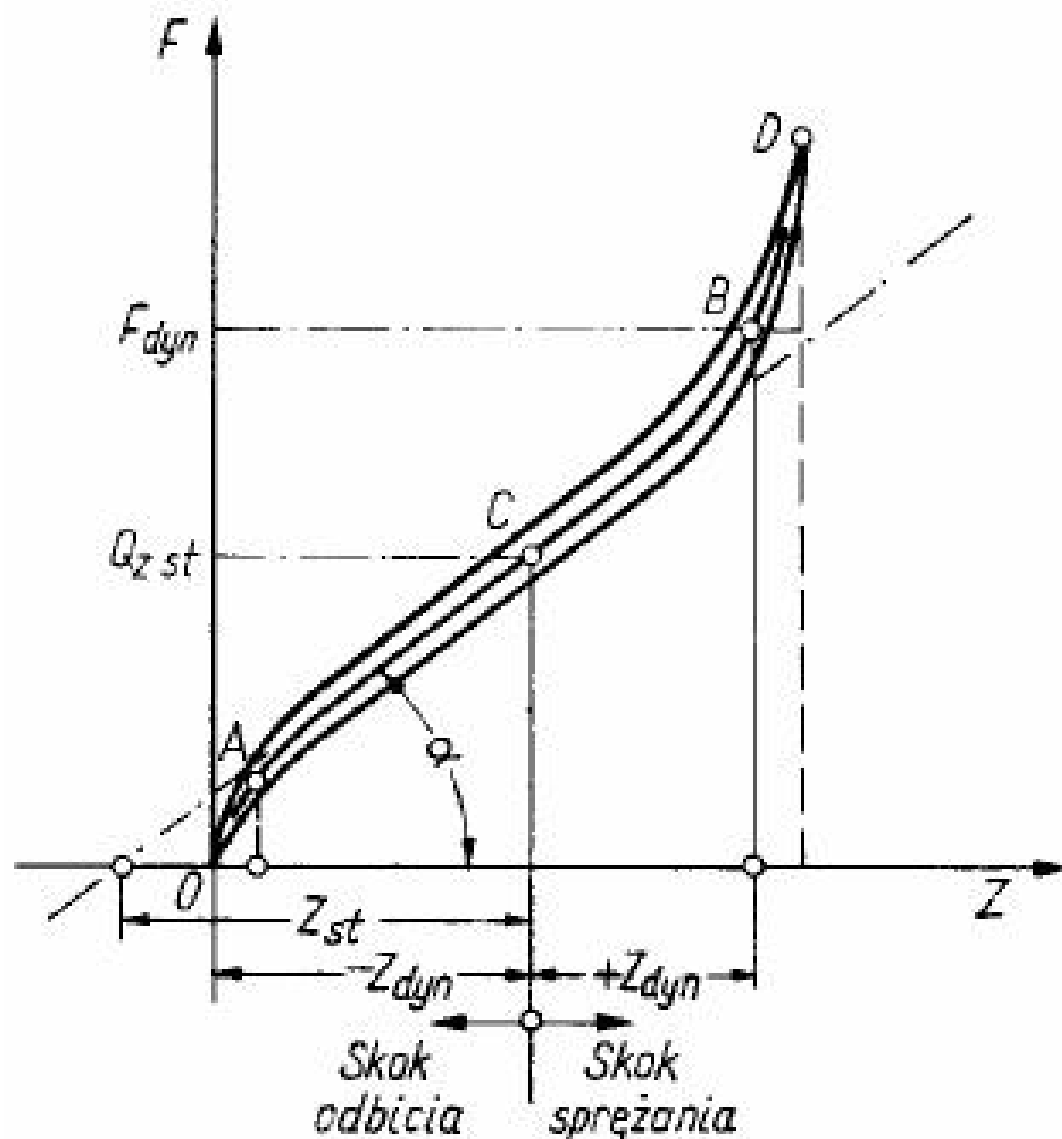
**Masy nieresorowane: częstotliwości drgań -  $6,7 \div 13,3$  Hz, małe amplitudy (w granicach odkształceń ogumienia)**

**Masy resorowane: częstotliwości drgań  $0,8 \div 2,5$  Hz przy dużych amplitudach**

# Charakterystyki zawieszenia



# Charakterystyki zawieszenia



**Skoki i histereza sprężystości zawieszenia**



## ZAWIESZENIE

Zawieszenie łączy koła pojazdu z nadwoziem. Dzięki podatności zawieszenie może pochłaniać nierówności nawierzchni drogi. W rezultacie nadwozie może wykonywać niepożądane ruchy, które powinny być minimalizowane tak, aby otrzymać maksymalną stabilność.



# ZAWIESZENIE



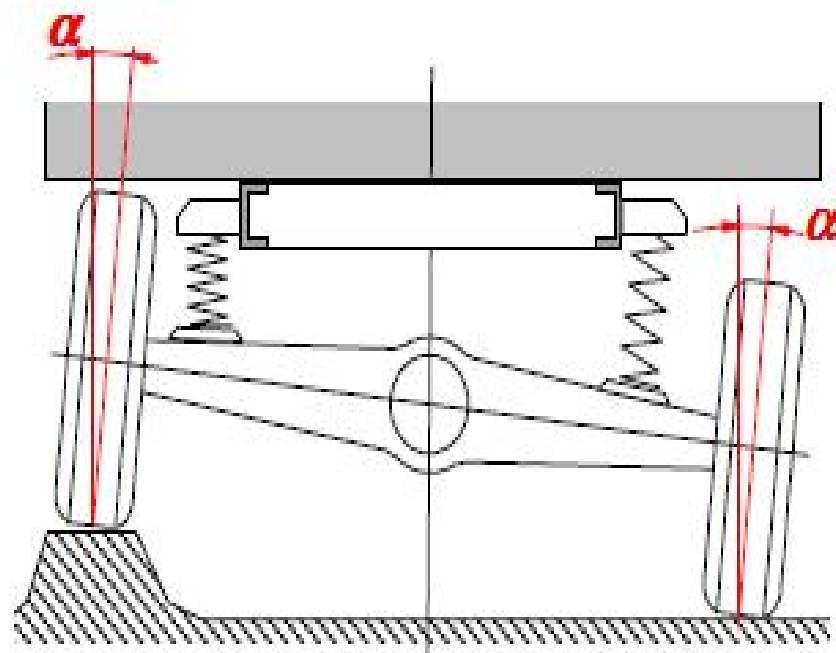
## ➔ ZALEŻNE

- Z resorem piórowym
- Z wahaczami wzdłużnymi i z belką skrętną
- Z 4 drążkami reakcyjnymi

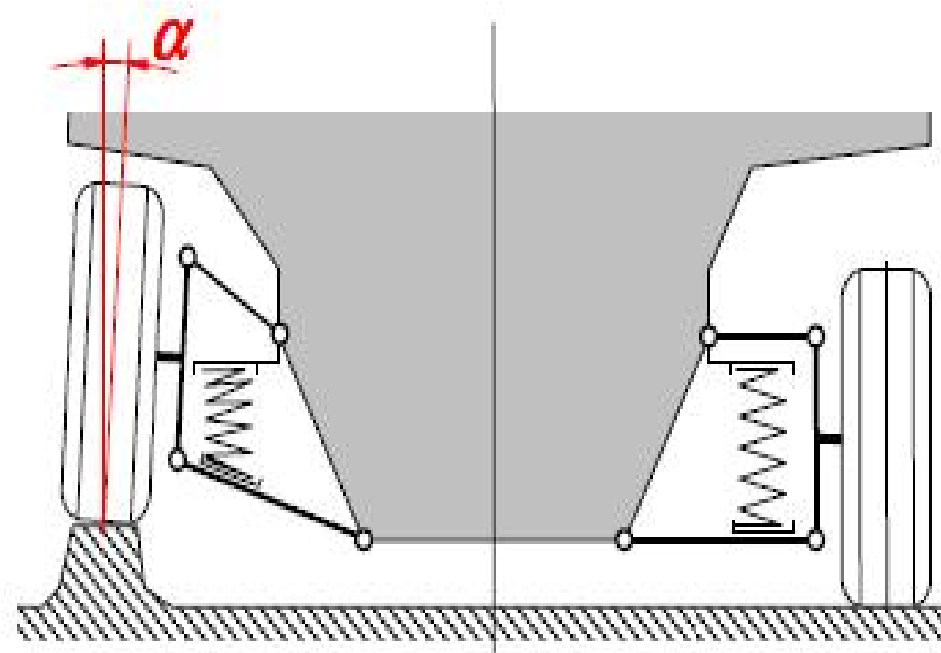
## ➔ NIEZALEŻNE

- McPherson
- Z wahaczami skośnymi
- Z podwójnymi wahaczami poprzecznymi
- Pneumatyczne

# RODZAJE UKŁADÓW ZAWIESZENIA POJAZDÓW



Zawieszenie zależne



Zawieszenie niezależne

## Zawieszenie Zależne

Elementy zawieszenia sprzęgają się z ramą lub nadwoziem samochodu w sztywną oś, napędzaną lub nienapędzaną.

*W tym przypadku ruch obu kół tej osi jest od siebie zależny.*

## Zawieszenie Niezależne

Każde z kół jest połączone z ramą lub nadwoziem oddzielnie, dzięki czemu koła po obu stronach samochodu mogą wykonywać ruchy pionowe niezależnie od siebie

# Zalety i wady zawieszzeń

## Zawieszzenia zależne:

- + duża nośność
- + prosta budowa
- + wysoka trwałość
- duża masa
- niższy poziom komfortu jazdy
- zwiększona wysokość położenia środka ciężkości

## Zastosowanie:

- pojazdy ciężkie (ciężarowe, autobusy, osobowe)
- samochody terenowe

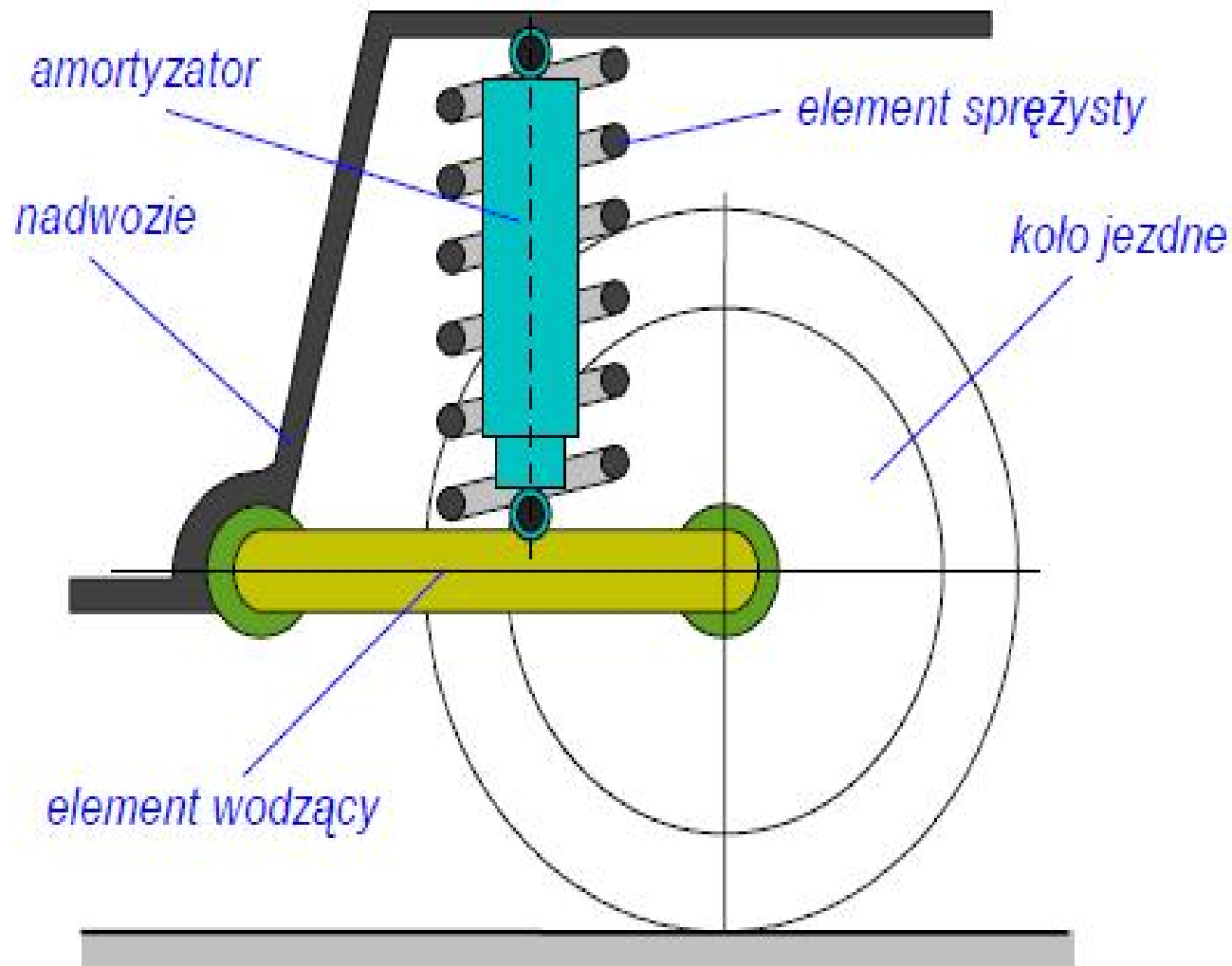
## Zawieszzenia niezależne:

- + wysoki komfort jazdy
- + możliwość zmniejszenia wysokości położenia środka ciężkości
- + niższa masa
- niższa nośność
- skomplikowana budowa
- niższa trwałość

## Zastosowanie:

- samochody osobowe
- samochody dostawcze i autobusy (przednie osie)

# GŁÓWNE ELEMENTY UKŁADU ZAWIESZENIA POJAZDU



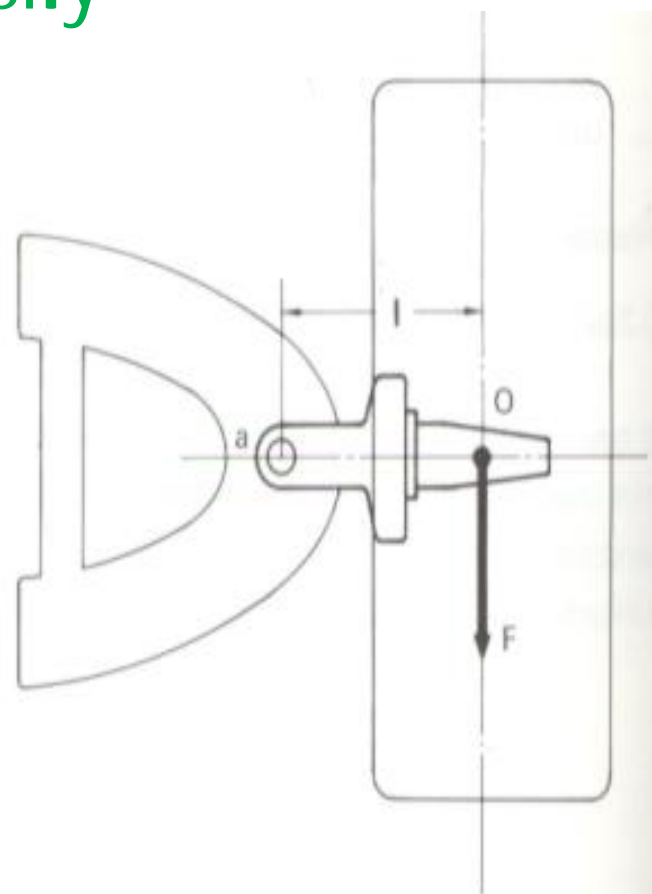
# Moment siły

Moment, lub mówiąc dokładniej **moment siły**, jest to efekt dążenia siły do obrotu ciała wokół jego osi.

Moment **M** jest wyrażany iloczynem siły **F**, działającej na ciało, oraz ramienia **l**, tzn. odległości osi obrotu (**a**) od punktu przyłożenia siły **O**.

$$M = F \cdot l$$

Oznacza to, że siła potrzebna do skręcenia kół może być zmniejszona przez zmniejszenie promienia zataczania.



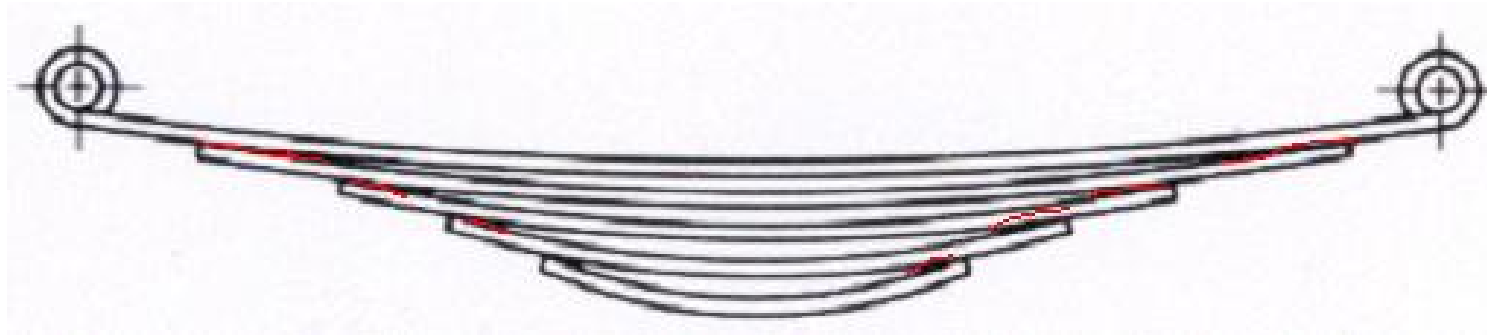
- a : Oś obrotu
- O : Punkt przyłożenia siły
- F : Siła
- l : Promień zataczania



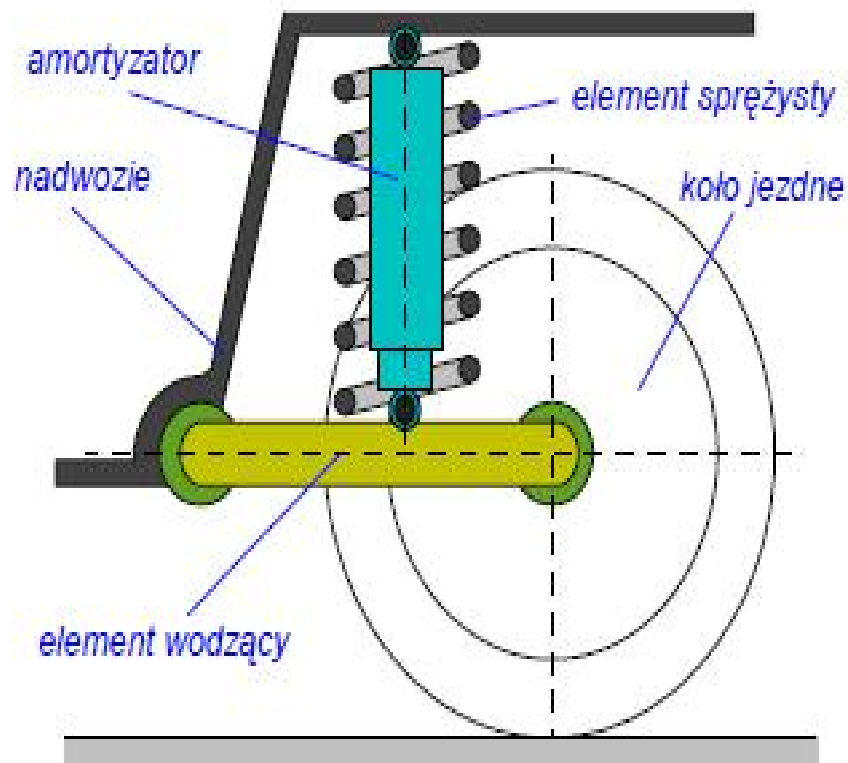
# RESORY PIÓRÓWE

Resory piórowe stosowane są w samochodach dostawczych. Resory zapewniają dość niski komfort jazdy a jednocześnie dzięki prostej budowie nie wymagają skomplikowanej obsługi.

