



# Gépjárművek és mobilgépek I.

## V. Előadás

Kerékfelfüggesztés

Összeállította: Dr. Sarka Ferenc

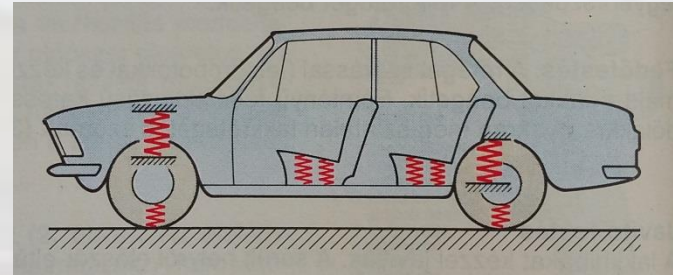
# A kerékfelfüggesztés feladata

- Az úttest felülete nem tökéletesen sima, ennek eredményeként rezgések adódnak át a kocsi testre, majd arról az utasokra, vagy a teherre.
- Az utasokra és a szállított árura átjutó rezgés mértékét jogszabályok rögzítik.
- Az útegyenlenségek káros hatásait a kerekek fel-le mozgásával lehet csökkenteni.
- Az útfelület hibáiból adódó lökések amplitúdója és kocsiszekrényt terhelő ereje függ a kocsi haladási sebességétől és az útegyenlenség nagyságától
- Egy adott nagyságú útegyenlenségen áthaladva
  - Gyorsan: kicsi a lengés amplitúdója és nagy az átadódó erő
  - Lassan: nagy a lengés amplitúdója és kicsi az átadódó erő
- Fenn kell tartani a kapcsolatot az úttest és a gumiabroncs között, hogy a haladás biztonságos legyen és kicsi a gumikopás.

# A kerékfelfüggesztés feladata

- A rugózásban résztvevő elemek:

- Gumiabroncs
- Kerékfelfüggesztés
- Ülések



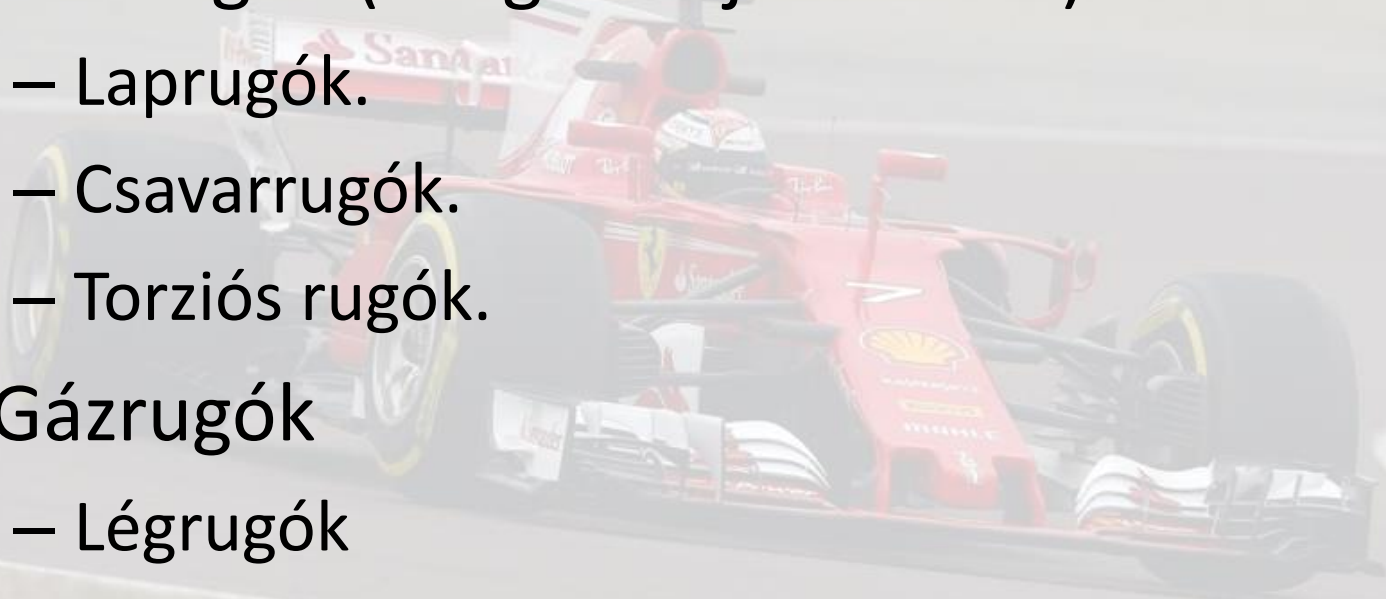
- Nem csak fel-le mozognak a kerekek, hanem kismértékben, de oldalirányú mozgást is végeznek. Ennek jelentős részét a gumiabroncs egyenlíti ki, kisebb részét a felfüggesztés rugalmas elemei.
- A kerék akadályon való áthaladásakor a felfüggesztés elemei és hozzá kapcsolódóan a kocsi többi része is lengést kezd végezni.
- A célunk az, hogy a kialakuló lengés nagy része a felfüggesztésben maradjon és kevés jusson át a kocsiszekrényre. A lengés minél gyorsabban csillapodjon ( $c$ : rugóállandó [m/N],  $r$ : csillapítási tényező [Ns/m]).
- A felfüggesztés fő elemei a rugó és a lengéscsillapító.

# A kerékfelfüggesztés feladata

- A rugózás szempontjából megkülönböztetünk
  - Rugózott tömeget.
  - Rugózatlan tömeget.
- Minden elem, mely a felfüggesztés részét képezi, az útegyenlénységéből származóan együtt mozog a rugózatlan tömegek. (gumiabroncs, keréktárcsa, fékek, felfüggesztés elemei)
- Minden olyan elem, mely a felfüggesztésen kívül van már rugózott tömeghez tartozik.
- A rugózatlan tömeg csökkentése mindig fontos feladat a járművek esetében. Erre méretezik a futóműveket. Ha ezt megváltoztatjuk (nagy alu felni, széles gumikkal), fokozott igénybevételnek tesszük ki a gépkocsi elemet.

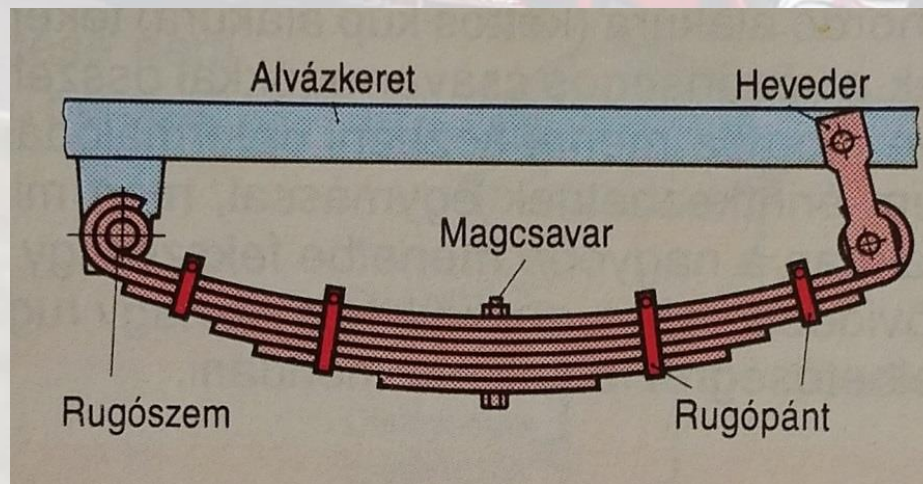
# Rugótípusok

- Acélrugók (a legtöbb járműben)
  - Laprugók.
  - Csavarrugók.
  - Torziós rugók.
- Gázrugók
  - Légrugók
  - Hidropneumatikus rugók
- Gumirugók



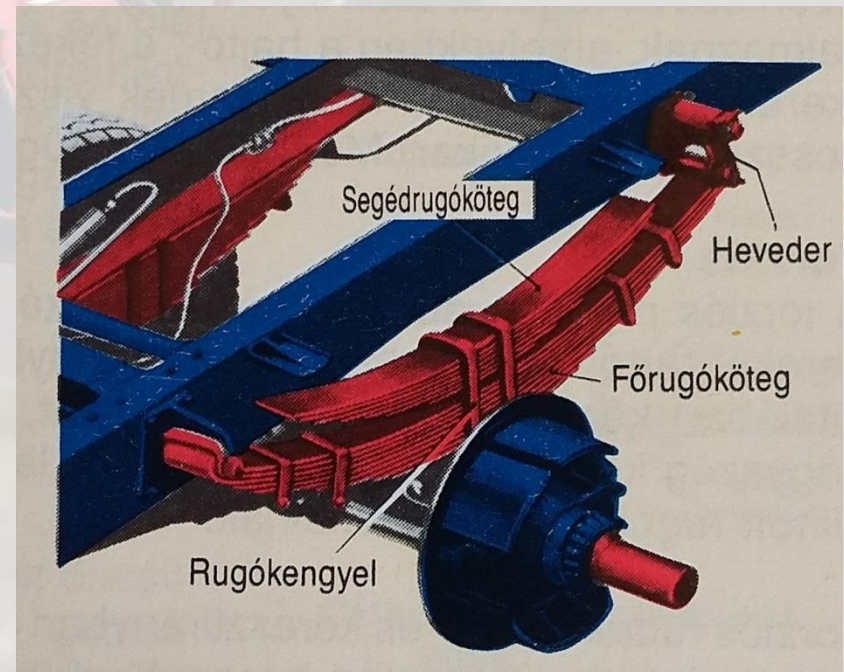
# Laprugók

- Terhelése hajlítás, ezért hajlító rugónak is nevezik.
- A lapok változó hosszúságúak, középen furattal.
- A furatban van a magcsavar, ez akadályozza meg, hogy a lapok hossz irányban elmozduljanak.
- Az oldalirányú elmozdulás ellen a rugópántok biztosítanak.
- Az egyik végén a rugószem, a másikon egy hevedernek nevezett elem található, ezekkel kapcsolódik a rugóköteg az alvázhoz. A heveder a hossz méret növekedését egyenlíti ki.



# Laprugók

- Működés közben a lapok súrlódnak egymáson. Ez kopást eredményez és gyakori karbantartást igényel. A lapok között mindig kell legyen kenőanyag, tehermentesített állapotban kell kenni. Létezik műanyag közdarabos verzió, ezeket nem kell kenni
- A rugókengyellel rögzítik a tengelyhez.
- A főrugó köteg kiegészíthető egy segédrugó köteggel. Nagy terhelés estén ez is működésbe lép.
- Olyan járművekben használjuk, melyek nagy terheket szállítanak.
- Kisebb áruszállítók hátsó tengelyei is laprugókkal szereltek
- Hajtott keréken is alkalmazható



# Laprugók



- VW Caddy





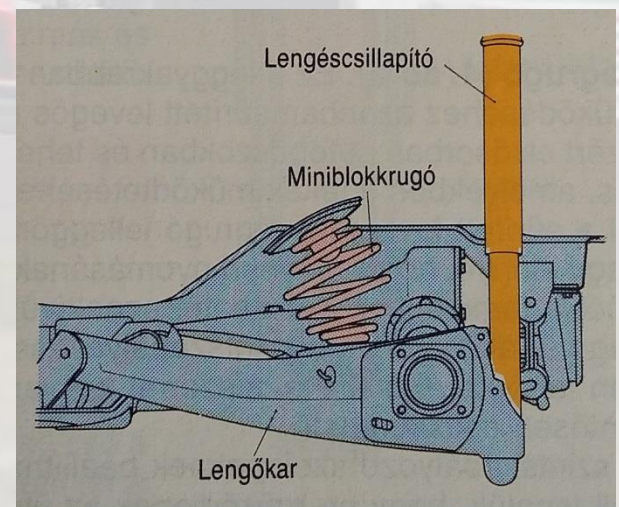
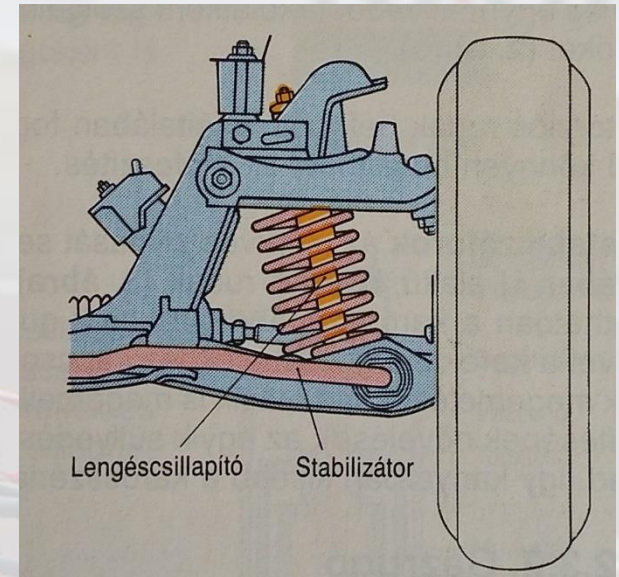
- Nissan Patrol

# Csavarrugók

- Leginkább elterjedt. A gépkocsikban szinte kizárólag ilyenekkel találkozunk.
- Igénybevételük csavarás ezért csavarrugónak is nevezik (gépraajz, járműgéptan). Hengeres verziójának karakterisztikája lineáris.
- Ha más jelleggörbére van szükség lehet kúpos kialakítású, vagy változó menetemelkedésű, vagy változó keresztmetszetű a rugó.
- A csavarrugók a hajtás erőhatásait nem képesek átvinni az útra. A felfüggesztés további elemeire hárul ez a feladat.