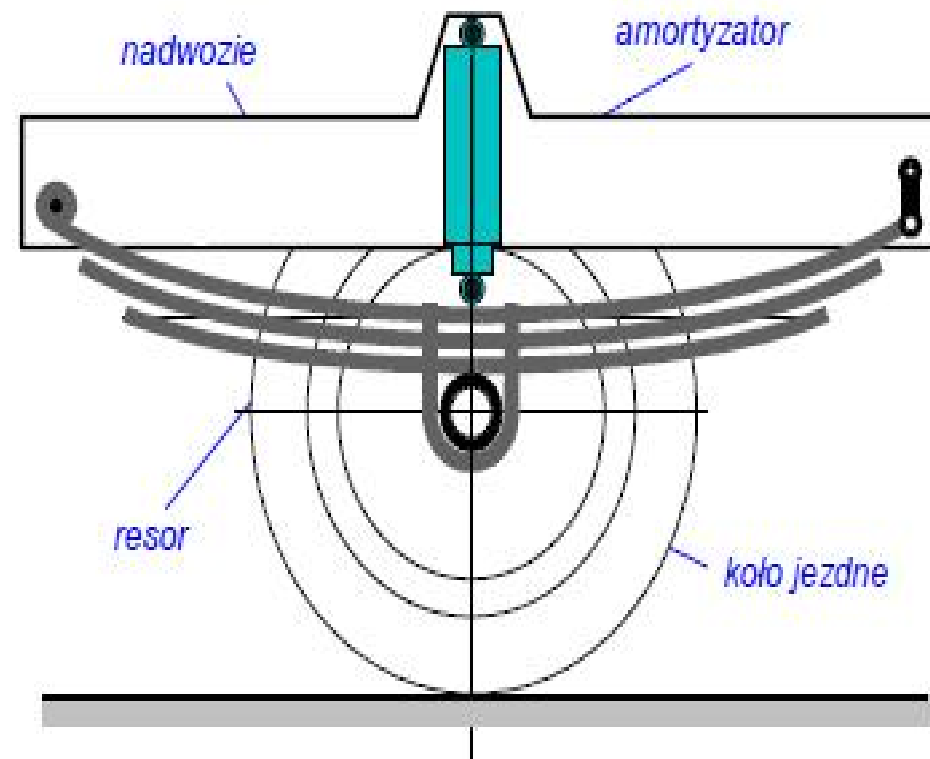
Występujące w resorach zjawisko skręcania osi (owijania) spowodowane jest istnieniem momentów podczas przyspieszania i hamowania, które działają na resory starając się owinać je wokół osi.



# ODMIANY UKŁADÓW ZAWIESZENIA POJAZDU

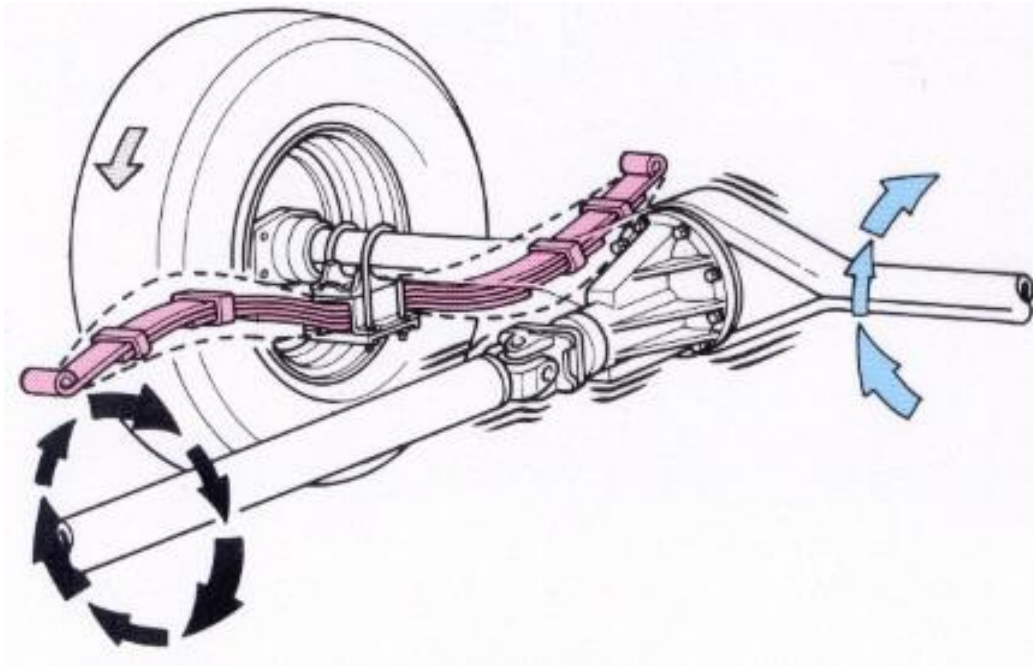


**Zawieszenie wahaczowe**



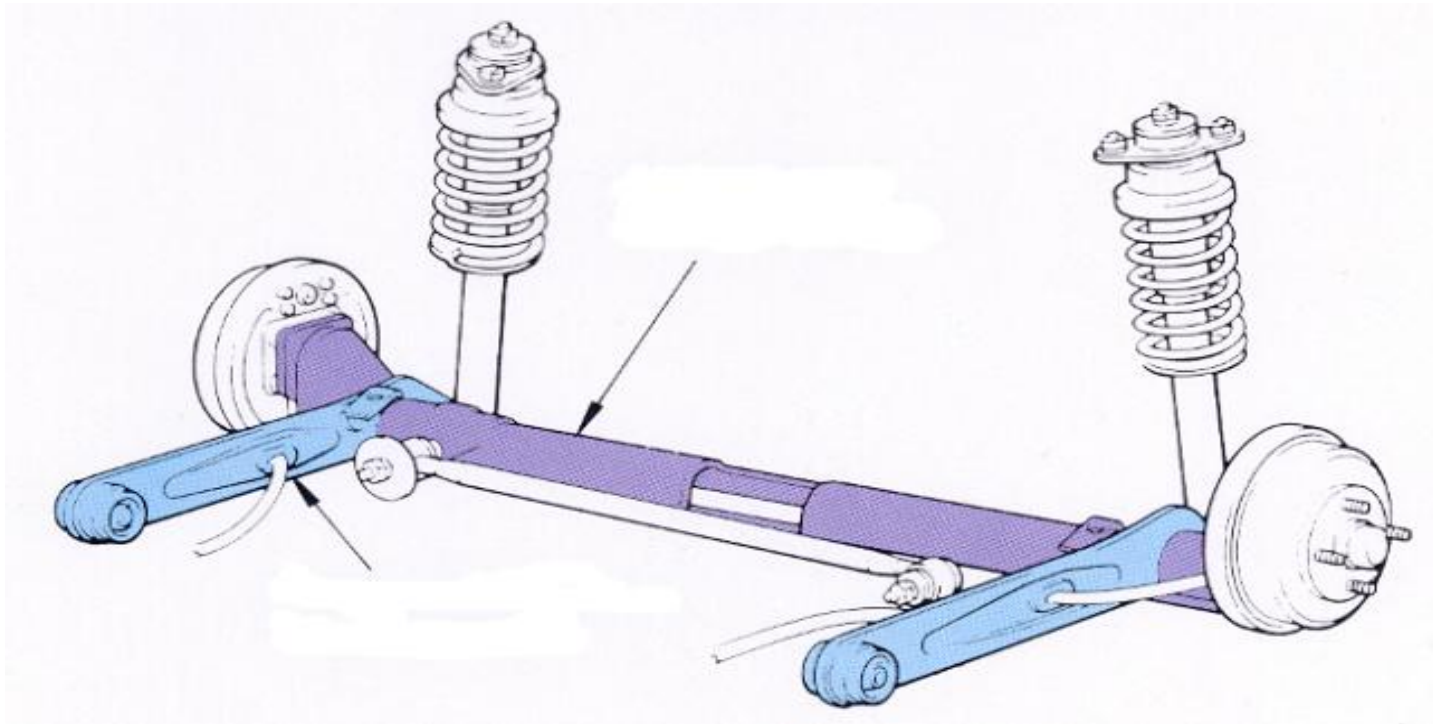
**Zawieszenie resorowe**

Jeżeli podczas jazdy resory powodują hałas, to jego przyczyną może być zużycie się przekładek z tworzywa sztucznego służących do zmniejszenia tarcia między piórami. W takim przypadku należy je wymienić.

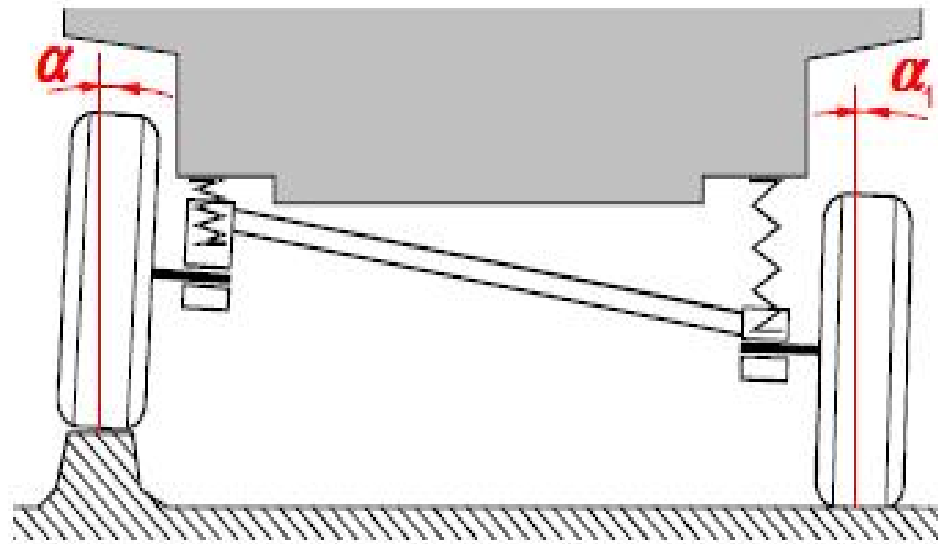


# WAHACZ Z BELKĄ SKRETNĄ

Ten rodzaj zawieszenia używany jest głównie w małych samochodach z układem napędowym typu **PP (FF)** tzn. z silnikiem umieszczonym z przodu i z napędzanymi przednimi kołami. W niektórych modelach tuleje w wahaczach **wleczonech** mają nietypowy kształt.

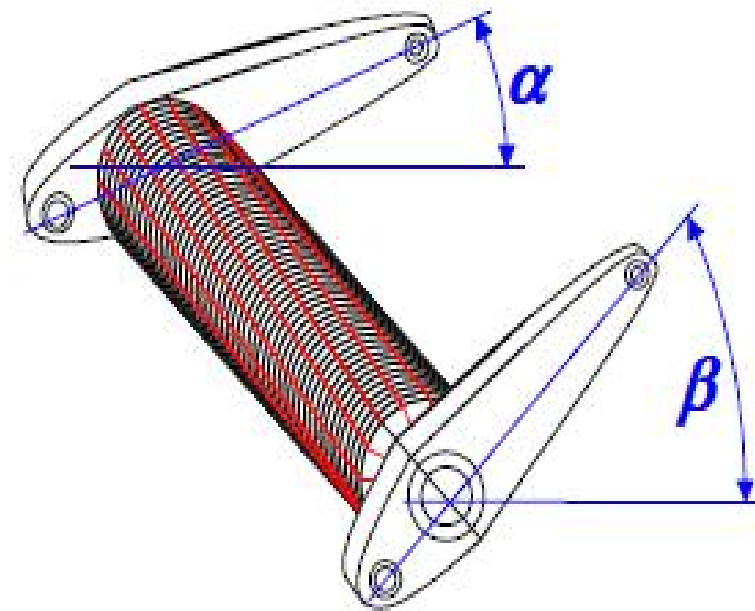


# RODZAJE UKŁADÓW ZAWIESZENIA POJAZDÓW



Zawieszenie z belką skrętną

- + *bardzo prosta konstrukcja*
- + *niska cena*
- + *mała masa*
- + *niezawodność*



Schemat działania belki skrętnej

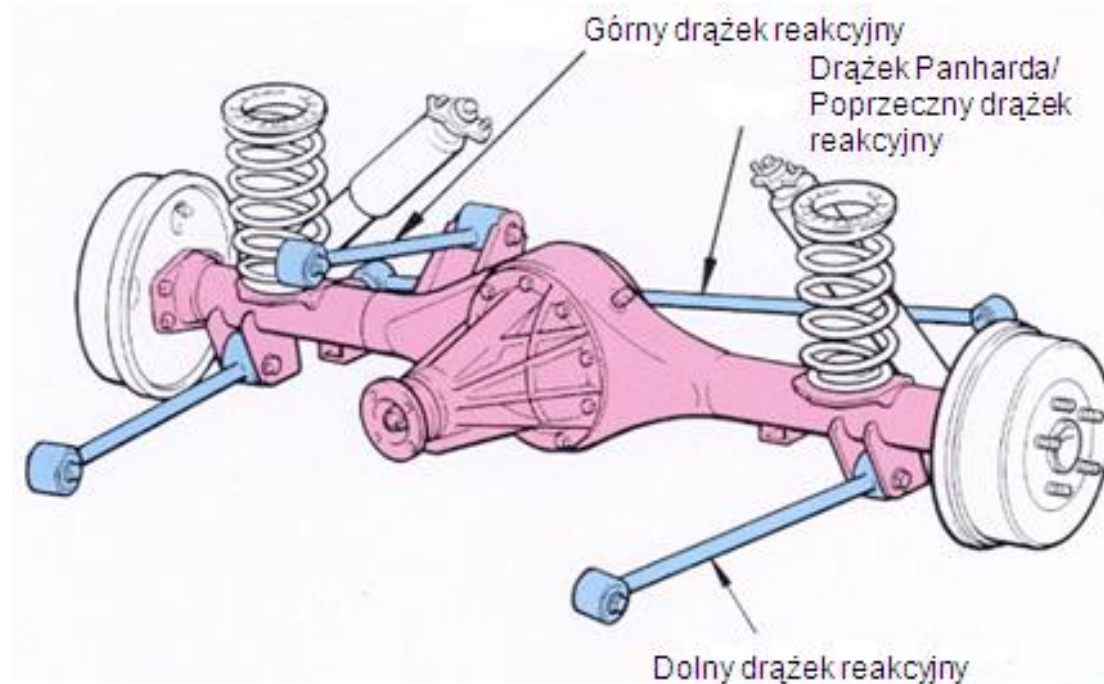
- *średni poziom komfortu jazdy*
- *podnosi środek ciężkości*

## Zastosowanie:

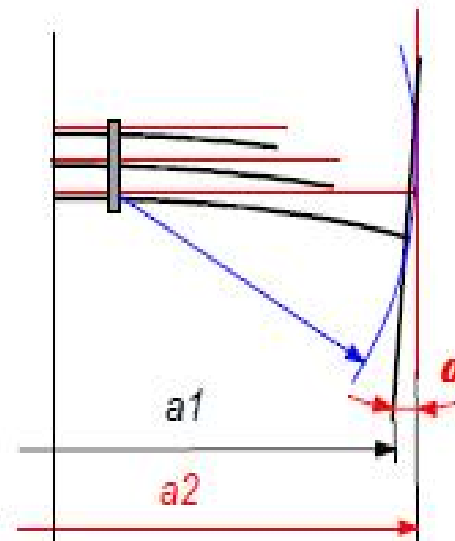
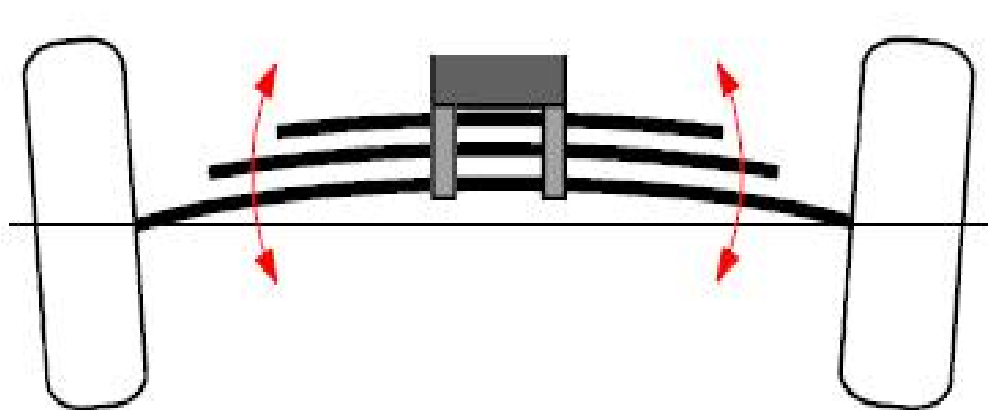
- *tylne osie lekkich samochodów*

## ZAWIESZENIE Z 4 DRAŻKAMI REAKCYJNYMI

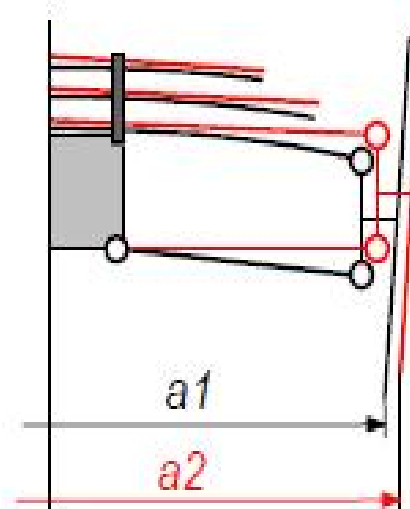
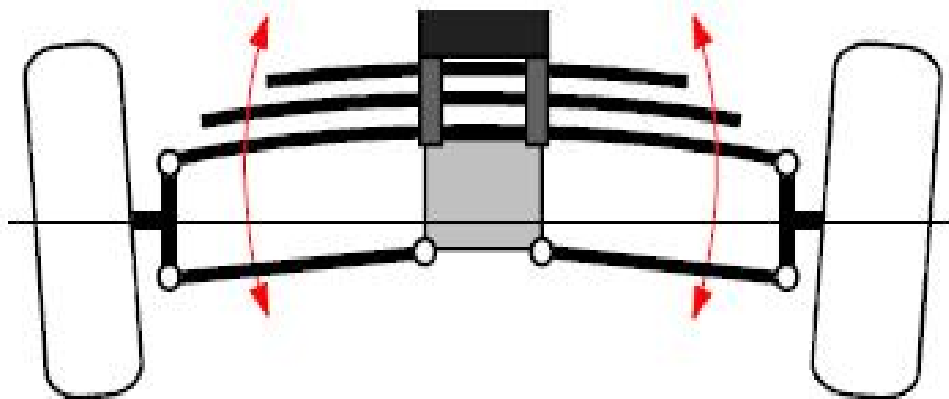
Ponieważ sprężyny nie przenoszą obciążeń poprzecznych, położenie osi napędowej musi być utrzymywane podczas przyśpieszania, hamowania i jazdy po zakręcie przez wahacze i drążki reakcyjne.