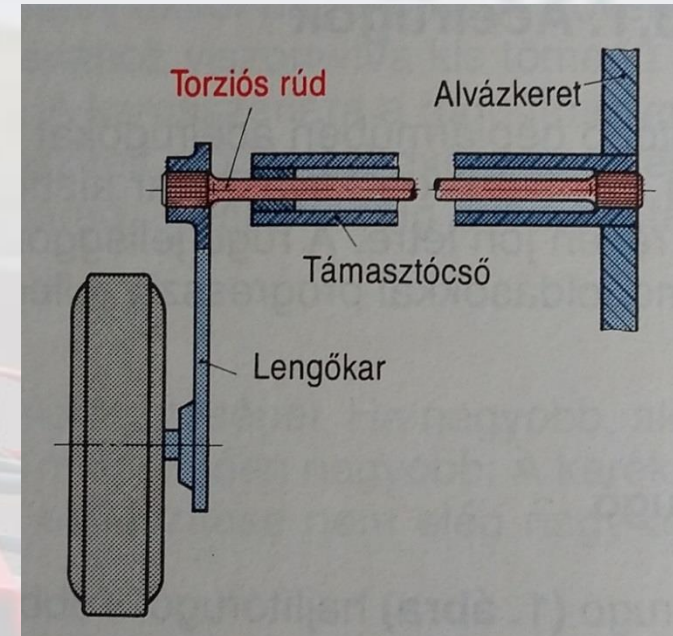
# Csavarrugók

- A rugó tag (csavarrugó) mellett egy csillapító tagra is szükség van (lengéscsillapító), ahogyan a laprugóknál is. Laprugóknál a lapok súrlódása ad némi csillapítást.
- A lengéscsillapító elhelyezhető a rugó belsejében is.
- A rugó teljes összenyomódását megakadályozandó gumi ütközők kerülnek beépítésre.
- Kisebb helyigényű a miniblokk rugó. Hordós kialakítású. Hátsó futóművek.



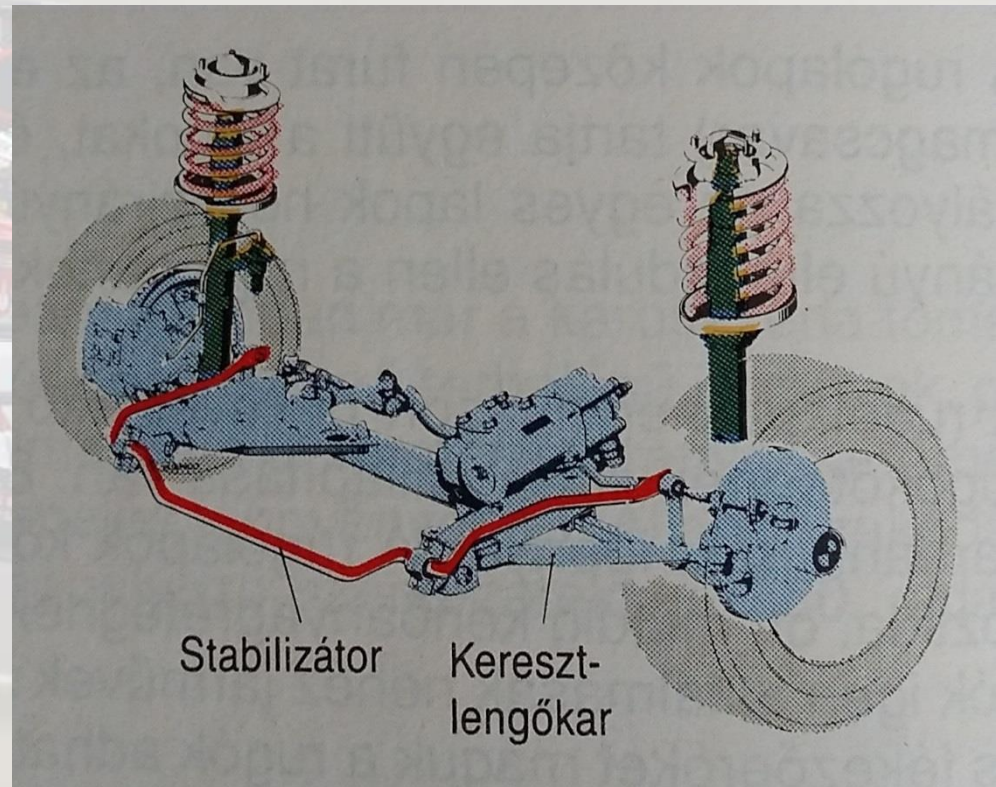
# Torziós rugók

- Gyakorlatilag egy fém rúd, végein befogásai pontokkal.
- Keresztmetszete lehet:
  - Kör.
  - Körgyűrű.
  - Négyzög.
- Anyaga rugó acél.
- A futómű elemek csavarásra veszik igénybe. Minden más igénybevétel alól mentesíteni kell.
- A befogási pontok bordázottak, hogy az előfeszítés megvalósítható legyen. (Minden rugót előfeszített állapotban szerelünk be, pl:golyóstoll).



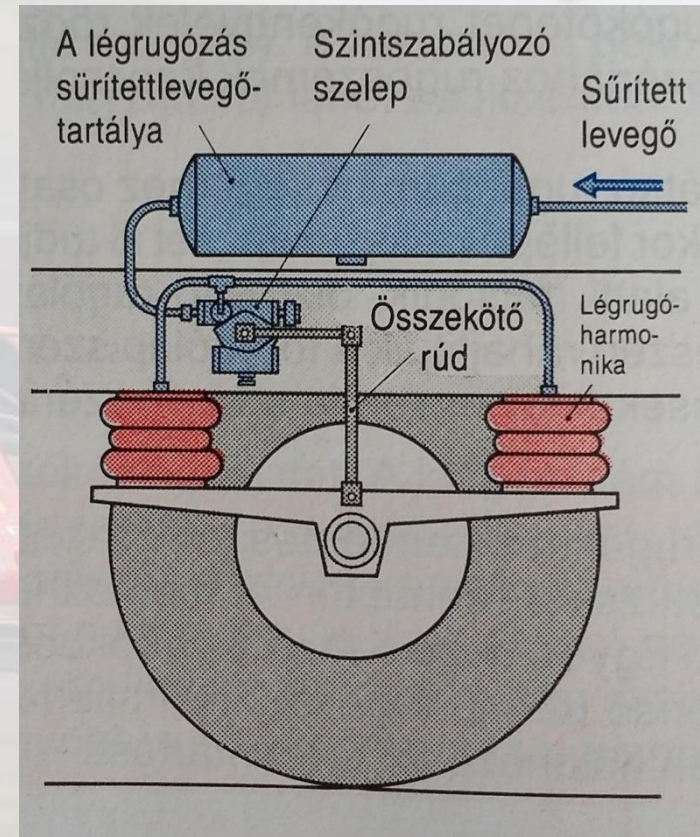
# Stabilizátorok

- Feladatuk az úttartás javítása.
- Igénybevételük csavarás.
- Kanyarodáskori kisebb karosszéria dőlés érdekében kerülnek alkalmazásra.
- A karosszériához és a futómű elemekhez kapcsolódnak.