# PROWADZENIE KOŁA PRZEZ RÓŻNE ODMIANY ZAWIESZENIA

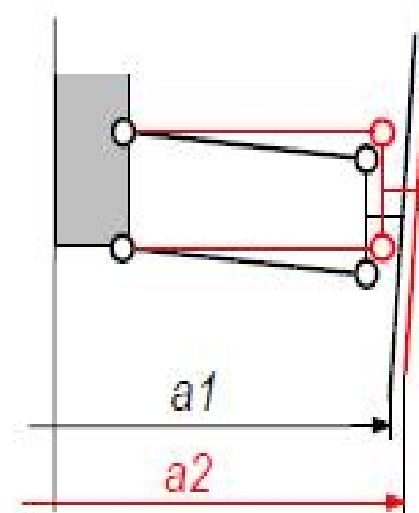
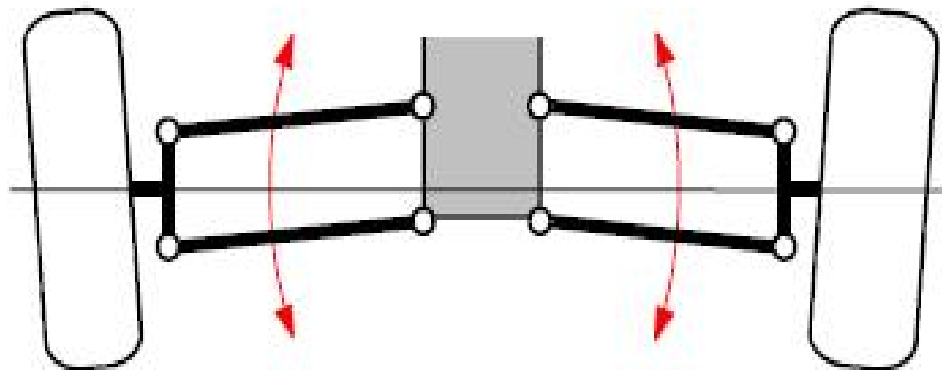


Pojedynczy  
resor  
poprzeczny

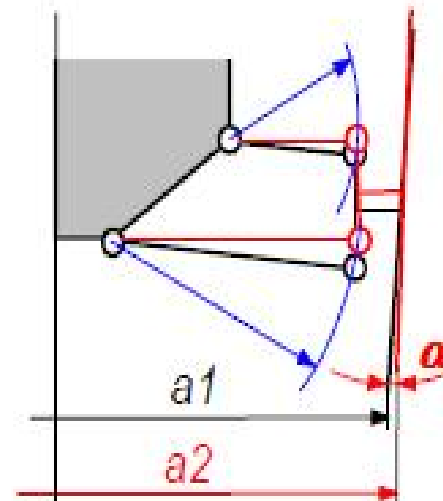
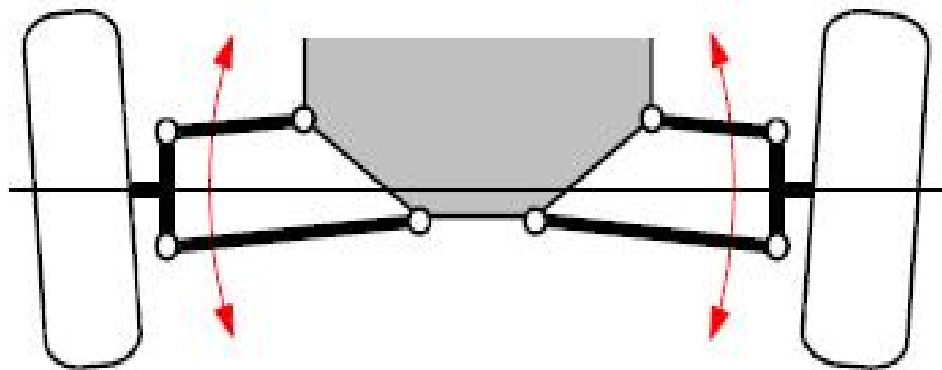


Pojedynczy  
resor  
poprzeczny  
z wahaczami  
poprzecznymi

# PROWADZENIE KOŁA PRZEZ RÓŻNE ODMIANY ZAWIESZENIA



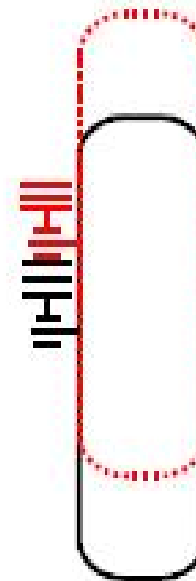
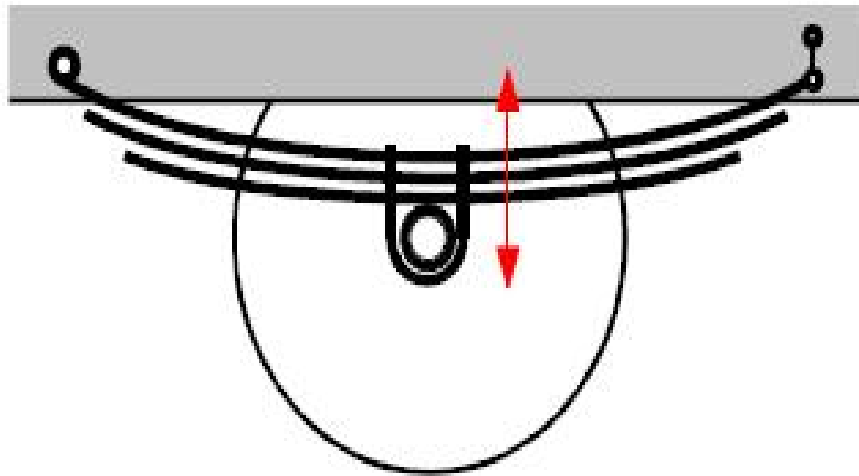
Podwójne  
wahacze  
poprzeczne  
(układ  
równoległy)



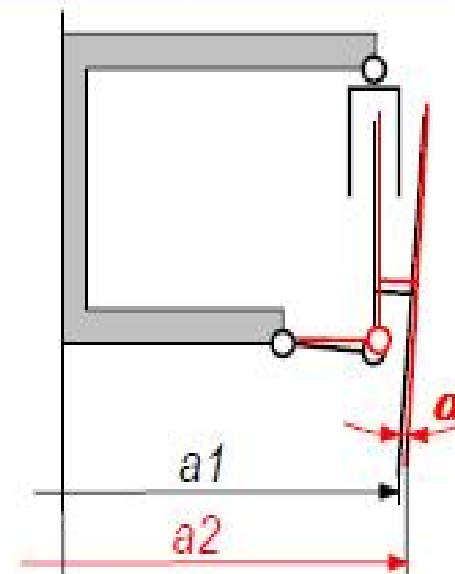
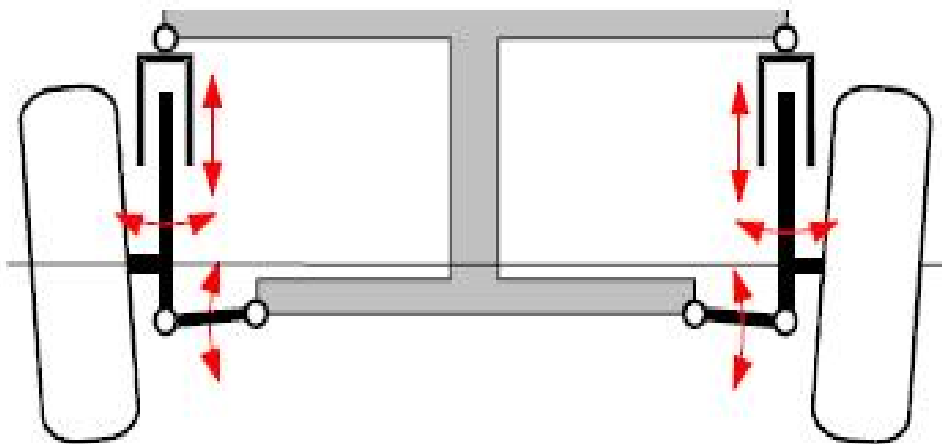
Podwójne  
wahacze  
poprzeczne  
(układ  
trapezowy)



# PROWADZENIE KOŁA PRZEZ RÓŻNE ODMIANY ZAWIESZENIA



Resor  
wzdłużny



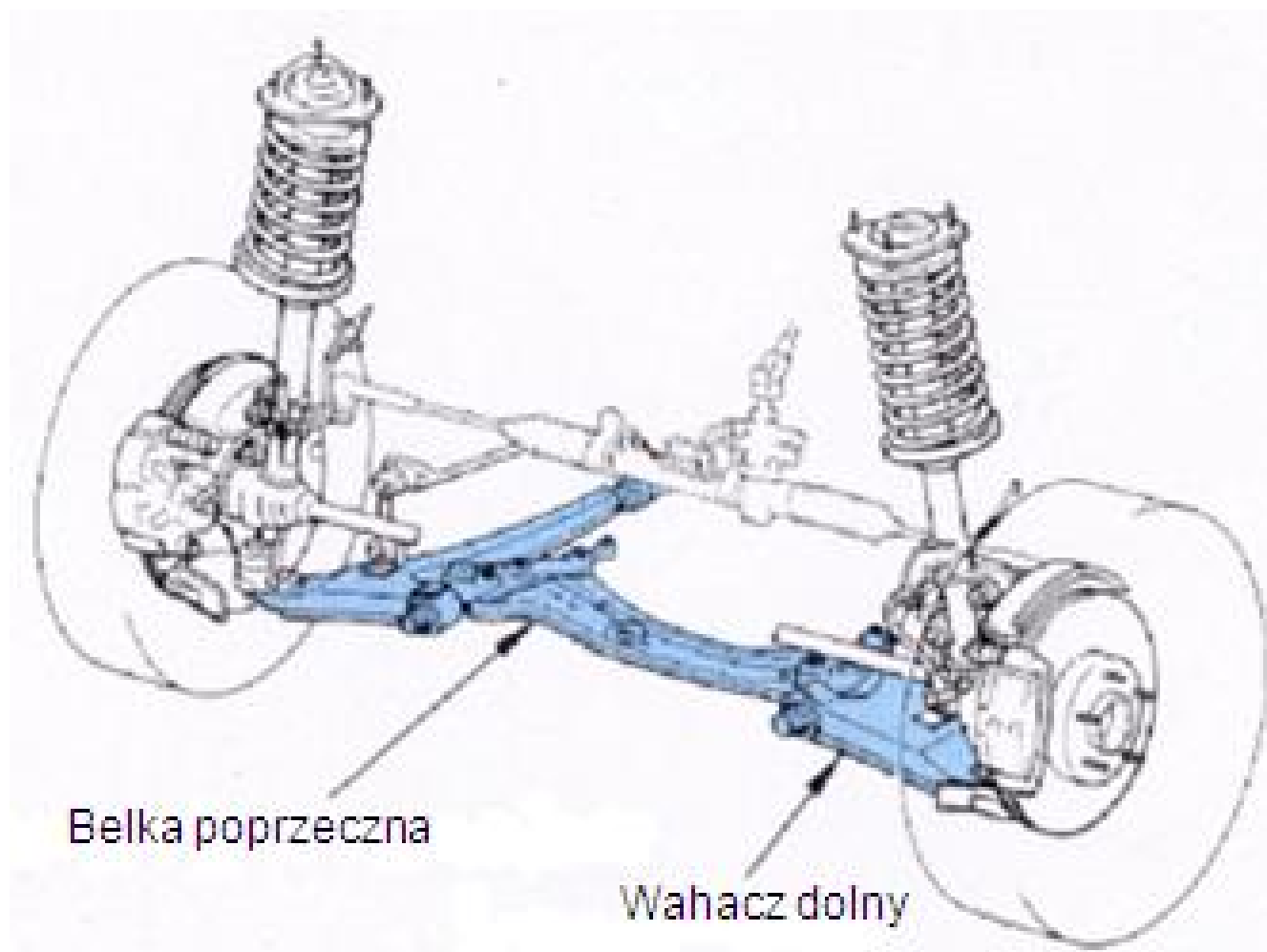
Głowica  
prowadząca  
z wahaczem  
poprzecznym

# ZAWIESZENIE NIEZALEŻNE McPherson

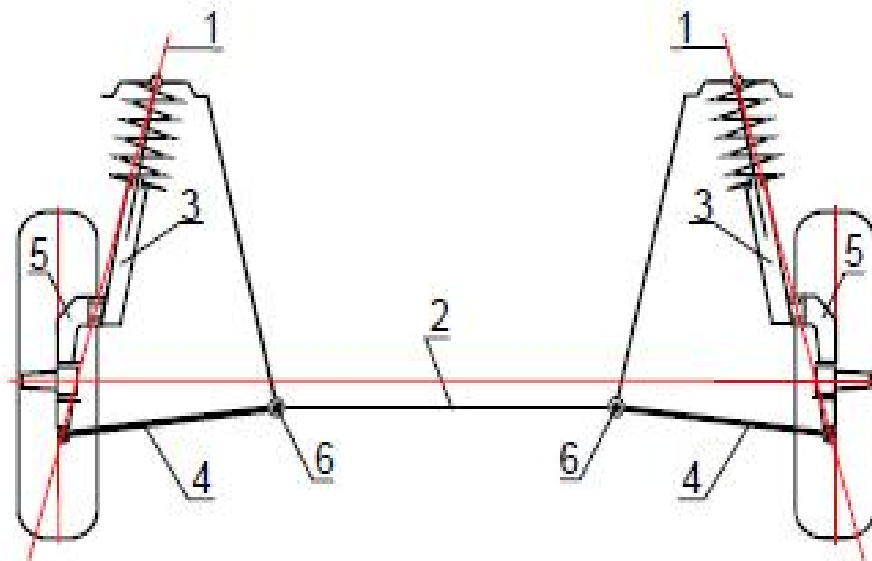
- Zawieszenie typu McPherson jest najbardziej rozpowszechnionym zawieszeniem w małych i średnich samochodach. Niewielka ilość elementów powoduje, że masa nieresorowana jest mała.
- Ponieważ stosowane w nim są tylko dolne wahacze, silnik może być umieszczony niżej, pomiędzy kołami, co obniża punkt ciężkości pojazdu i zmniejsza kołysanie podczas pokonywania zakrętów.
- Podczas jazdy po zakręcie sprężyna i amortyzator przemieszczają się wraz ze zwrotnicą, dlatego też zastosowano łożysko pomiędzy nadwoziem i górnym gniazdem sprężyny.



# ZAWIESZENIE McPherson

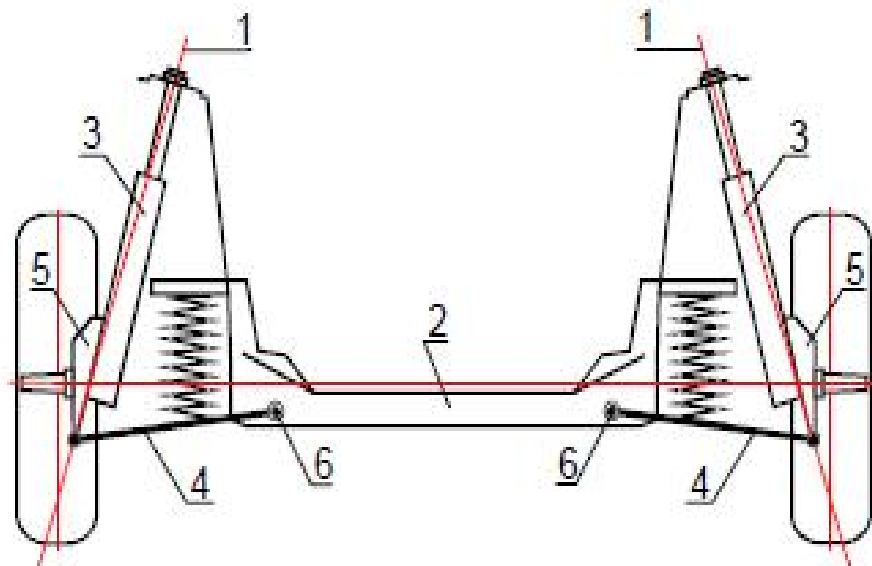


# PROWADZENIE KOŁA PRZEZ RÓŻNE ODMIANY ZAWIESZENIA



## Zawieszenie typu McPhearson

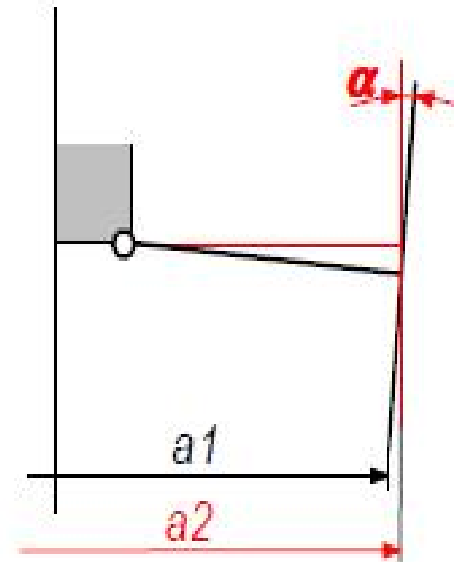
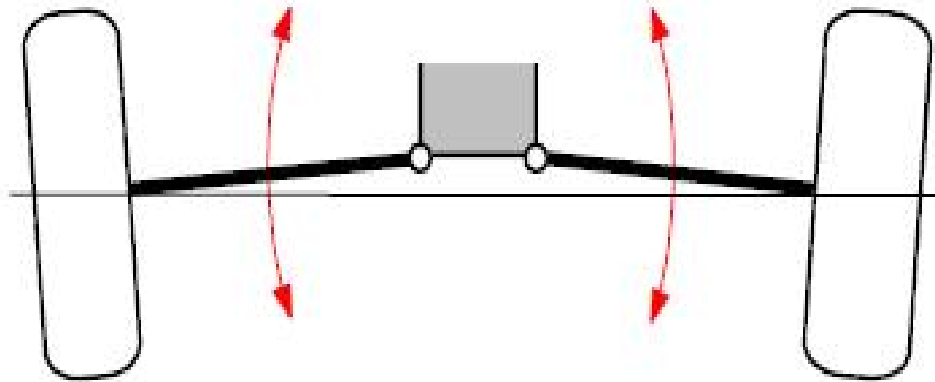
- 1 – geometryczna oś obrotu zwrotnicy
- 2 – belka przedniego zawieszenia
- 3 – amortyzator
- 4 – wahacz poprzeczny
- 5 – zwrotnica
- 6 – przegub wahacza



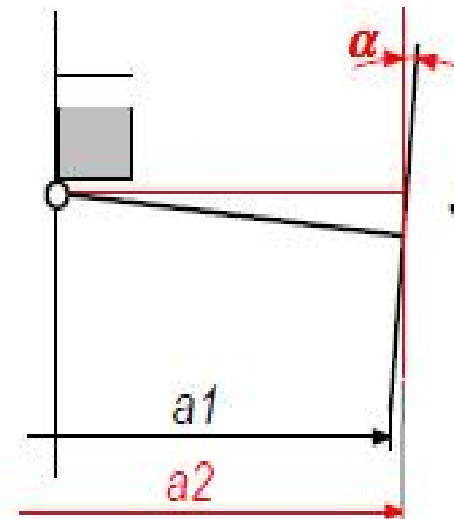
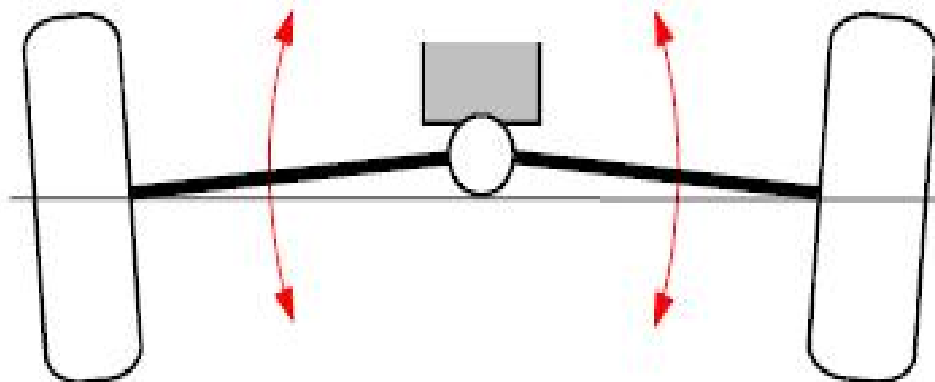
## Zawieszenie typu Daimler Benz

- 1 – geometryczna oś obrotu zwrotnicy
- 2 – belka przedniego zawieszenia
- 3 – amortyzator
- 4 – wahacz poprzeczny
- 5 – zwrotnica
- 6 – przegub wahacza

# PROWADZENIE KOŁA PRZEZ RÓŻNE ODMIANY ZAWIESZENIA



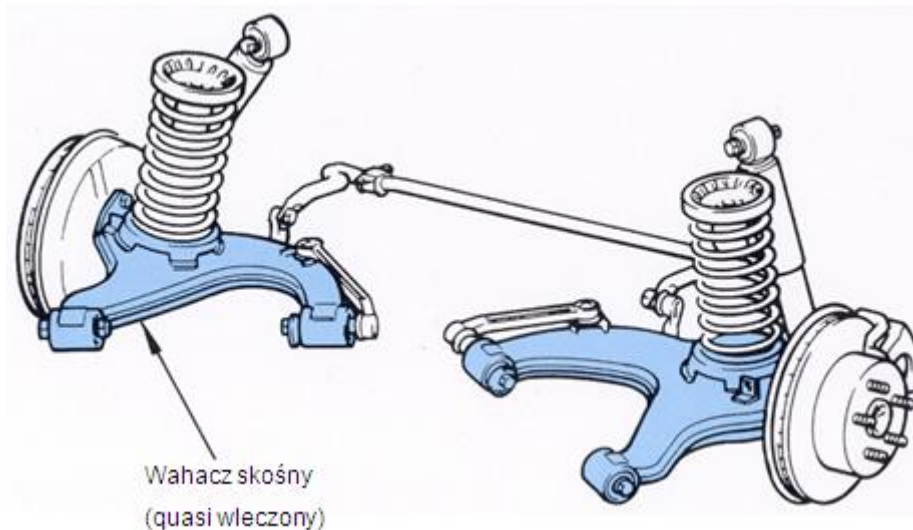
Dwuprzegubowa  
oś wahliwa



Jednoprzegubowa  
oś wahliwa

## ZAWIESZENIE Z WCHACZAMI SKOŚNYMI

W tym rodzaju zawieszenia, w fazie projektowania, możliwe jest określenie, na podstawie optymalnej charakterystyki stateczności ruchu, wielkości zmian kątów zbieżności i pochylenia kół podczas przemieszczeń pionowych. Wielkość tę kontroluje się zmieniając długość wahaczy, miejsca ich mocowania oraz kąty przemieszczeń kątowych osi.

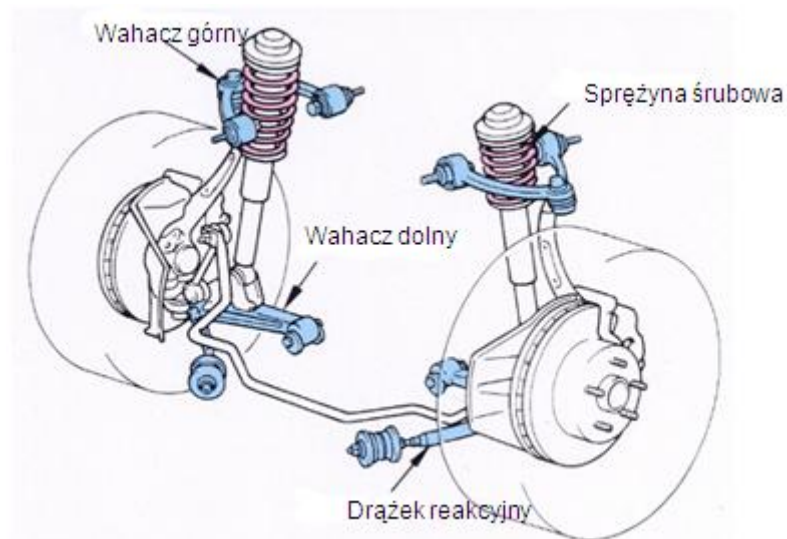


# ZAWIESZENIE Z PODWÓJNYMI WACHACZAMI POPRZECZNYMI

Geometria mocowania oraz wielkość wahaczy dolnych i górnych jest różna w tym zawieszeniu.

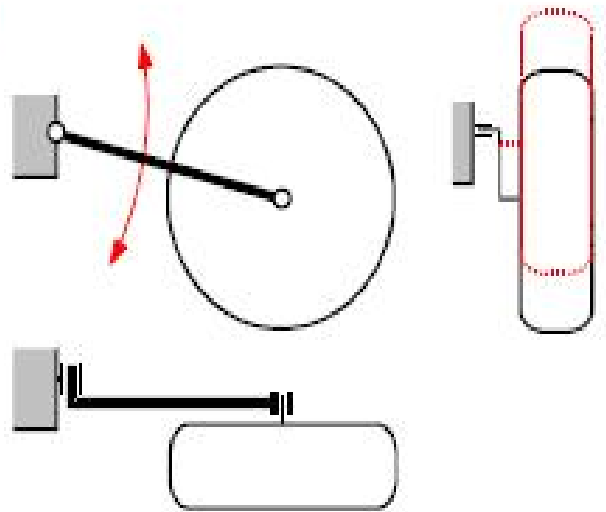
**Wahacz górny jest krótszy niż dolny.**

W ten sposób podczas pokonywania zakrętu kąt pochylenia opony i powierzchnia przylegania bieżnika do drogi nie zmieniają się. W rezultacie przyczepność kół podczas pokonywania zakrętów i zużycie opon są optymalne.

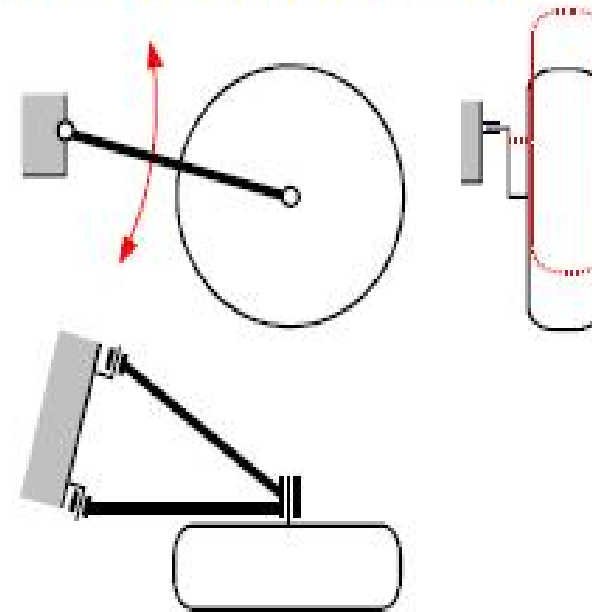


# PROWADZENIE KOŁA PRZEZ RÓŻNE ODMIANY ZAWIESZENIA

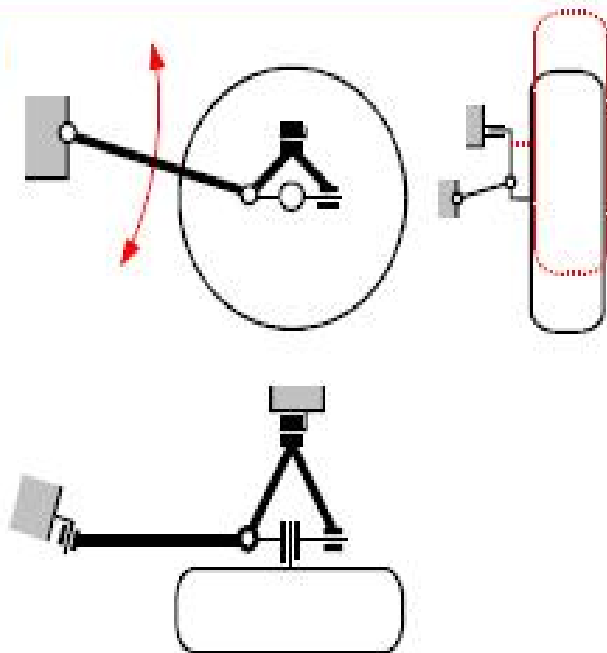
a)



b)



c)



a) wahacz wzdłużny

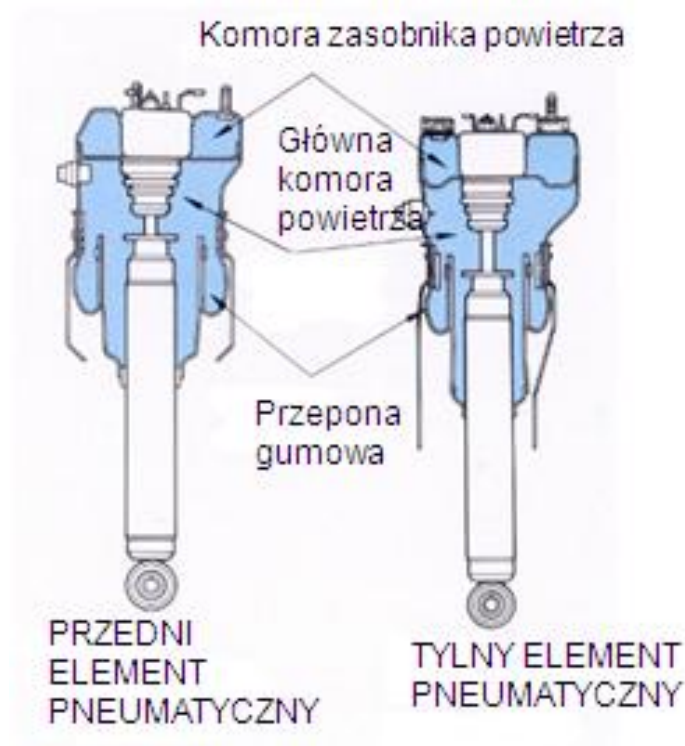
b) wahacz skośny

c) zawieszenie wielowahaczowe

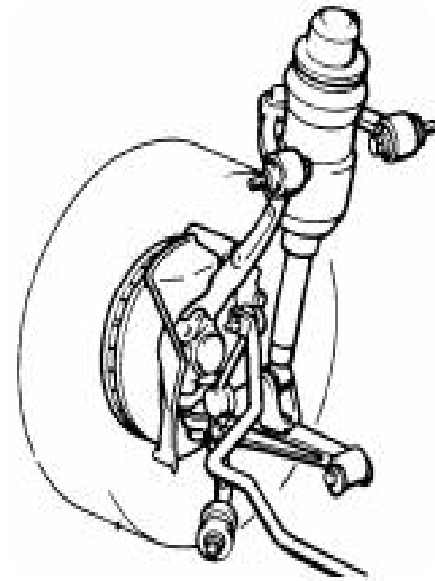


# ZAWIESZENIE PNEUMATYCZNE

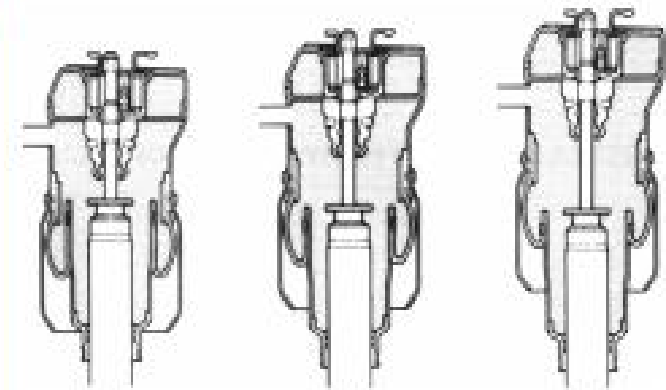
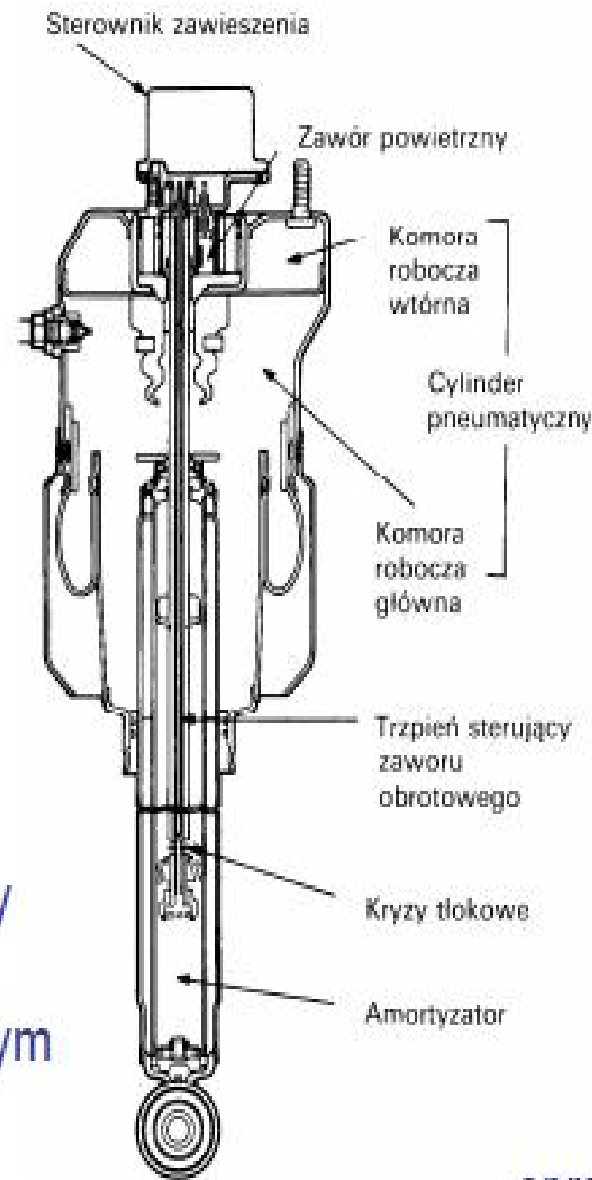
Elementy pneumatyczne są wykorzystywane w zawieszeniu gdzie zarówno stała sprężystość jak i siła tłumienia mogą być regulowane w zależności od prędkości pojazdu, obciążenia, rodzaju nawierzchni i preferencji podróżujących.



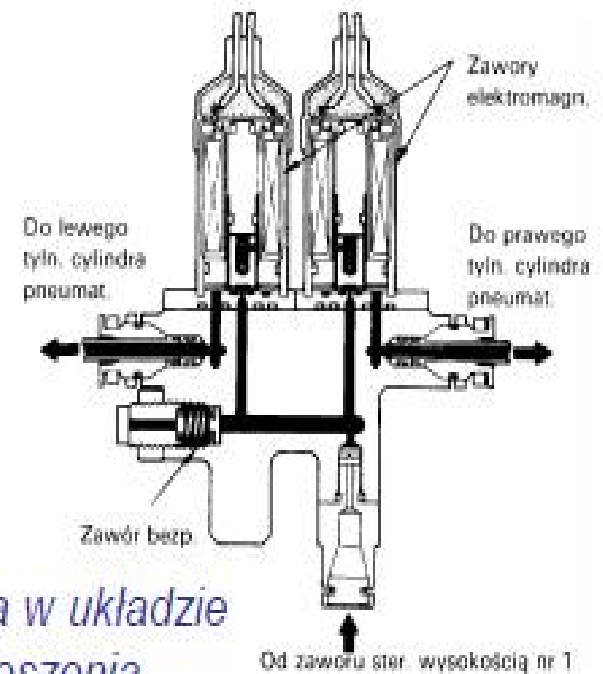
# ZAWIESZENIE PNEUMATYCZNE W SAMOCHODACH LEKKICH



Widok i przekrój pneumatycznej głowicy resorującej w samochodzie osobowym



Ustawienia cylindra pneumatycznego dla różnych wysokości położenia nadwozia

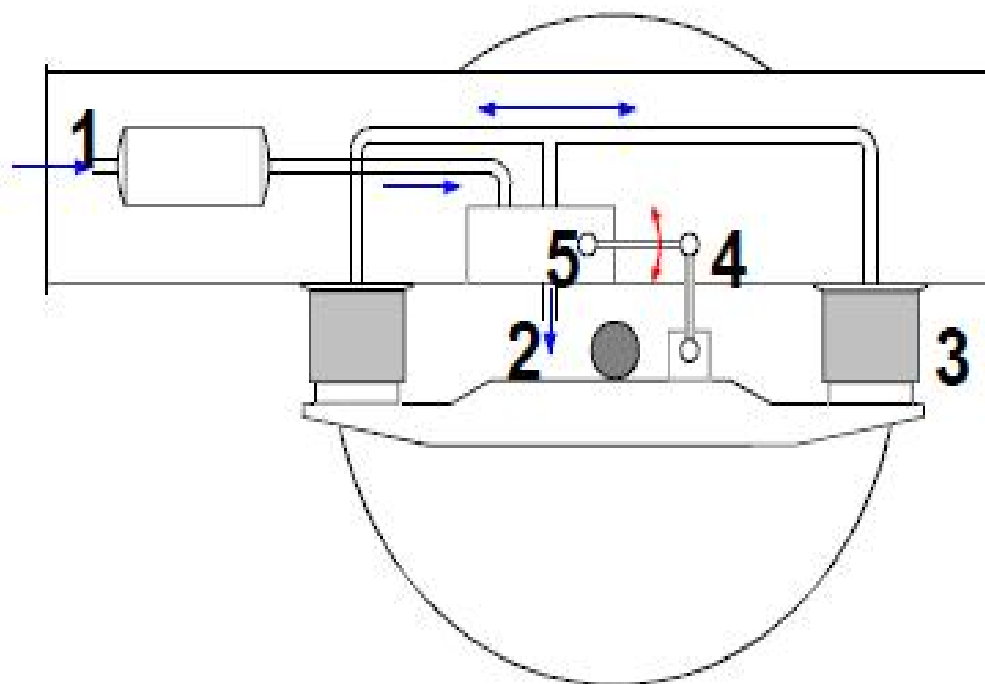


sprężarka w układzie zawieszenia

## BĘBNOWE ELEMENTY PNEUMATYCZNE



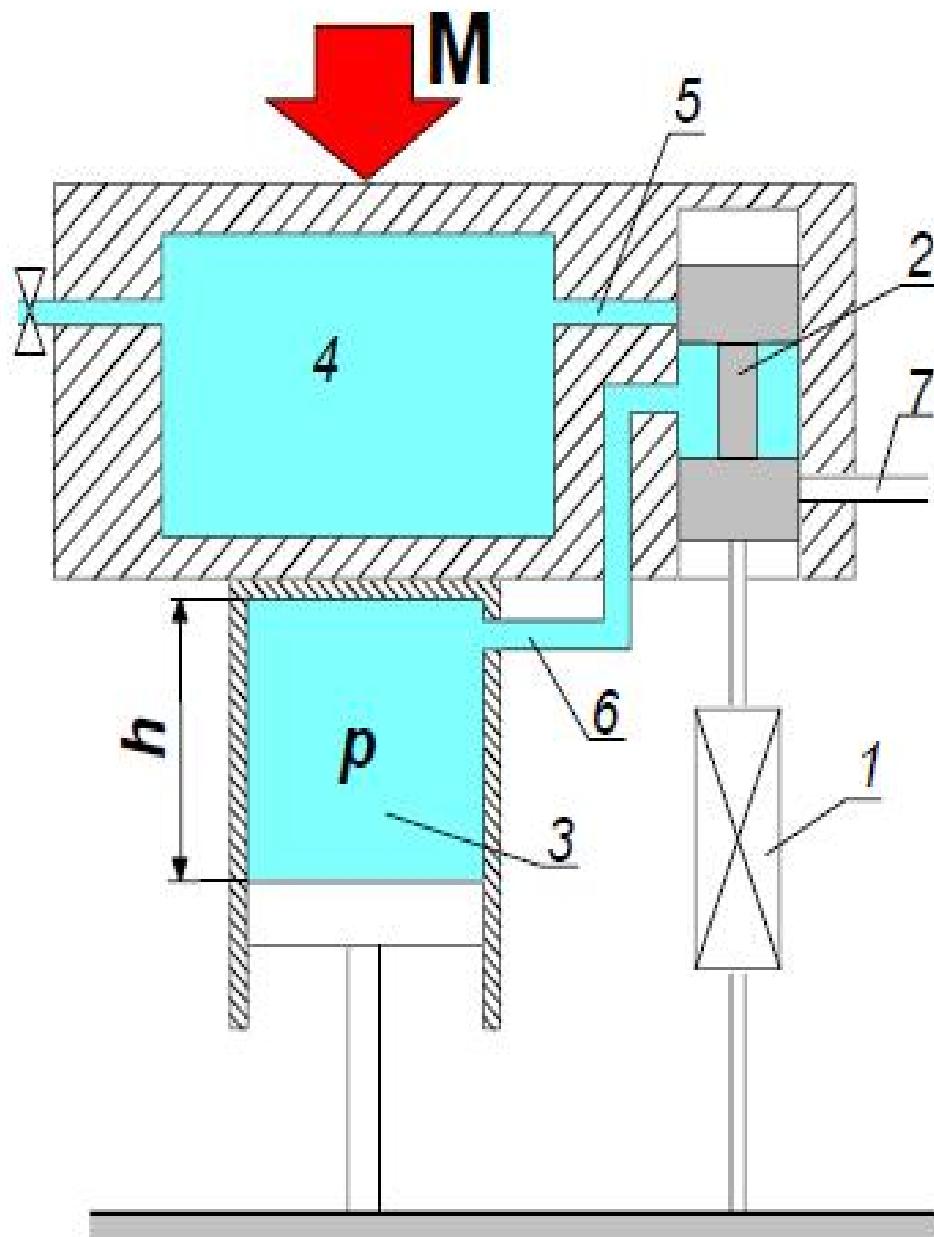
Przekrój przeponowego elementu pneumatycznego z nawijaną przeponą