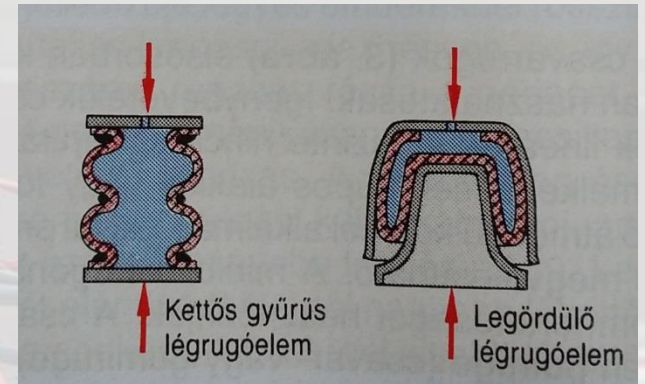
# Légrugó

- A gázrugók egy zárt térben lévő gáz összenyomhatóságát használják fel.
- A légrugó a leggyakoribb gázrugó. Működéséhez sűrített levegős rendszerre van szükség.
- Nehézszárművekben kerül alkalmazásra.
- A levegő nyomásának változtatásával a rugózás a terhelés függvényében változtatható.
- A rakfelület azonos magasságban tartható, vagy a kanyarokban a karosszéria dőlése akár meg is szüntethető (busz).



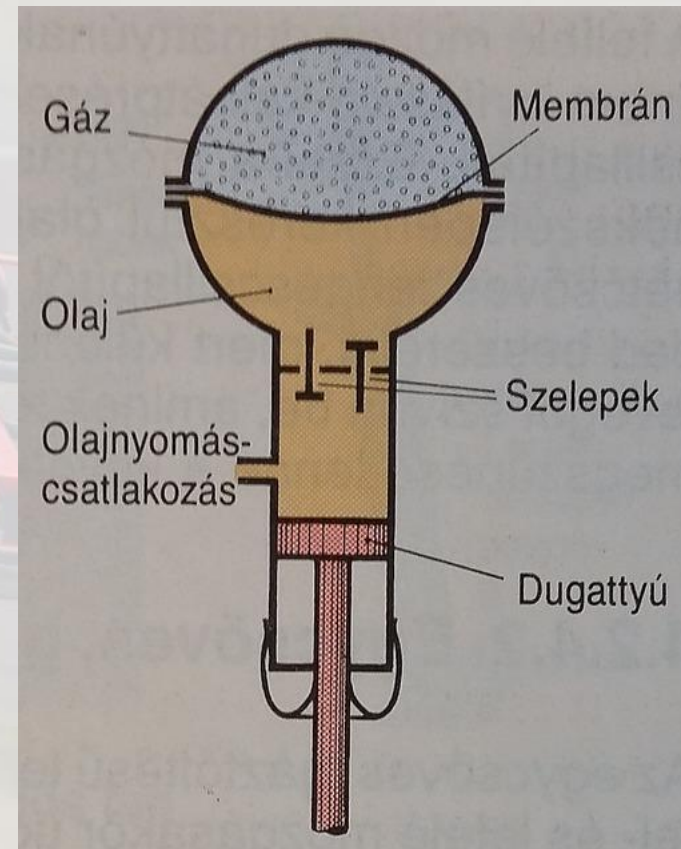
# Légrugó

- A bezárt levegőt vagy nitrogént nem egy dugattyúba zárjuk be, hanem egy gumi „ballonba”.
- A légrugók vonóerő átvitelére nem alkalmasak, szükség további futómű elemekre is.



# Hidropneumatikus rugózás (Citroën)

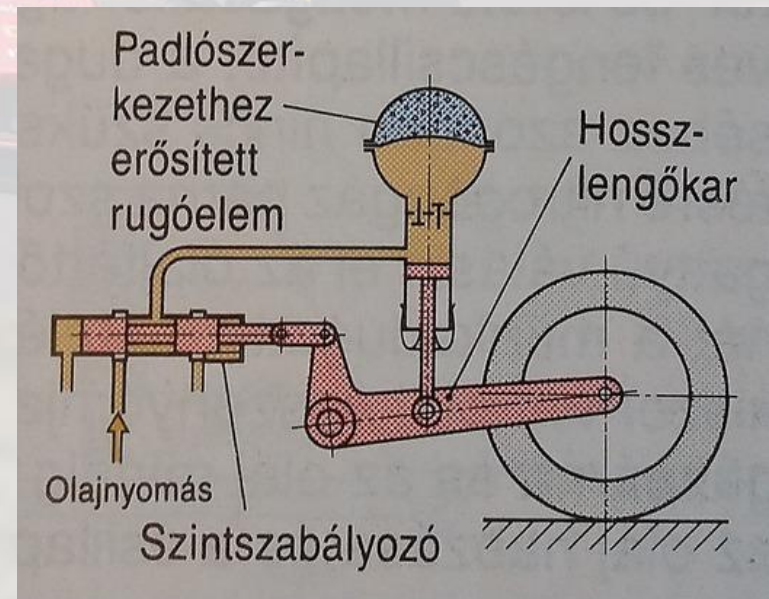
- Alapjában véve egy gázrugó.
- A bezárt gáz (nitrogén) összenyomását hidraulika olaj be-ki szivattyúzásával érik el.
- A gázt és az olajat egy membrán választja el egymástól.
- A gáztér és a folyadéktér nyomása megegyezik (100-200 bar).
- Lengéscsillapítóként is viselkedik. Az olaj rendszerbe iktatott fojtás végzi.
- A gépkocsi hasmagassága, vagy a tehergépkocsi rakfelületének magassága szabályozható vele.





# Hidropneumatikus rugózás (Citroën)

- A hidraulikus rendszer a fék és kormányrásegítőknél is használható.
- Kis úthibáknál lassú a reakció, ezzel keményebbnek tűnik a rugózás. A keménységet elektronikusan vezérelt kerekenkénti kiegészítő gázgömbök beépítésével orvosolni lehet.
- Drága, bonyolult, nagy az energia fogyasztása.
- Az energia fogyasztás csökkenthető azzal, hogy a hidraulika nyomás fenntartását nem a belsőégésű motor végzi, hanem egy villamosmotor, mely csak akkor működik, ha szükség van rá.



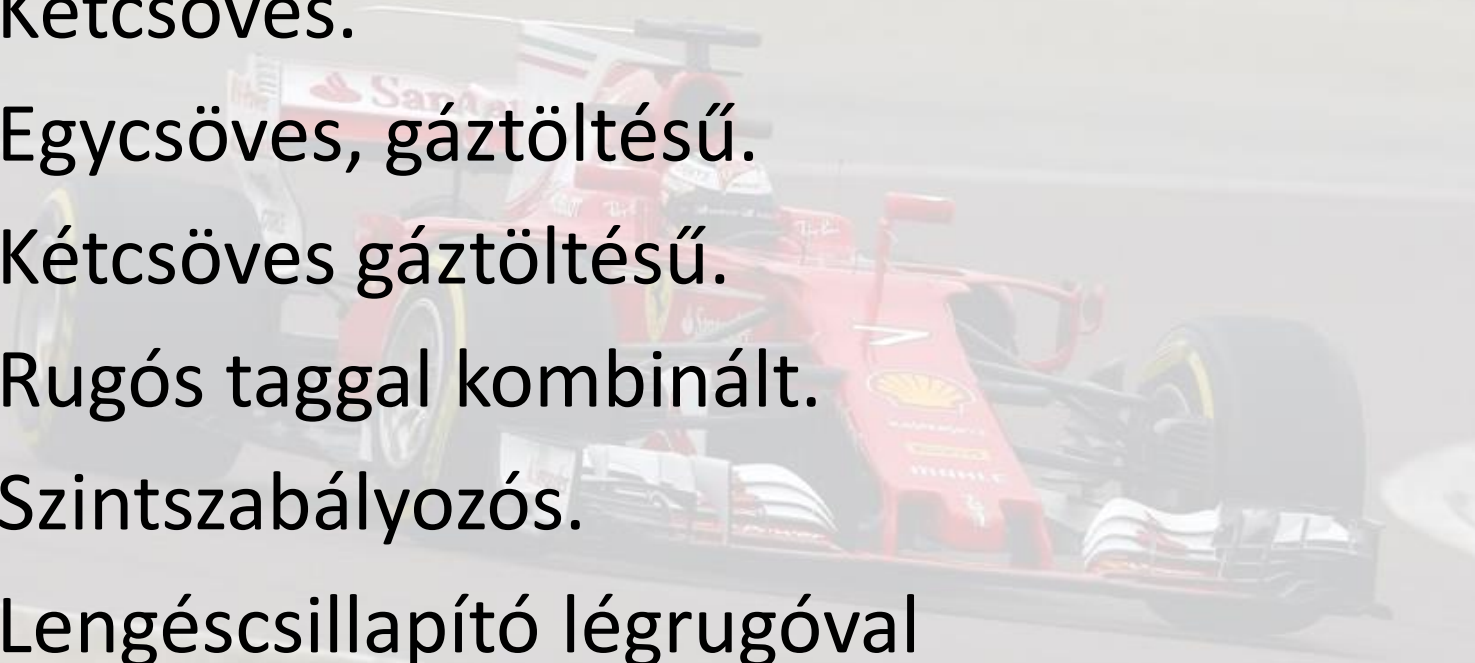
# Gumirugó (műanyag rugó)