Schemat sterowania wysokością zawieszenia pneumatycznego

- 1 – zasilanie ze sprężarki
- 2 – wypływ powietrza do atmosfery
- 3 – miech pneumatyczny
- 4 – dźwignia sterująca zaworem poziomującym
- 5 – zawór poziomujący

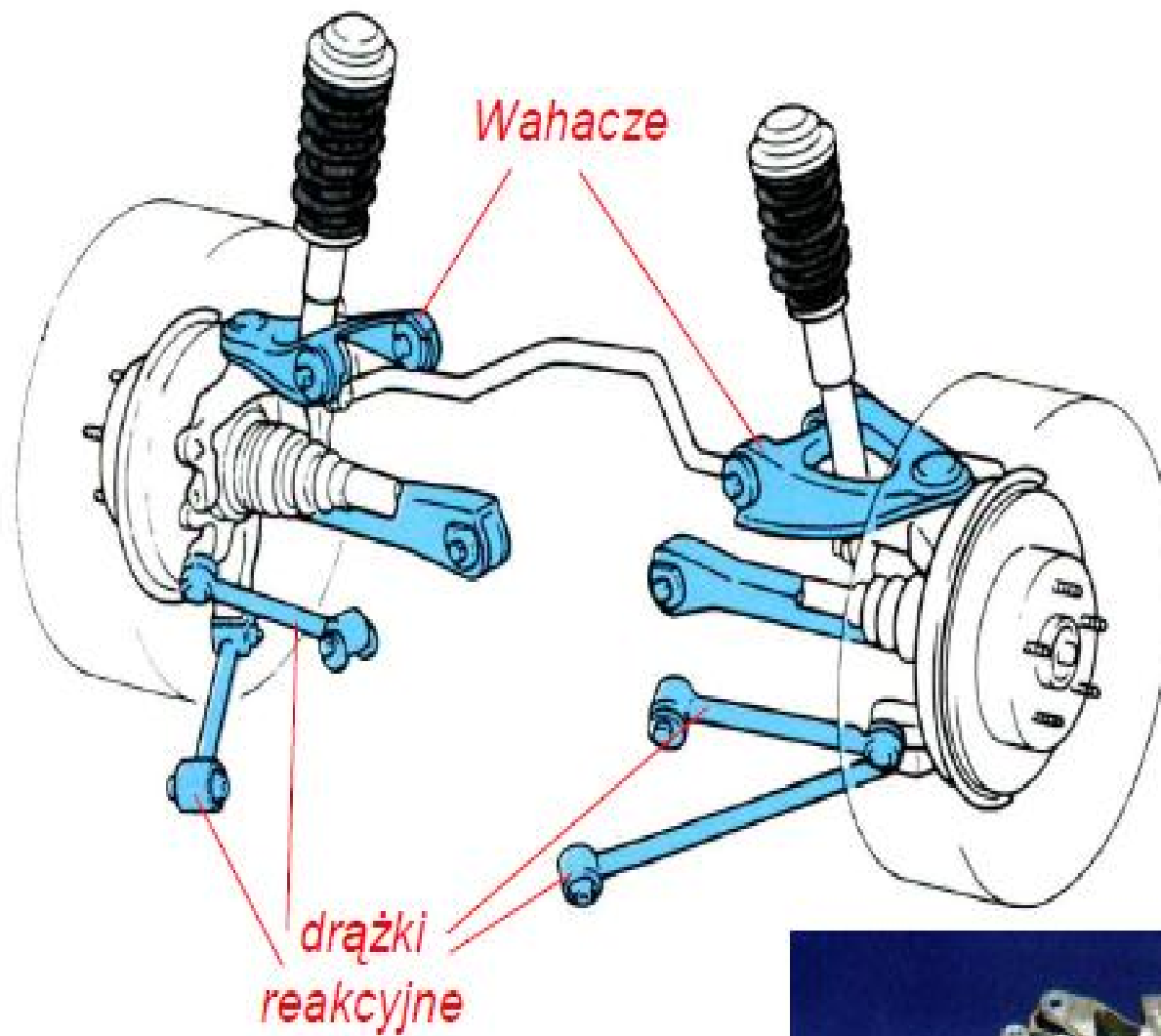
## BĘBNOWE ELEMENTY PNEUMATYCZNE



Schemat zaworu sterowania  
wysokością nadwozia  
zawieszzonego pneumatycznie

- 1 – zawór poziomujący z regulacją
- 2 – suwak
- 3 – przestrzeń nadtłokowa
- 4 – zbiornik sprężonego powietrza
- 5,6 – przewody łączące zbiornik z przestrzenią nadtłokową
- 7 – przewód połączenia z atmosferą

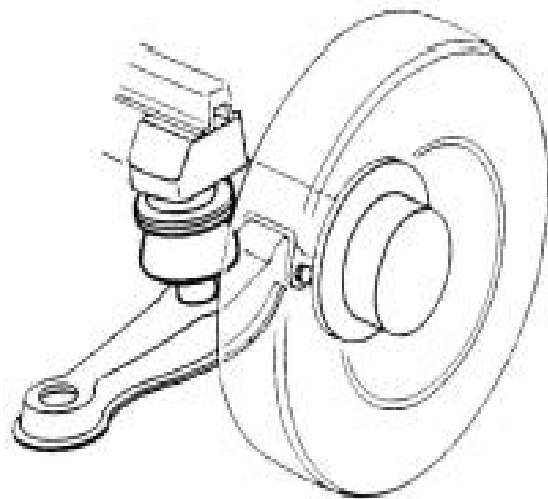
## ELEMENTY WODZĄCE – WAHACZE I DRAŻKI



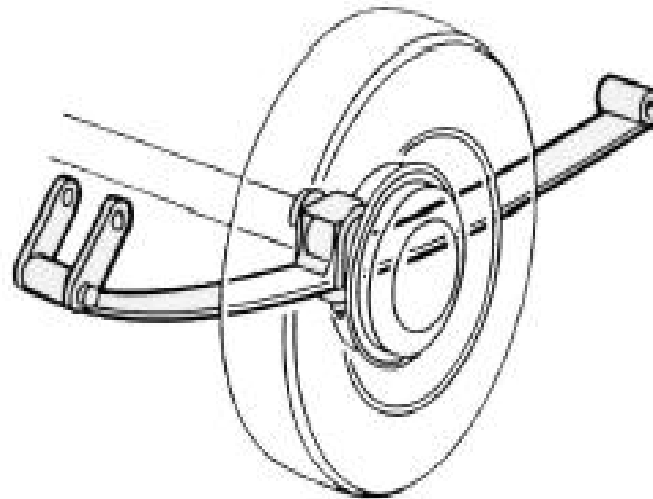
Aluminiowe elementy zawieszęń



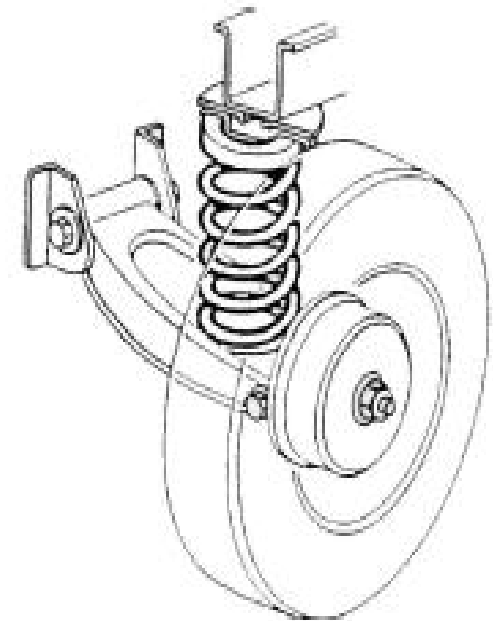
# ELEMENTY SPRĘŻYSTE W ZAWIESZENIACH



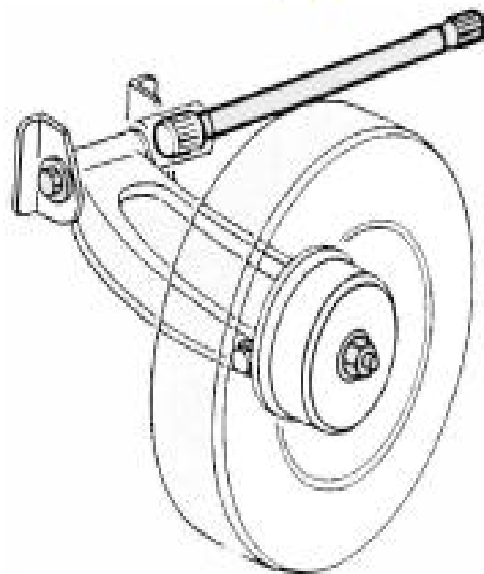
*Elementy gumowe*



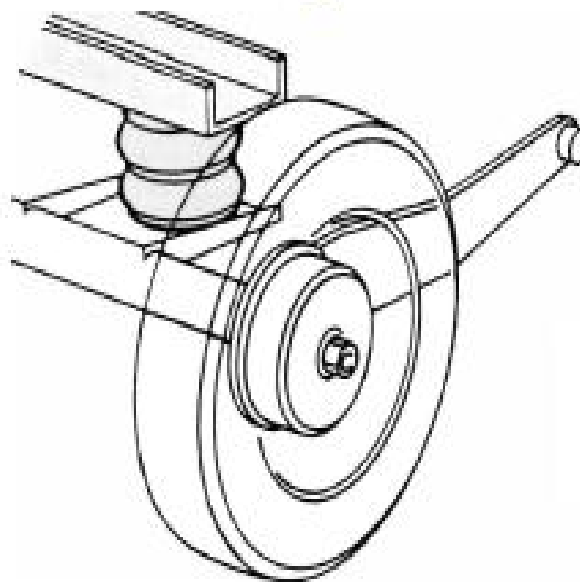
*Resory piórowe*



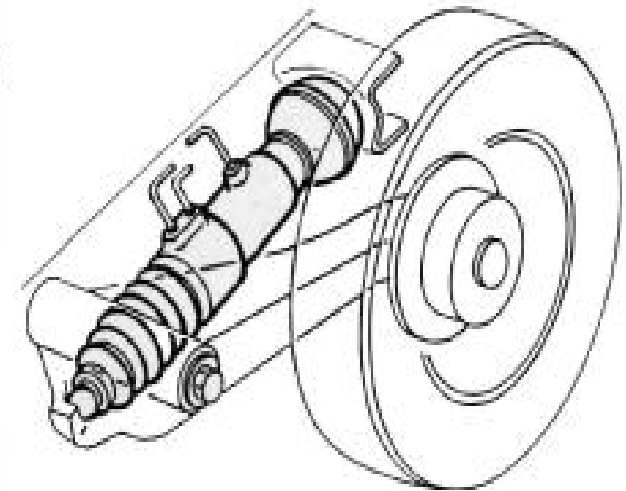
*Sprężyny*



*Drażki skrętne*

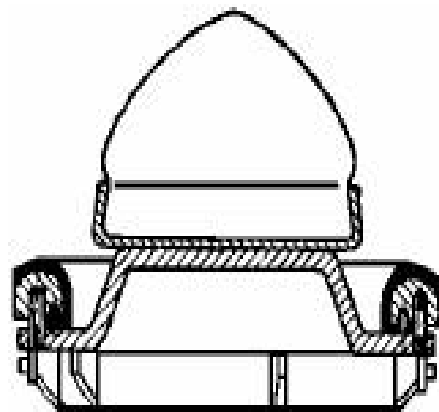


*Elementy pneumatyczne*

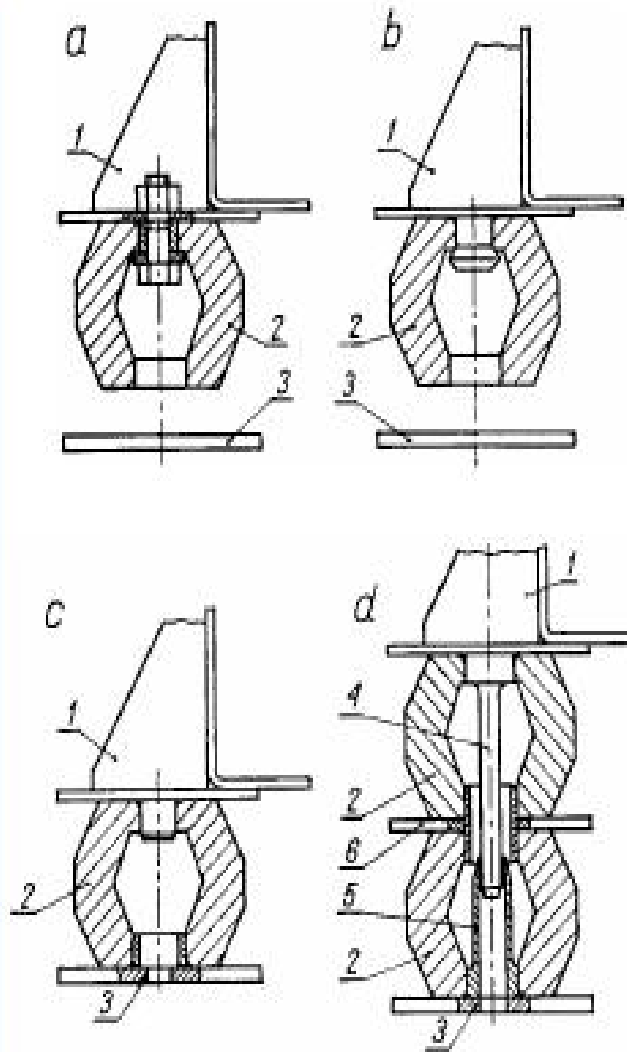


*Elementy hydropneumatyczne*

# GUMOWE ELEMENTY SPRĘŻYSTE

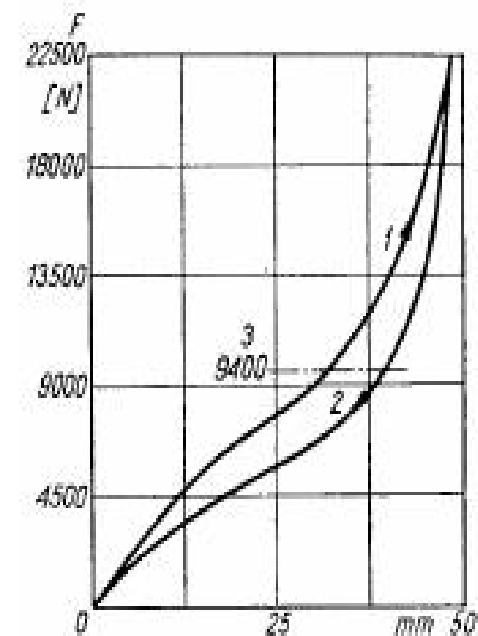


Pełnogumowy  
element sprężysty  
(stosowany jako  
ogranicznik skoku  
zawieszenia)



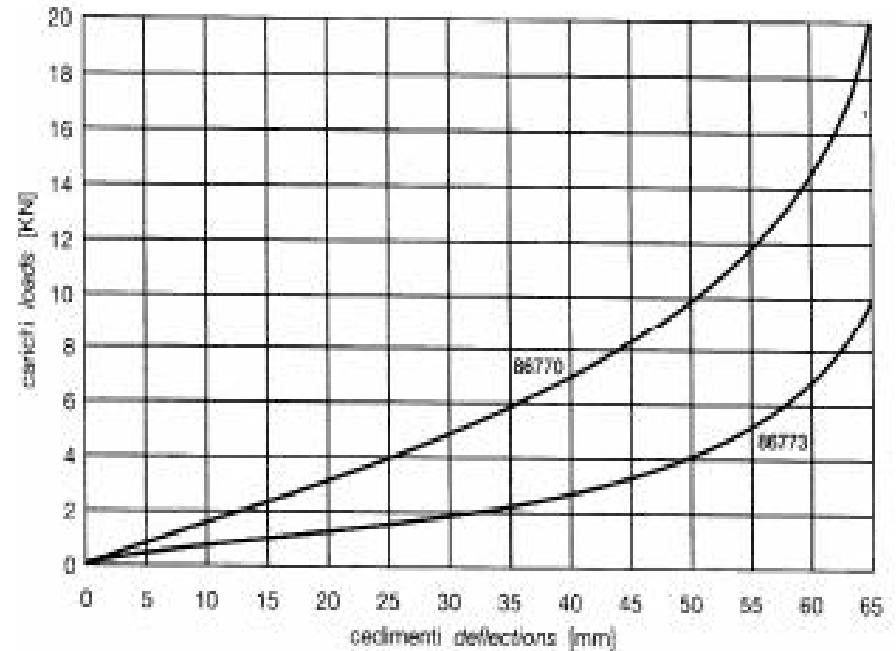
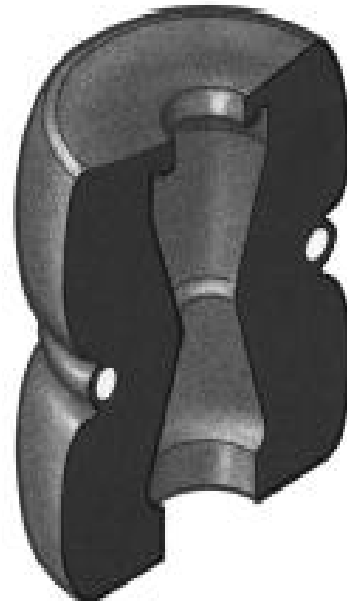
Gumowo-komorowe  
elementy sprężyste

1 – wspornik, 2 – element  
gumowy, 3 – zderzak  
4 – sworzeń prowadzący,  
5 – tuleja, 6 - łącznik



Charakterystyka elementów  
gumowo-komorowych

# GUMOWE ELEMENTY SPRĘŻYSTE



Zbrojone gumowo-komorowe elementy sprężyste i ich charakterystyki

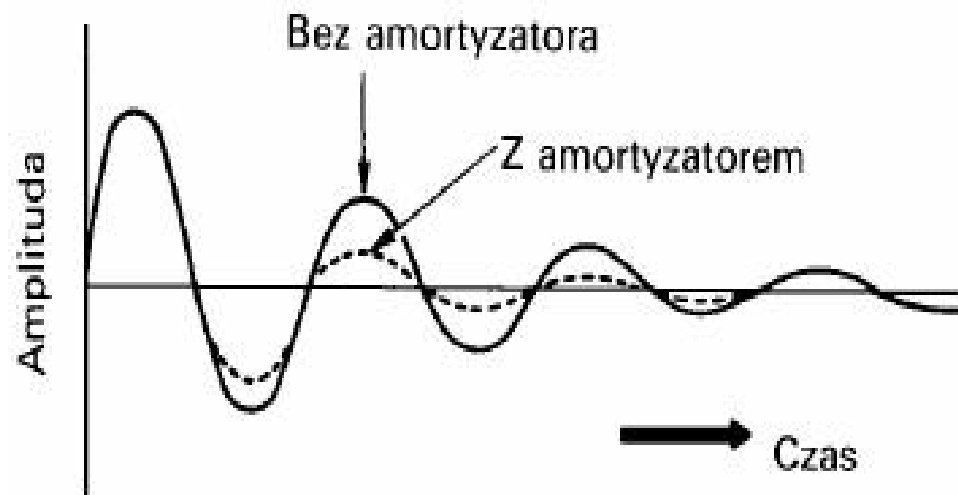


Osiowy gumowo-stalowy element sprężysty (tzw. *silent blok*), cechujący się różną sztywnością w kierunku każdej z osi

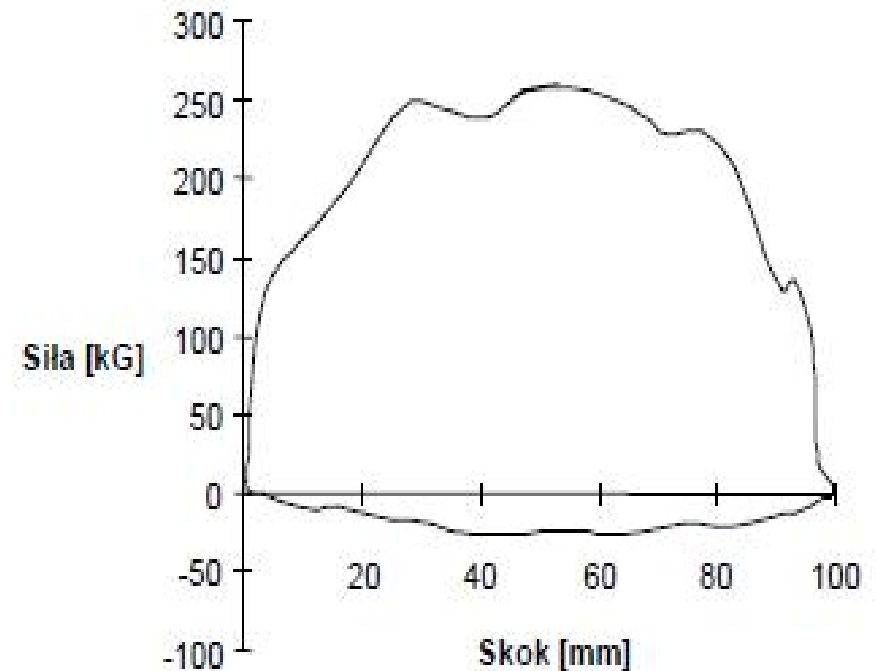


# AMORTYZATORY

**Zadanie:** zapewnienie możliwie ciągłego kontaktu koła z nawierzchnią (przez jak najszybsze tłumienie drgań) przy jednoczesnym zapewnieniu możliwie wysokiego poziomu komfortu jazdy

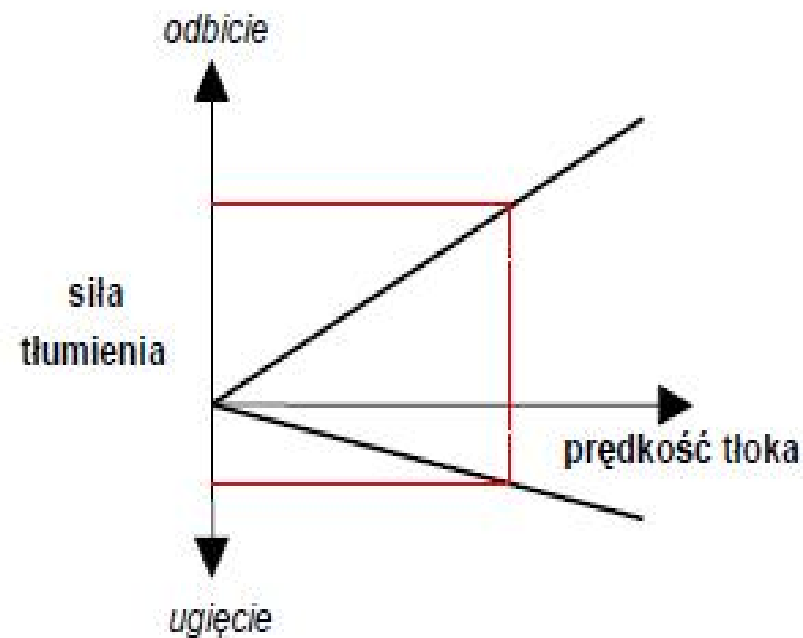
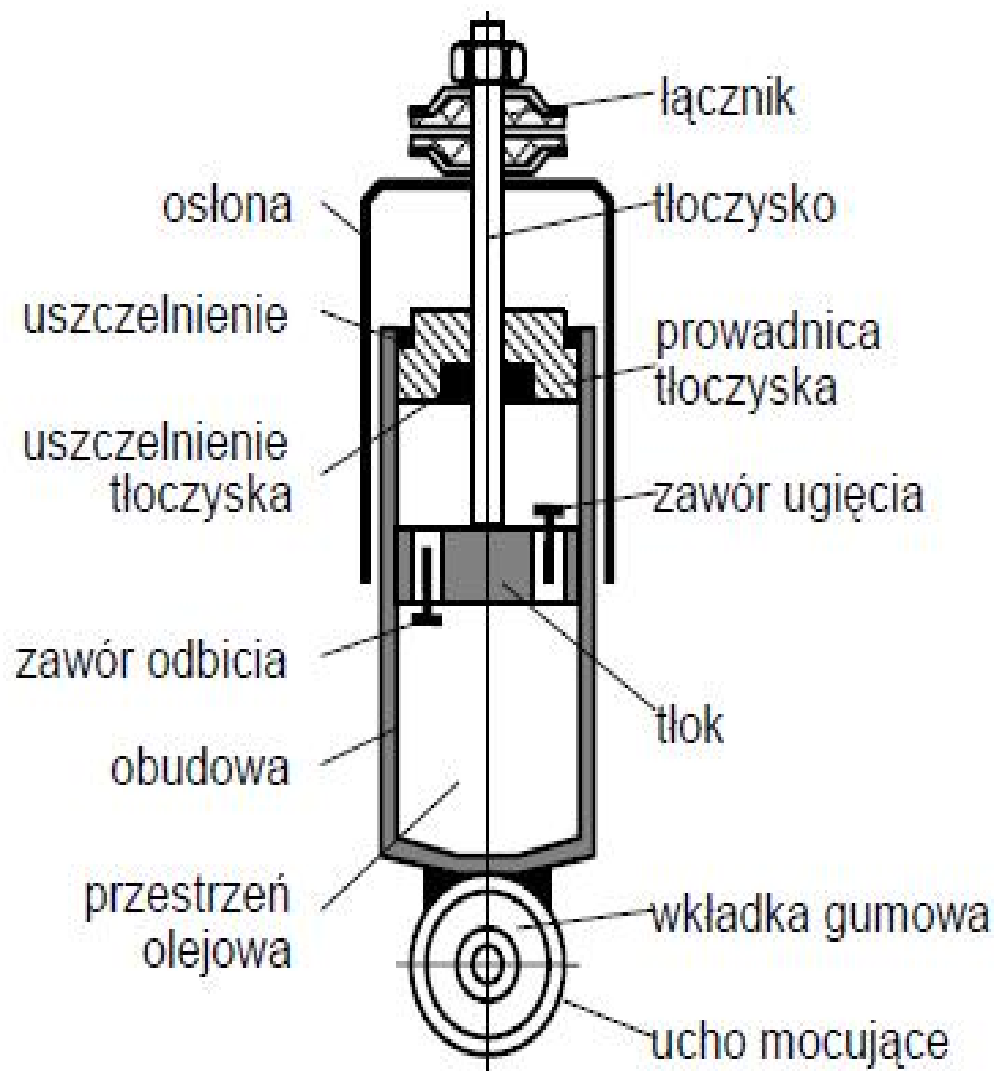


Wpływ amortyzatora na przebieg tłumienia drgań nadwozia



Wykres pracy amortyzatora

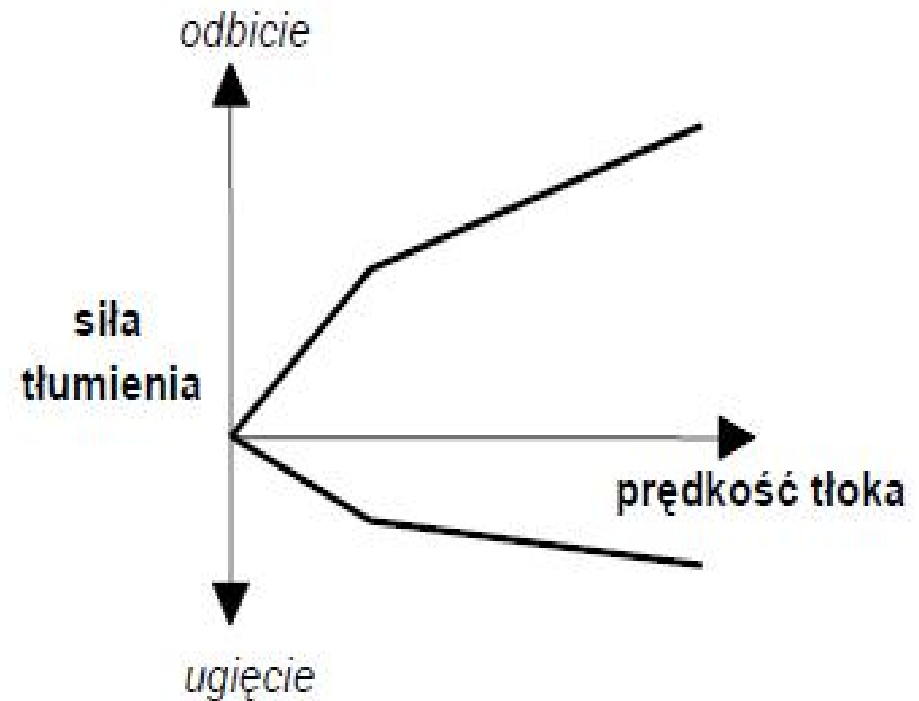
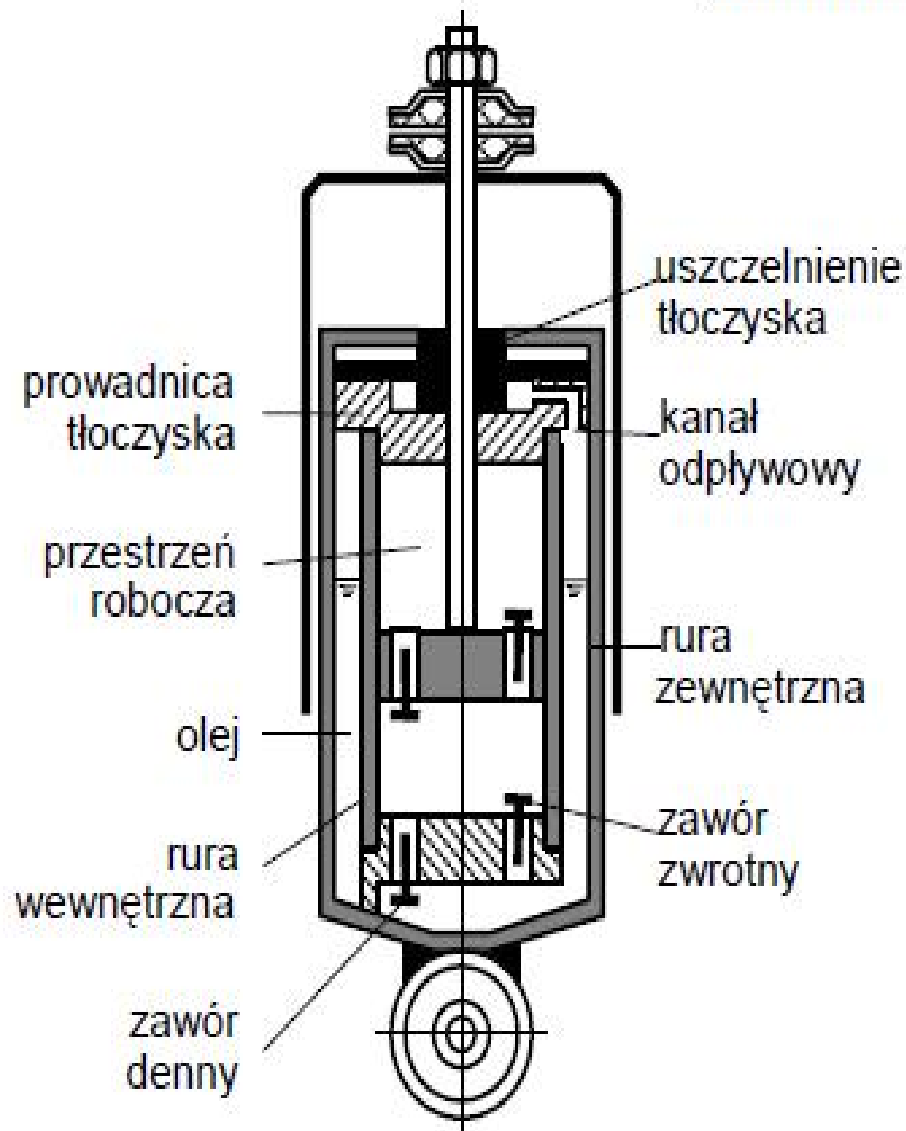
# AMORTYZATORY



Charakterystyka amortyzatora jednorurowego

Amortyzator teleskopowy,  
jednorurowy, bezciśnieniowy

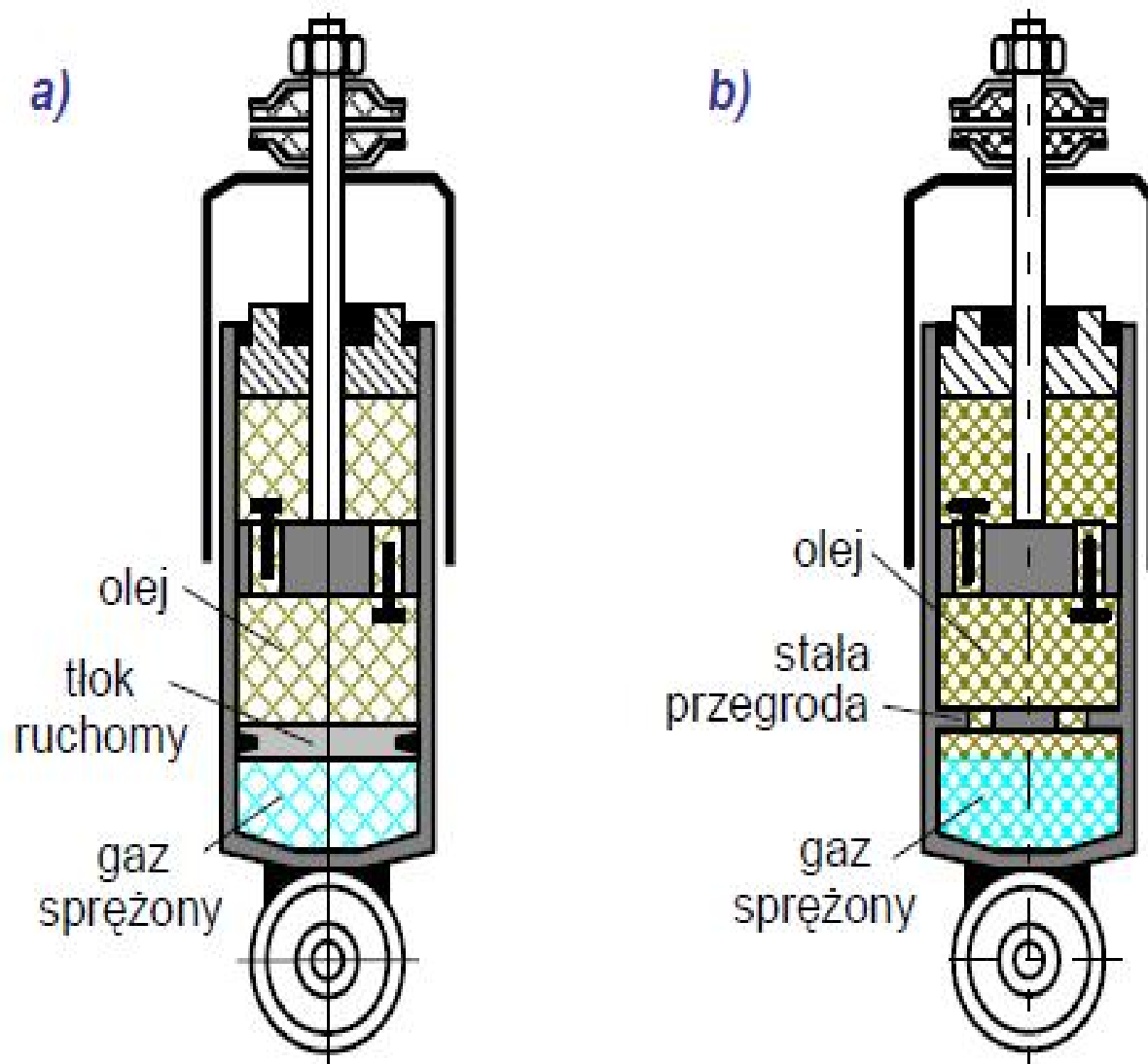
# AMORTYZATORY



Charakterystyka amortyzatorów progresywnych

Amortyzator teleskopowy,  
dwururowy, bezciśnieniowy

# AMORTYZATORY



zawiera sprężony azot  
(pod ciśnieniem  
2 do 3 MPa)