- A futómű alkatrészek egymáshoz kapcsolásánál, illetve a karosszériához való csatlakozásnál gumi/műanyag rugókat használunk.
- Anyaga: műgumi, természetes gumi, műanyag
- A gumirugókhöz tartoznak a különböző szilentek/szilentblokkok is.
- Legfőbb feladatuk a komfortérzet növelése.
- Találkozunk vele:
  - A motor és a karosszéria között.
  - A kormány és a karosszéria között.
  - Kardántengelyeknél.

# Lengéscsillapító

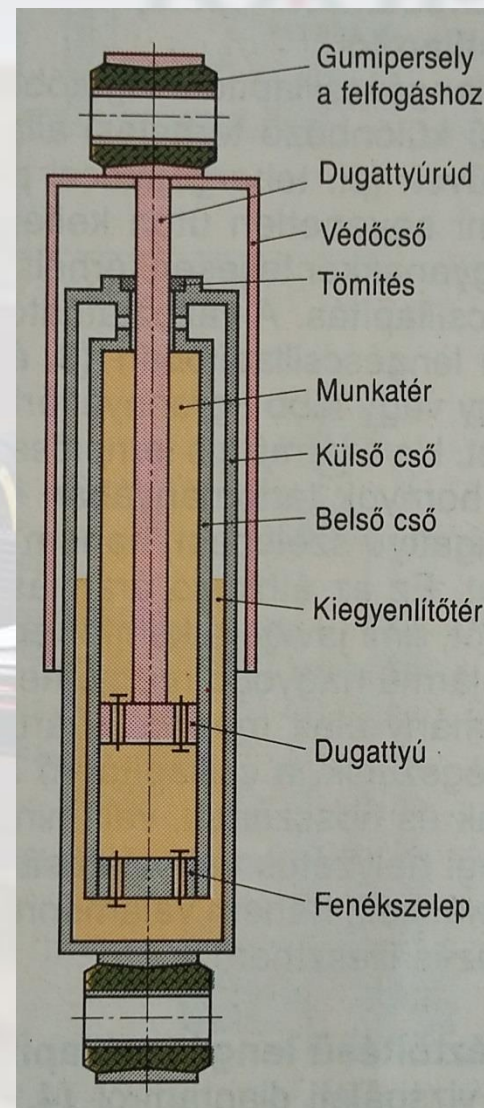
- Az előzőekben a futómű rugalmas tagját vizsgáltuk.
- A lengéscsillapító a csillapító tag szerepét tölti be. Feladata, hogy a kialakuló lengést minél rövidebb idő alatt csillapítsa, amplitúdóját csökkentse.
- A csillapodás jellege többféle lehet (súrlódással-, sebességgel arányos, ....)
- A rezgés energiáját hőenergiává alakítja.
- Szinte mindenütt hidraulikus, teleszkópos csillapítókat használunk.
- Működése:
  - Egy hengerben egy dugattyú mozog. A dugattyú mozgás közben a hidraulika olajat arra kényszeríti, hogy különböző méretű lyukakon áramoljon át.

# Lengéscsillapító

- Kétcsöves.
  - Egycsöves, gáztöltésű.
  - Kétcsöves gáztöltésű.
  - Rugós taggal kombinált.
  - Szintszabályozós.
  - Lengéscsillapító légrugóval
  - Lengéscsillapító hidropneumatikus rugóval
- 
- A red Ferrari Formula 1 car is shown on a racetrack. The car is viewed from a side-rear perspective, highlighting its aerodynamic design and suspension components. The background is a blurred racetrack with a white barrier featuring the 'KASPER' logo.

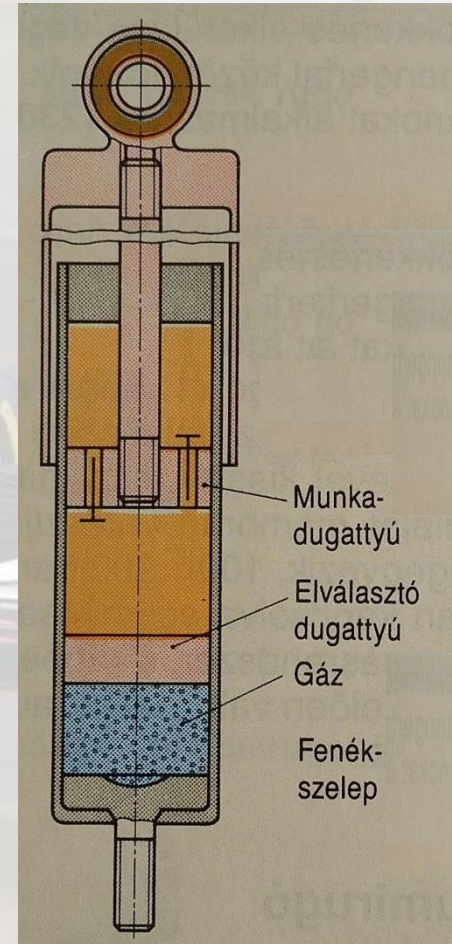
# Kétcsöves lengéscsillapító

- A dugattyúrúd és a külső védőcső a gépkocsi karosszériájához van rögzítve egy gumirugón keresztül.
- A belső és a külső cső a kerékhez vagy a tengelyhez kapcsolódik.
- A belső cső a munkatér.
- A külső cső és a belső cső közötti tér a kiszorított olaj kiegyenlítő tere.
- A nagyobb csillapítás kirugózásakor következik be.
- Kirugózásnál a dugattyún lévő finom szelepen kell átpréselni az olajat és ezzel egyidejűleg a kiegyenlítő térből olajat kell szívni a fenékszelepen keresztül.
- Csak dugattyúrúddal felfelé szabad beszerelni, máskülönben a kiegyenlítő térből levegőt szívna be a dugattyú. Habosodás. Csillapítás megszűnése.