## ZALETY:

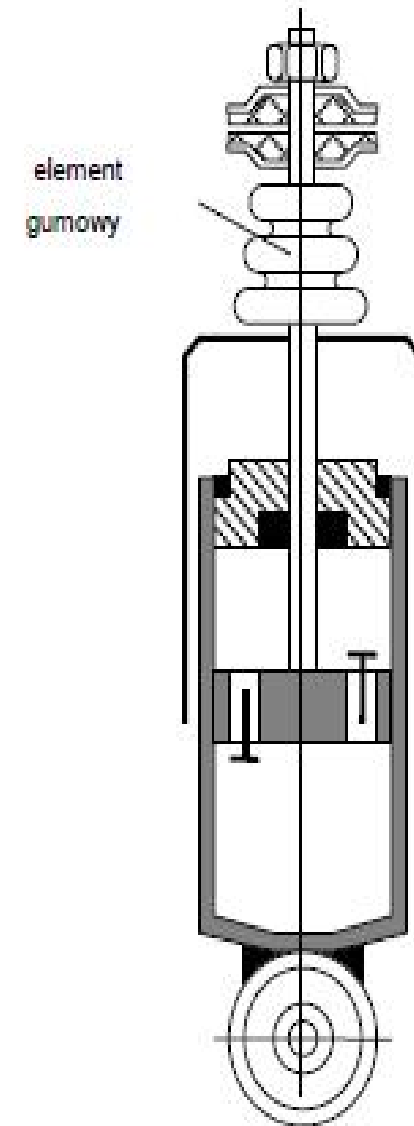
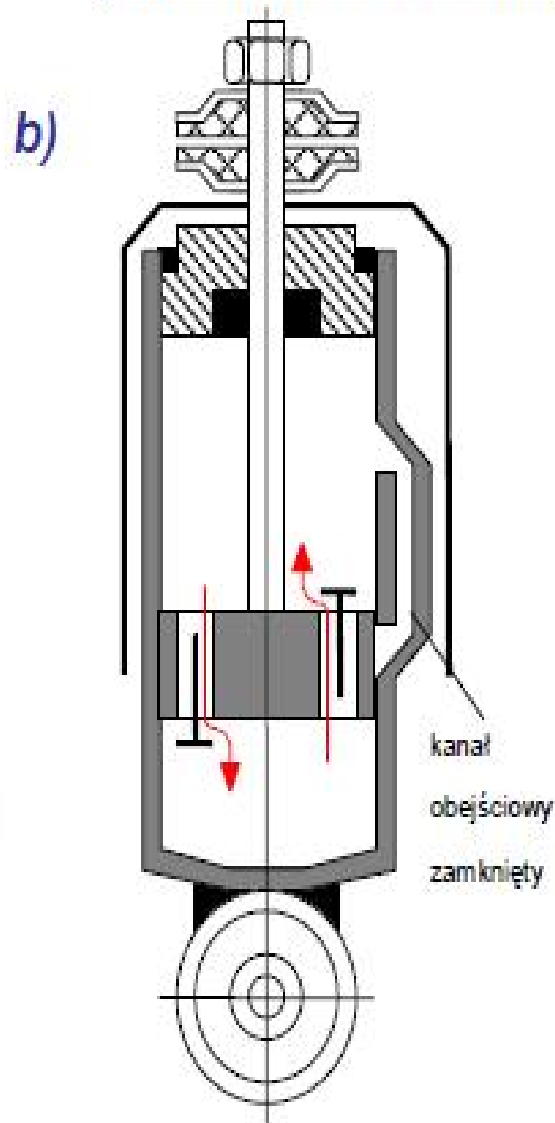
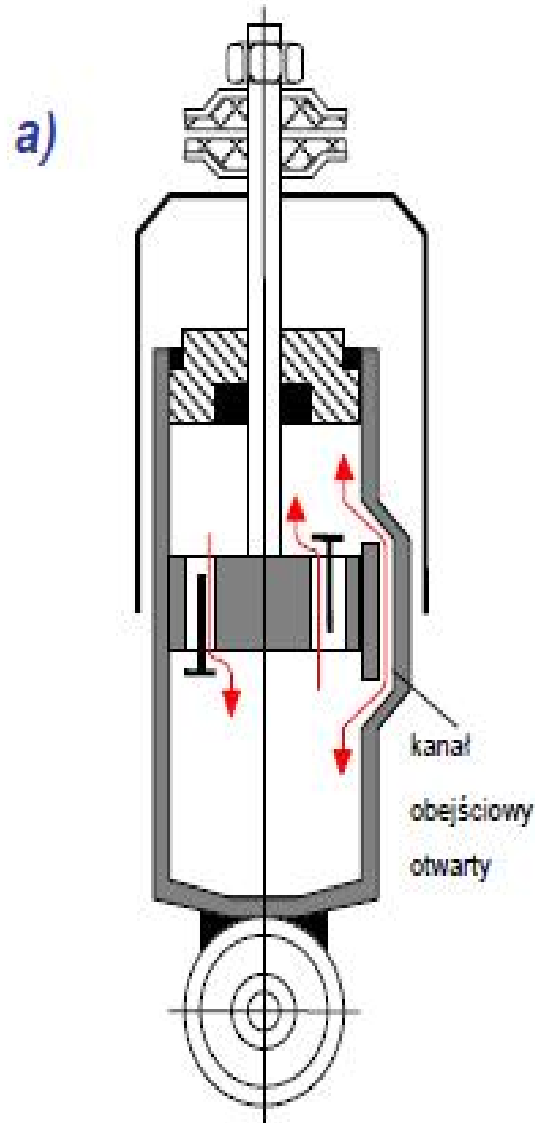
- szybkie odprowadzanie ciepła
- mniejsza hałaśliwość
- bardziej równomierne (łagodniejsze) tłumienie
- zapobieganie pienieniu oleju przy szybkich ruchach tłoka

Amortyzator typu de Carbon – tzw. gazowy

a) z tłokiem pływającym

b) ze stałą przegrodą

# AMORTYZATORY



Amortyzator z kanałem obejściowym (tzw. baypas)  
a) amortyzator nieobciążony    b) amortyzator obciążony

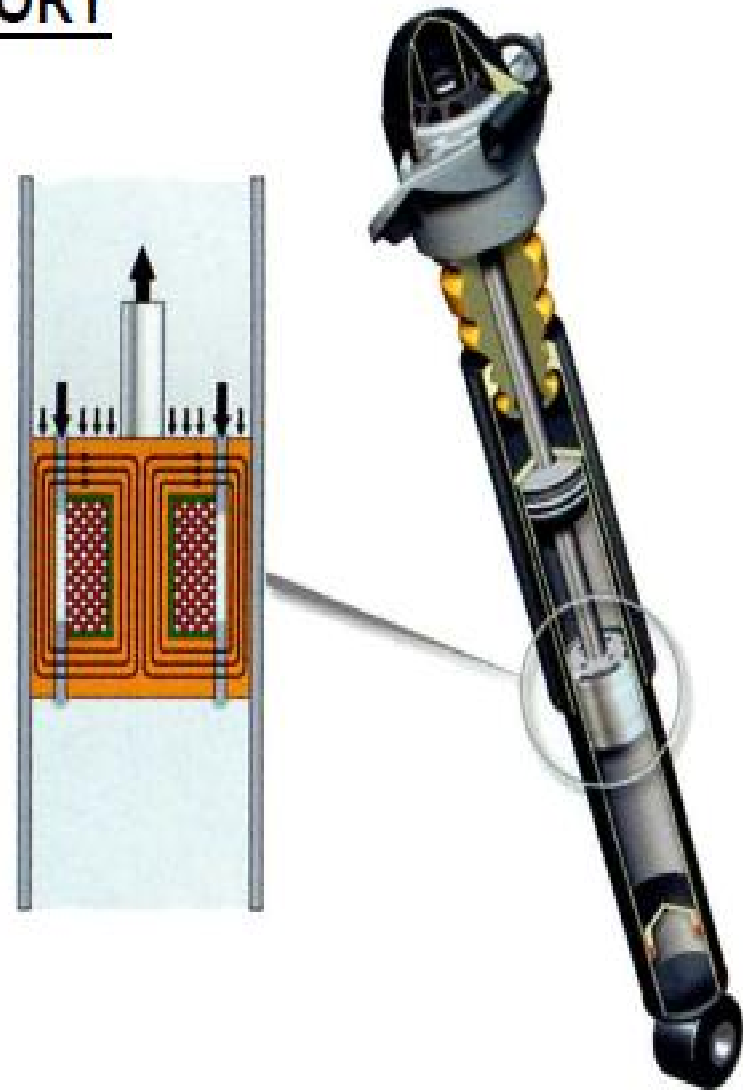
Amortyzator z dodatkowym elementem gumowym

## AMORTYZATORY

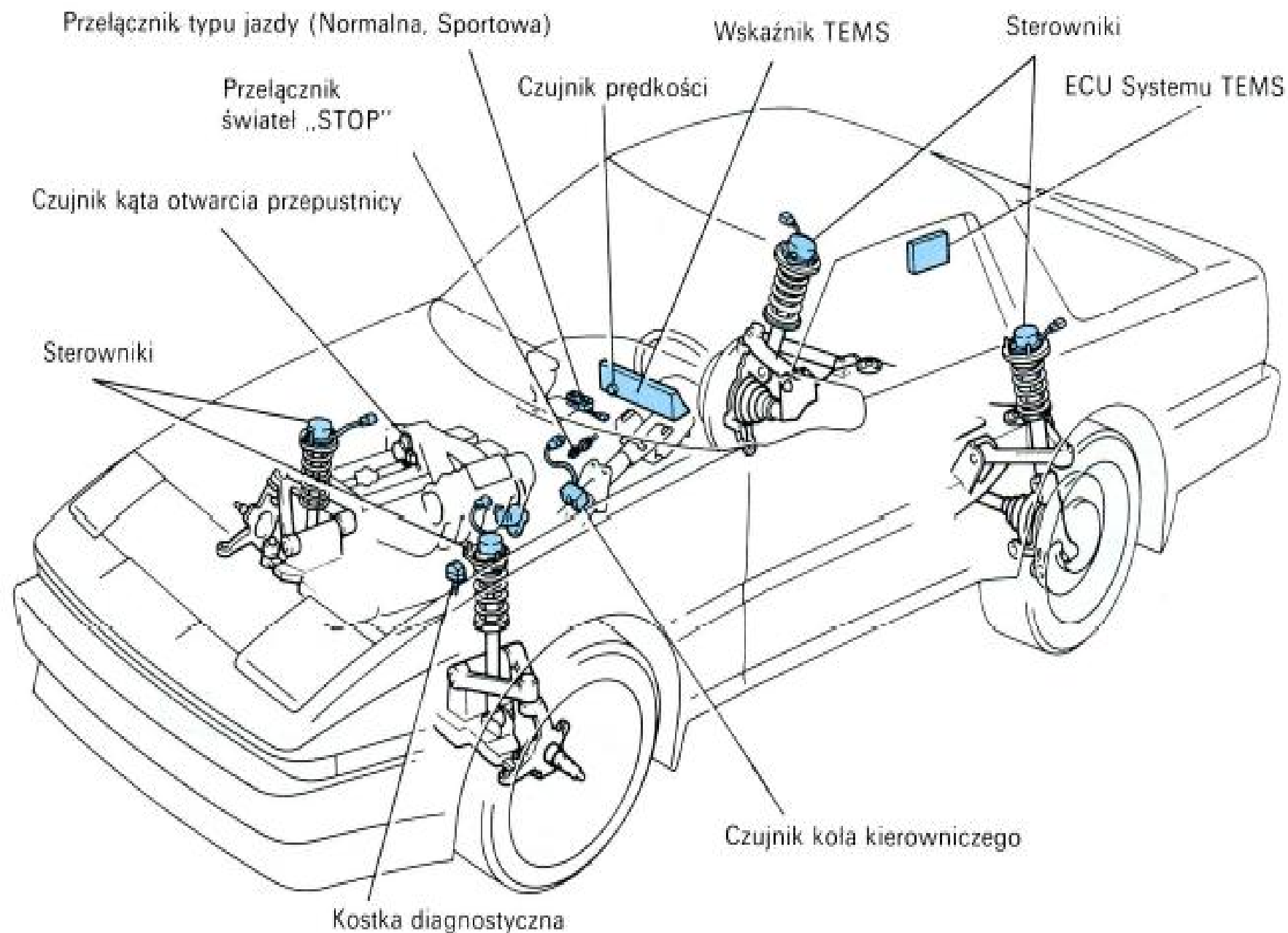
Amortyzatory magnetyczne – pozwalają na zmianę skuteczności tłumienia dzięki zastosowaniu w nich płynu hydraulicznego o właściwościach magnetycznych, zmieniającego bardzo szybko (milisekundy) lepkość pod wpływem pola elektromagnetycznego podczas przepływu przez kalibrowane kanały w tłoku



*Amortyzator Magne Ride f-my Delphi do Ferrari, produkowany w Krośnie*

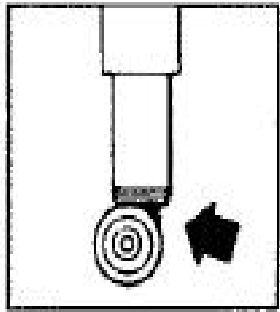


*Idea amortyzatory magnetycznego na przykładzie Audi Magnetic Ride*

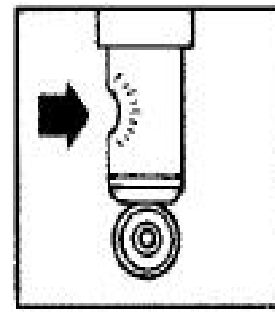


**Elementy sterujące w układzie zawieszenia aktywnego**

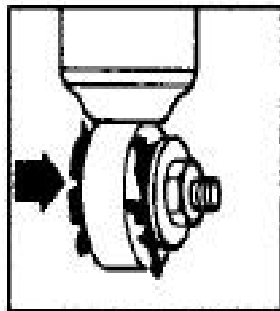
# AMORTYZATORY



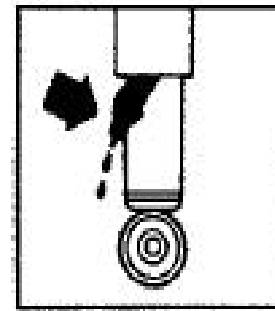
Uszkodzone lub osłabione  
elementy mocujące  
amortyzatora



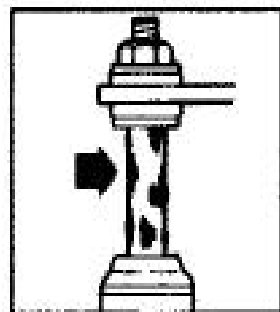
Uszkodzenie cylindra  
amortyzatora



Uszkodzenie elementów  
gumowych w mocowaniu  
amortyzatora



Wyciek oleju  
z amortyzatora



Uszkodzenie tłoczyska  
amortyzatora

Najczęściej występujące  
uszkodzenia amortyzatorów

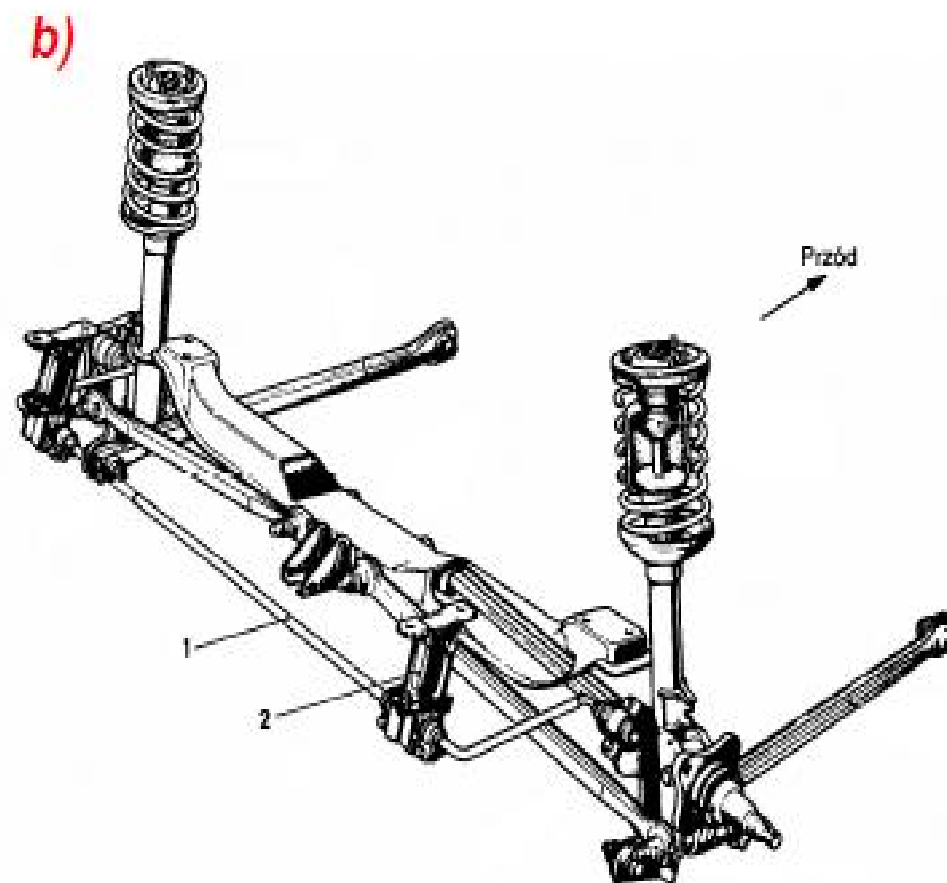
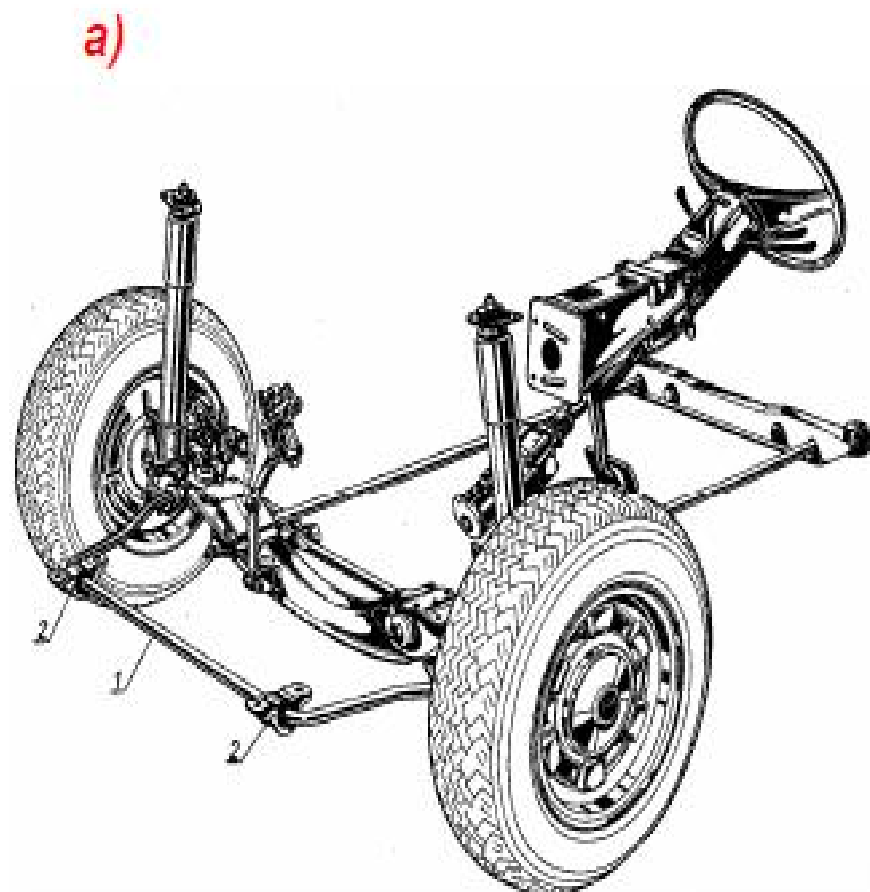


## Skutki uszkodzeń amortyzatorów:

- wydłużenie drogi hamowania (*o ok. 3m z prędkości 80 km/h na suchej nawierzchni*) wskutek skrócenia czasu kontaktu opony z nawierzchnią,
- gorsze trzymanie się drogi przy jeździe na łukach (*obniżenie prędkości bezpiecznej na łuku o ok. 10%*),
- większa możliwość wpadania w poślizg wskutek aquaplaningu (*obniżenie prędkości bezpiecznej na mokrej nawierzchni o ok. 10%*),
- gorsza widoczność w nocy wskutek chwiejnego i nieregularnego oświetlenia drogi,
- oślepienie innych kierowców wskutek zwiększonych wahań nadwozia,
- zwiększenie zmęczenia kierowcy wskutek poddawania go wibracjom (*wydłużenie czasu reakcji o ok. 25%*).