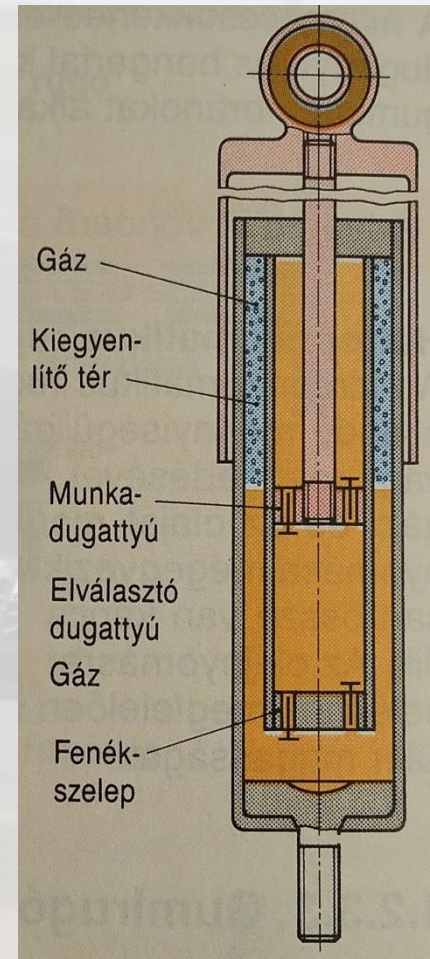
# Egycsöves, gáztöltésű lengéscsillapító

- A dugattyúrúd térfogatának kiegyenlítésére nincsen szükség külön kiegyenlítő térre.
- A kiegyenlítésre egy nitrogéngázzal töltött térfogatrész szolgál, melyet egy elválasztó dugattyú választ el az olajtól. A gázpárna nyomása 20-30 bar.
- Lefelé mozgáskor a dugattyúrúd által kiszorított olaj a gázt jobban összenyomja.
- A gáz és az olaj mindig nyomás alatt van, így a habosodás és ezzel a csillapítás csökkenése elkerülhető.



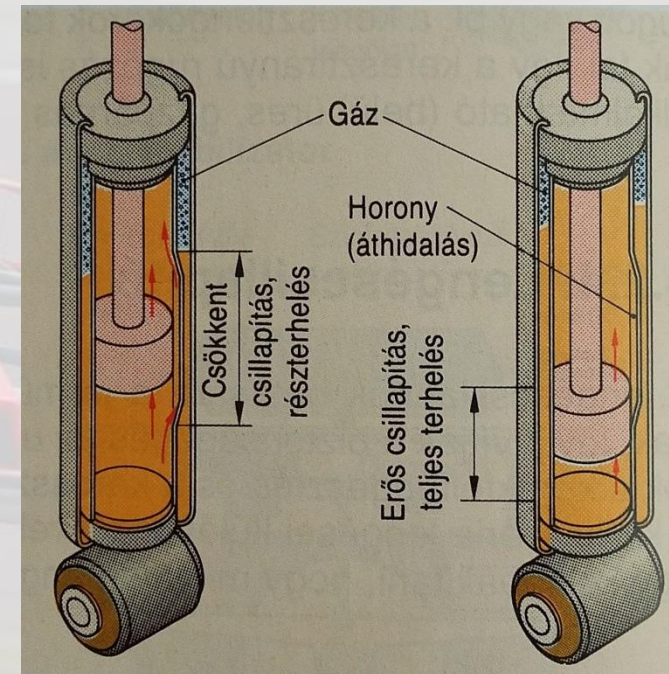
# Kétcsöves, gáztöltésű lengéscsillapító

- Működését tekintve azonos a kétcsöves típussal.
- Különbség annyi, hogy a kiegyenlítő térben a olajsztint fölött 3-8 bar nyomású nitrogéngáz van.
- Van változtatható csillapítású verziója is



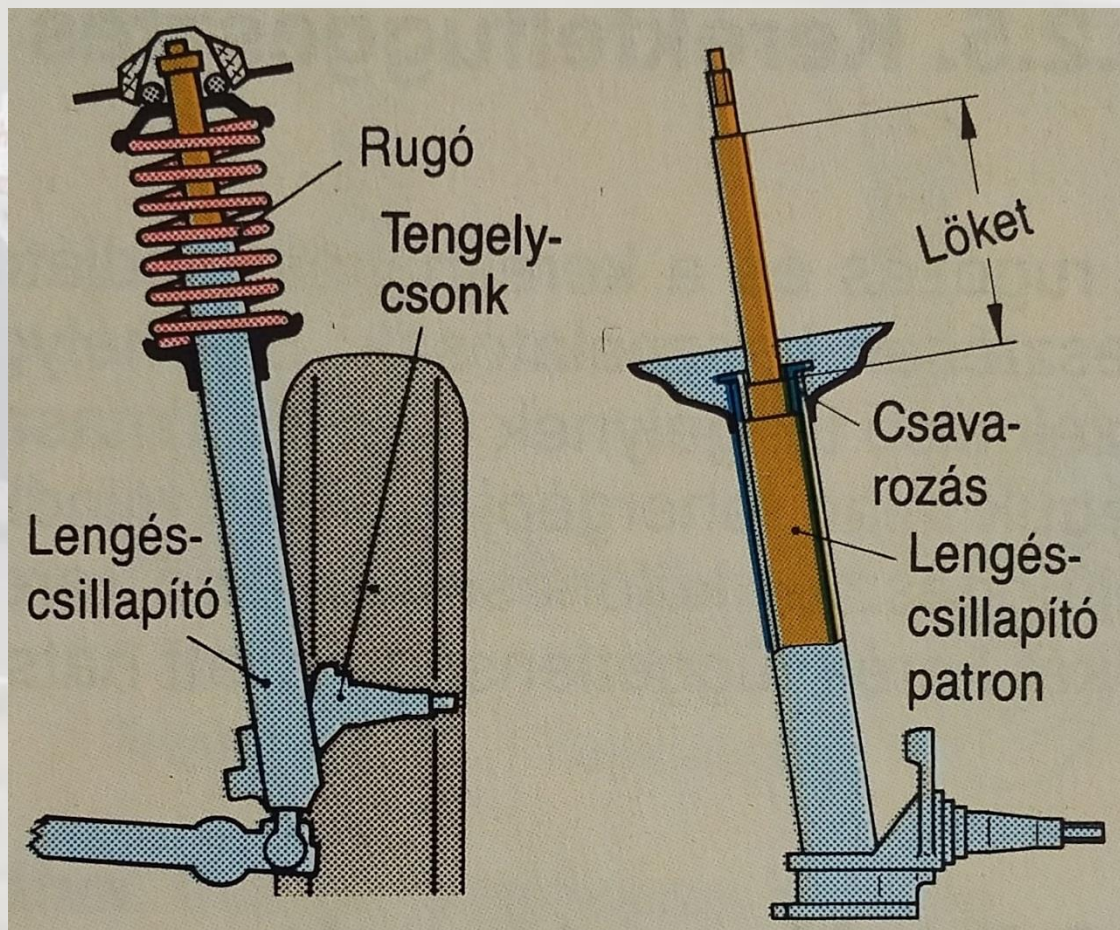
# Változtatható/változó csillapítású, kétcsöves, gáztöltésű lengéscsillapító

- A terhelések változásával különböző mértékű csillapításra van szükség.
- Egy üres vagy kevéssé terhelt teherkocsi szinte pattog az úton, míg nagy terhelésnél nem elegendő a csillapítás.
- A változó mértékű csillapítást a munkatér falában kialakított hornyok segítségével lehet elérni. Ekkor az olaj áramlása nem csak a szelepeken, hanem a horonyban is történik. A horony csak bizonyos elmozdulás tartományban van kialakítva.





# Rugóstag



# Kerékfelfüggesztések

- A legtöbb rugó és lengéscsillapító nem képes átvinni az útestre a vonóerő, fékező erőt ezért további elemekre van szükség.
- Az elsőnek használt - sokszor még ma is használt - kerékfelfüggesztés a merevtengely. Gépkocsik hátsó tengelye, tehergépkocsik első hátsó tengelye (nagy a terhelhetősége).
- Az első kerekeknél és egyre gyakrabban a hátsó tengelyeknél független kerékfelfüggesztés kerül alkalmazásra. Kis helyigénye és kis tömege miatt.

# Merev tengely

- A két kereket egy merev tengely kapcsolja össze és rugózik a karosszériához képest.
- Ha az egyik kerék akadályon halad át, akkor a másik oldali kerékre is hatással van.
- Az egész tengely ferde helyzetbe kerül.

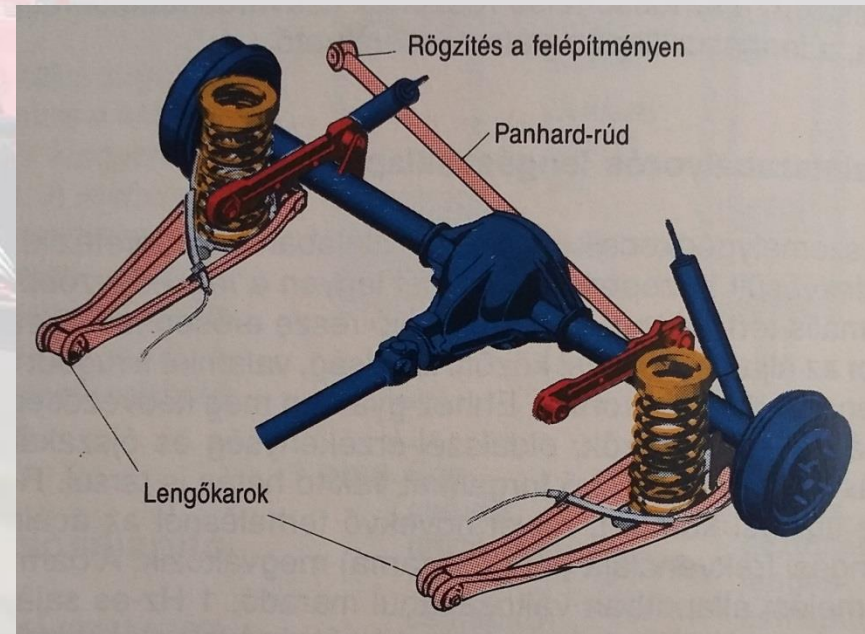


# Hajtott merev tengely

- Ha a merev tengely a hajtott tengely, akkor általában a kerekek közötti fordulatszám kiegyenlítésre szolgáló differenciál is ebbe van építve.
- A hátsó tengelyben vannak a keréktengelyek is kialakítva.
- A hátsó tengely általában öntvény.
- Személyautókban találkozunk lemezből préselt verziókkal (bendzsó tengely).
- Nagy rugózatlan tömeggel találkozunk.

# Hajtott merev tengely

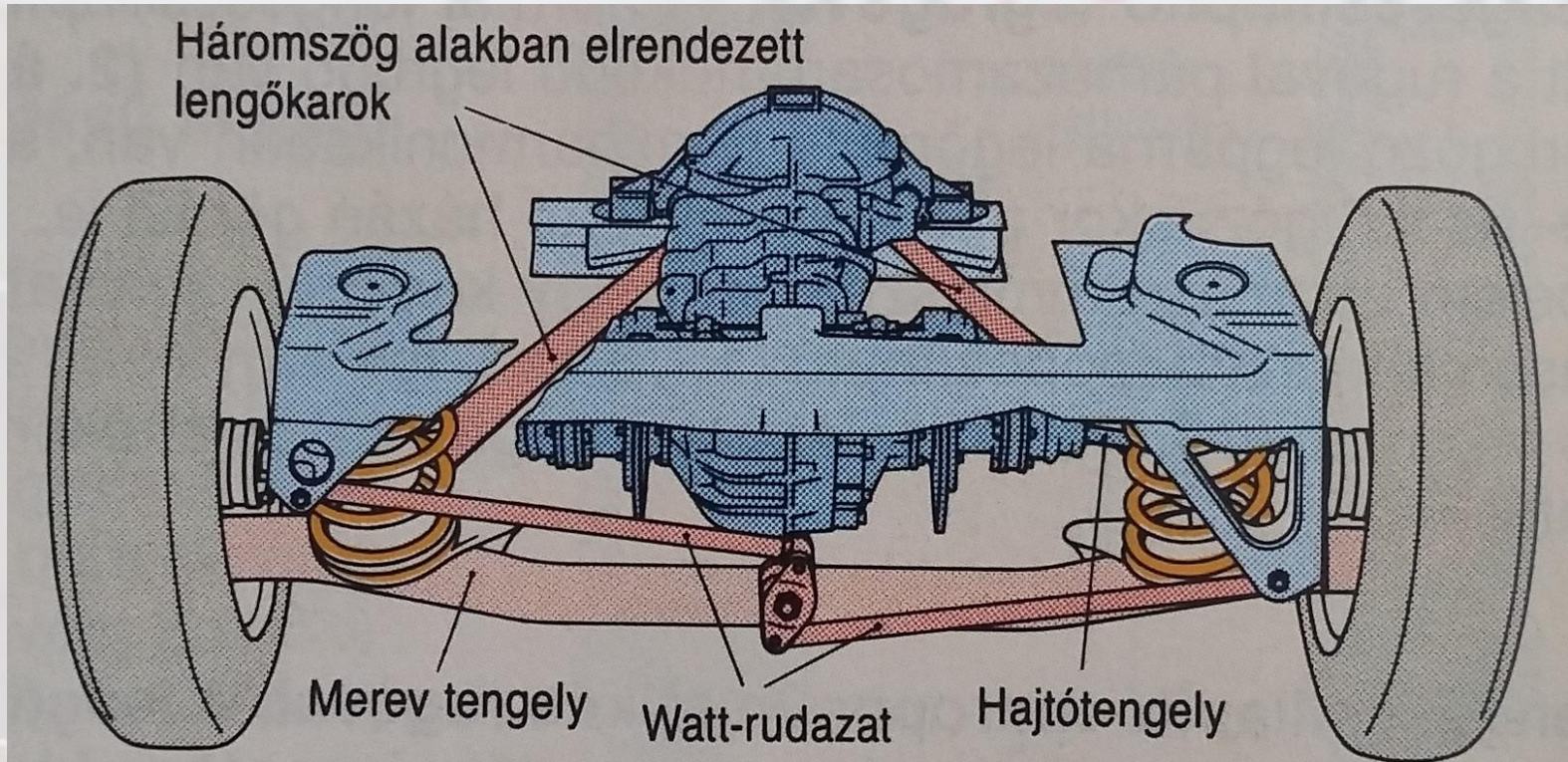
- A merev tengelyek laprugókkal rögzíthetők legegyszerűbben a kocsiszekrényhez.
- Rugóznak és vezetik a kerekeket.
- Amennyiben torziós rugókkal, csavarrugókkal vagy légrugókkal oldjuk meg a rugózást, szükség van további futómű elemek alkalmazására.
- A vonóerőt hosszlengőkarok viszik át, míg az oldalirányú erőket a Panhard-rúd.