*UWAGA: dane odnoszą się do amortyzatorów zużytych w ok. 50%.*

# STABILIZATORY



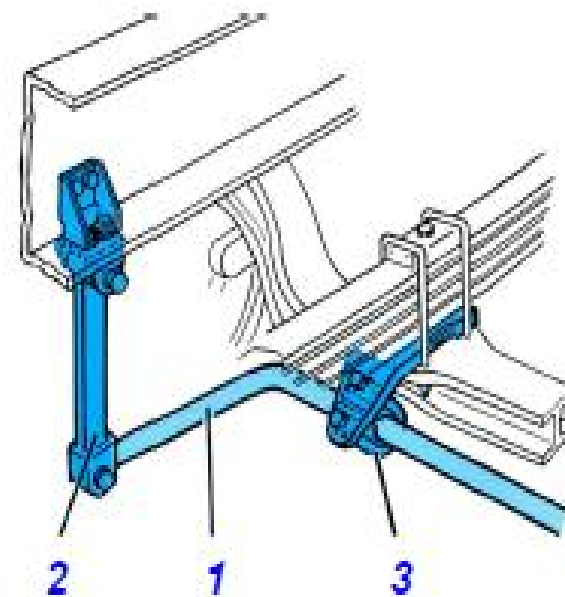
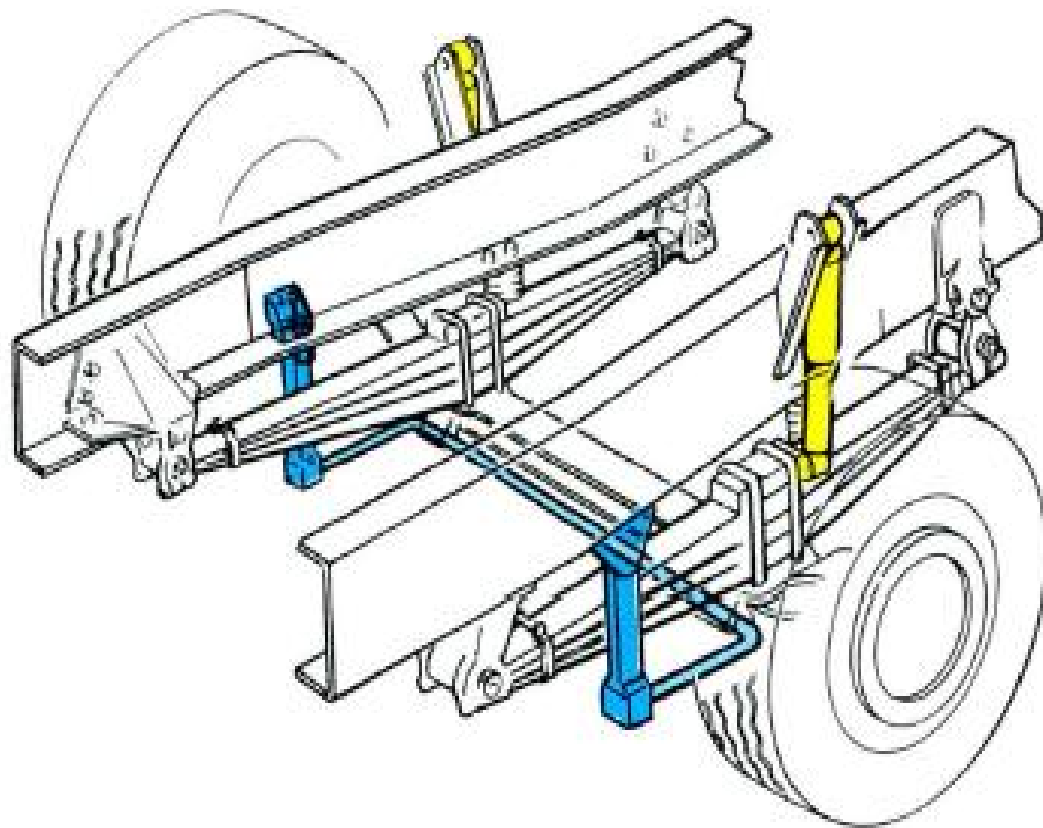
Stabilizatory w zawieszeniach samochodów osobowych

a) zawieszenie osi przedniej

b) zawieszenie osi tylnej

1 – drążek stabilizatora, 2 – uchwyty stabilizatora

# PRZYKŁADOWE ZAWIESZENIA SAMOCHODÓW



- 1 – stabilizator
- 2 – drążki łączące
- 3 – zaciski

Stabilizator w zawieszeniu samochodu ciężarowego

## PRZYKŁADOWE ZAWIESZENIA SAMOCHODÓW



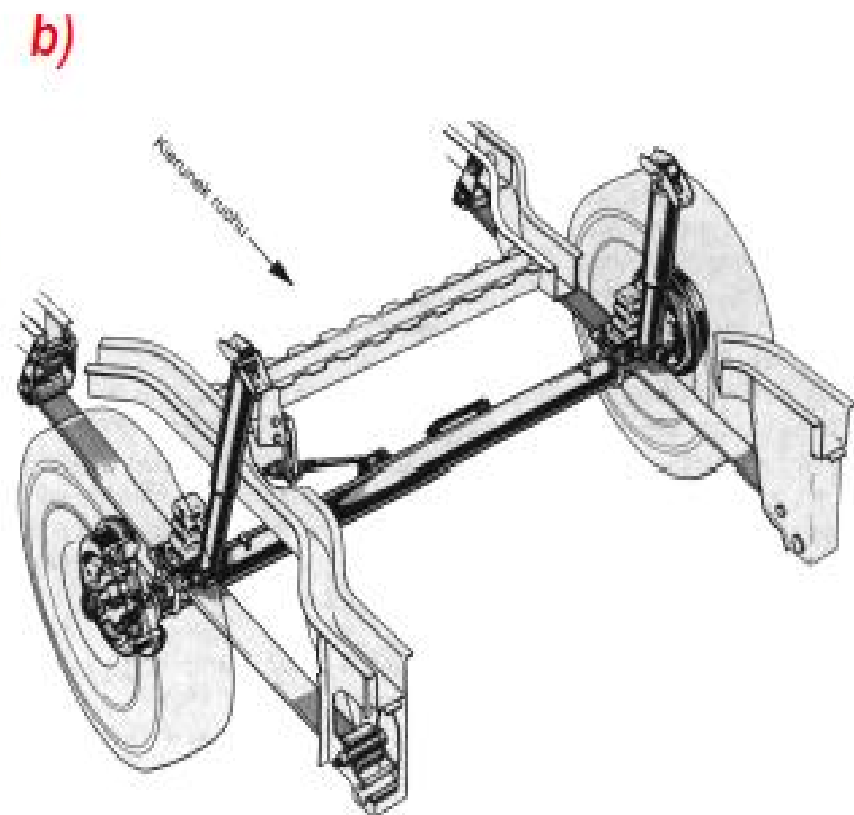
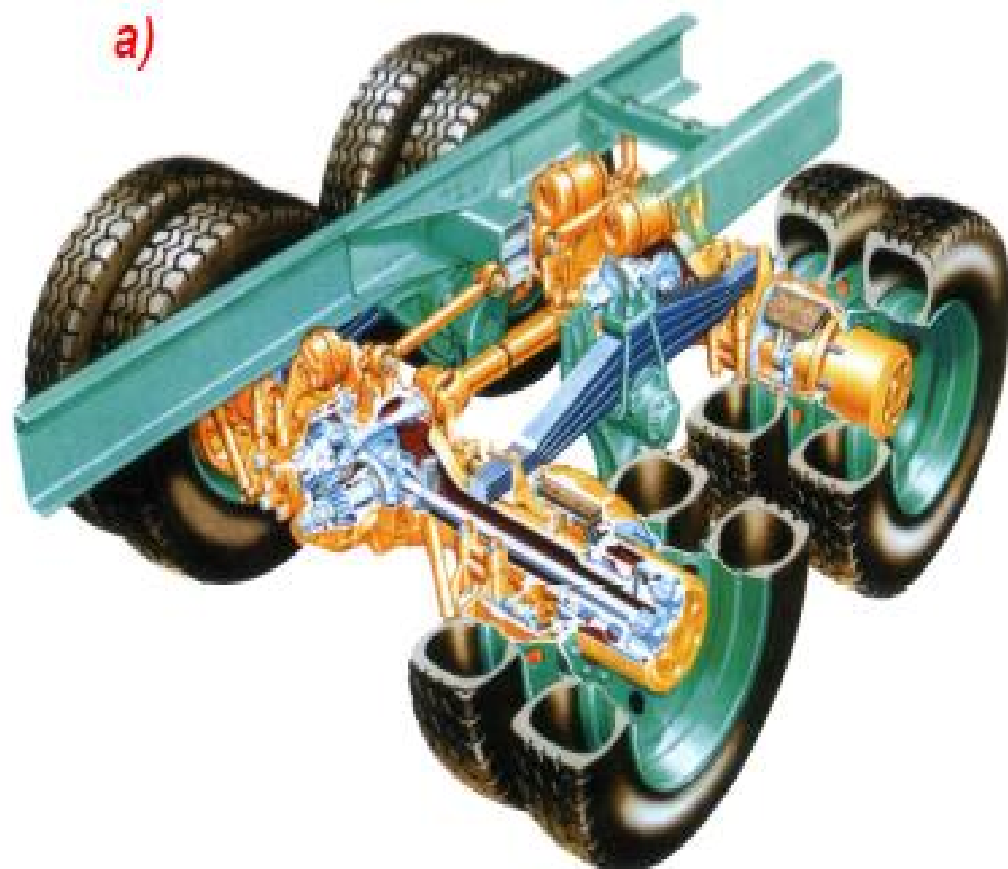
Dwuwahaczowe  
zawieszenie niezależne  
przedniej osi napędzanej  
samochodu terenowego

## PRZYKŁADOWE ZAWIESZENIA SAMOCHODÓW



Dwuwahaczowe zawieszenie niezależne  
przedniej osi samochodu ciężarowego

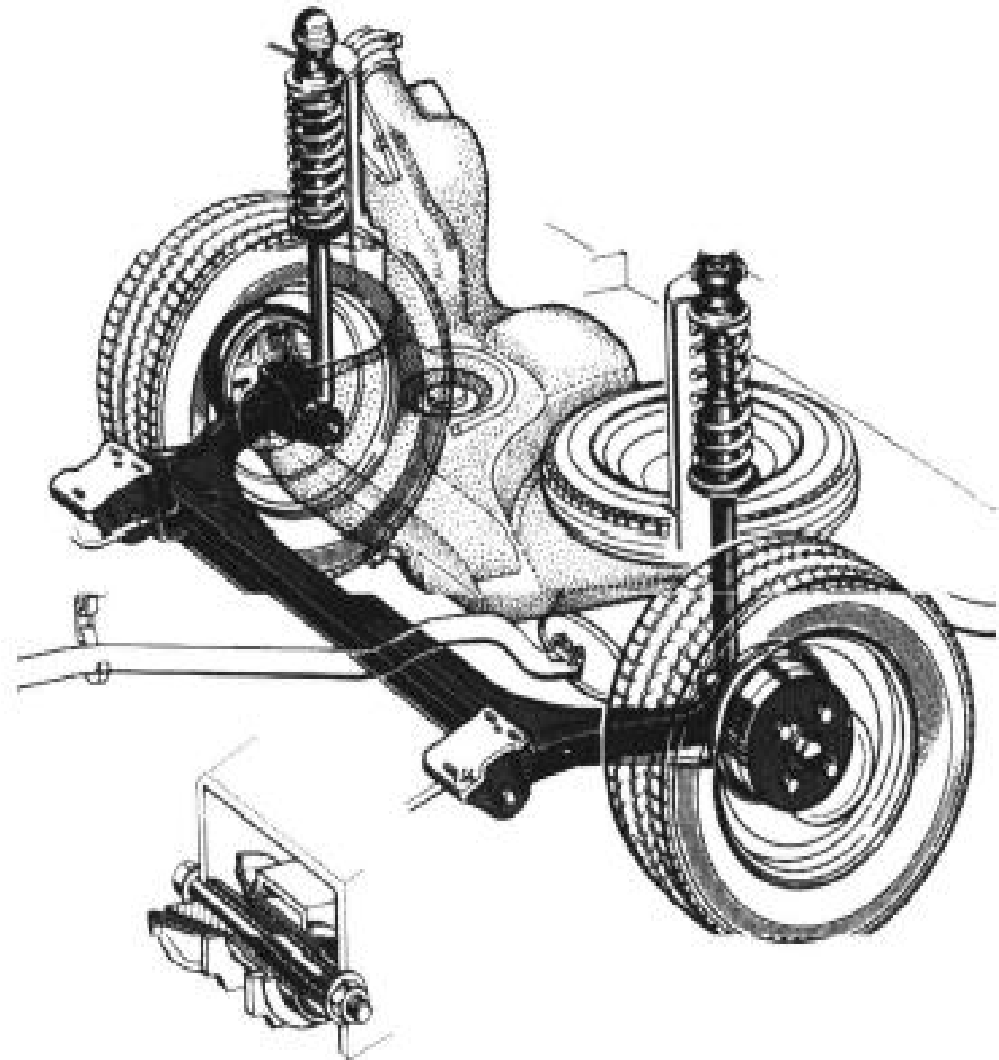
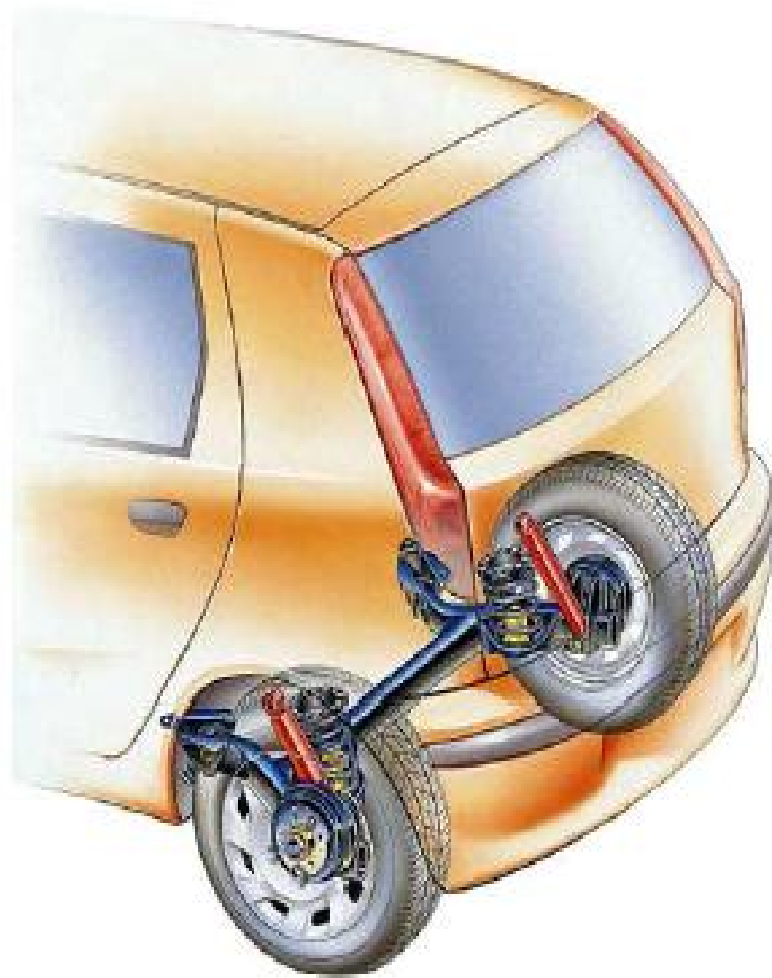
## PRZYKŁADOWE ZAWIESZENIA SAMOCHODÓW



Zawieszenie zależne tylnej osi sztywnej na resorach wzdłużnych

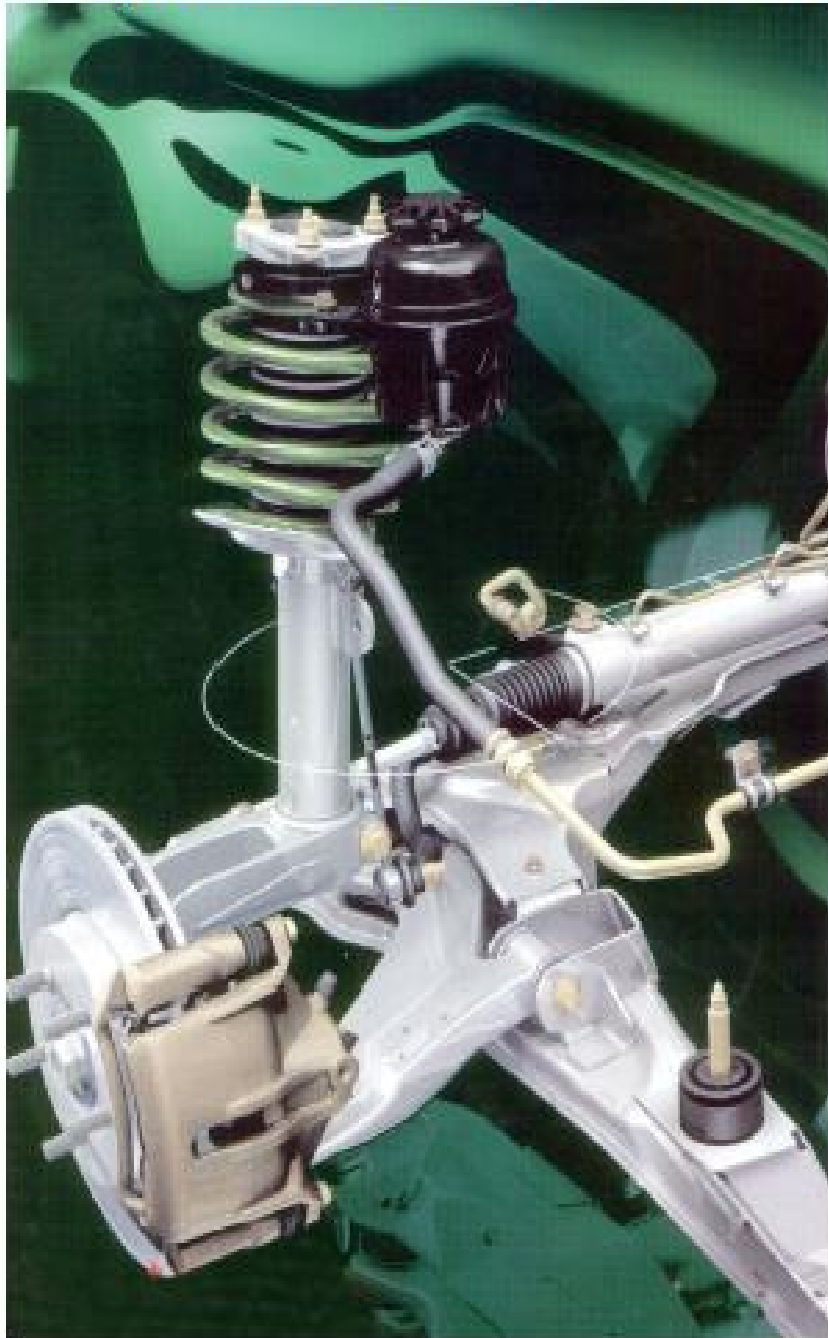
- a) osie napędzane samochodu ciężkiego
- b) oś nienapędzana samochodu dostawczego

## PRZYKŁADOWE ZAWIESZENIA SAMOCHODÓW



Zawieszenia tylne z belką skrętną osi nienapędzanych

## PRZYKŁADOWE ZAWIESZENIA SAMOCHODÓW



Zawieszenie McPhearson  
ze sterowanym amortyzatorem