# De Dion hátsó tengely

- Ezt a típust a nagy rugózatlan tömeg csökkentésére találták ki.
- A hajtást elválasztják a tengelytől.
- A hajtás elemeit fixen a kocsiszekrényhez rögzítik.
- A hajtást a kerekekhez úgy kell megoldani, hogy az mind szögben mind „hosszúságban” vagyis tengelyirányban képes legyen kompenzálni a kerekek mozgását.
- A tengely oldalirányú vezetését a Watt rudazat oldja meg.

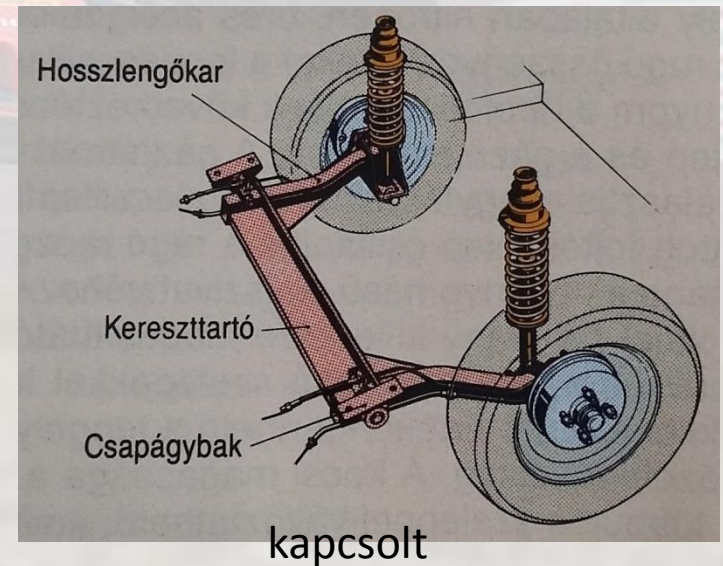
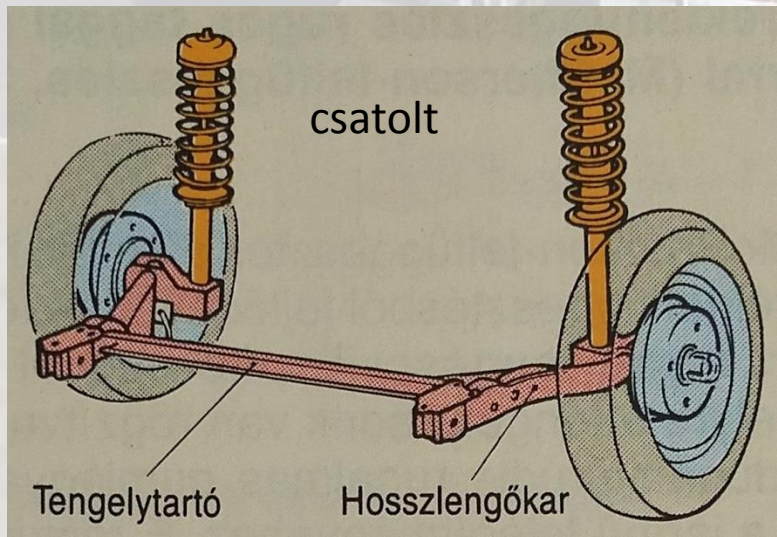
# De Dion hátsó tengely - Watt rudazat



A watt-rudazat kanyarban haladva is függőlegesen tartja a kerekeket

# Nem hajtott merev tengelyek

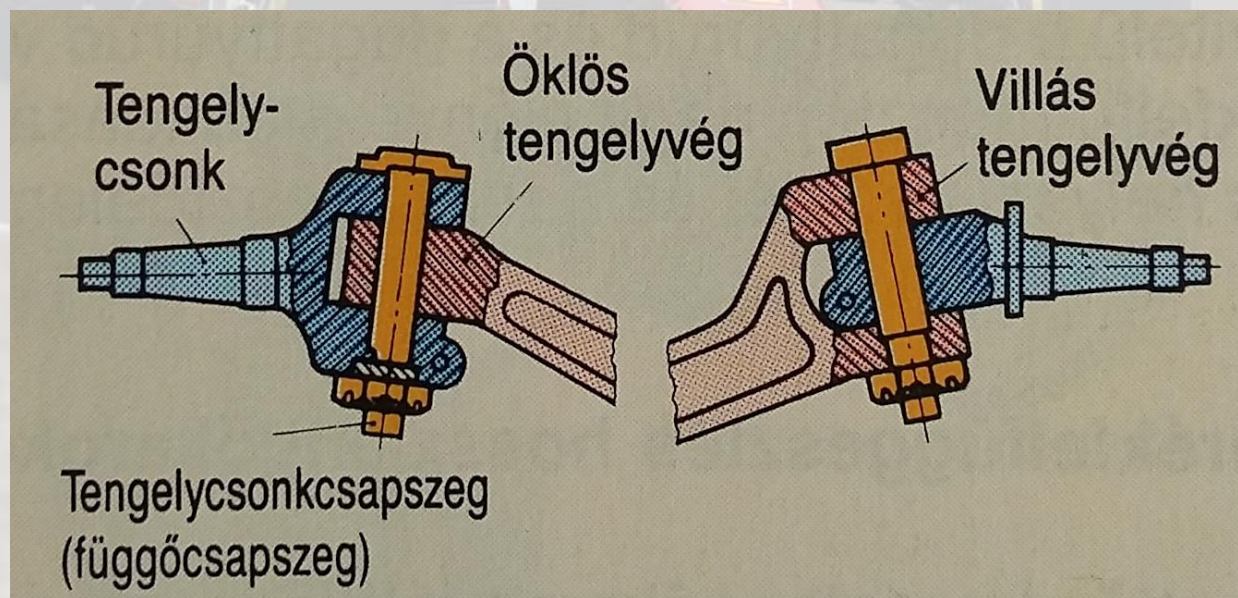
- Nem kormányzott tengely két fő típusa:
  - Kapcsolt lengőkaros tengely.
  - Csatolt lengőkaros tengely.
    - A különbség a két verzió között, a kereszttartó bekötési helyében van.





# Kormányzott merev tengely

- Tehergépkocsokban, terepjárókban.
- I-szelvényű kovácsolt elem.
- A merev tengelynél a nyomtávrúd nem osztott.
- A tengelyvég villás vagy öklös kivitelű.

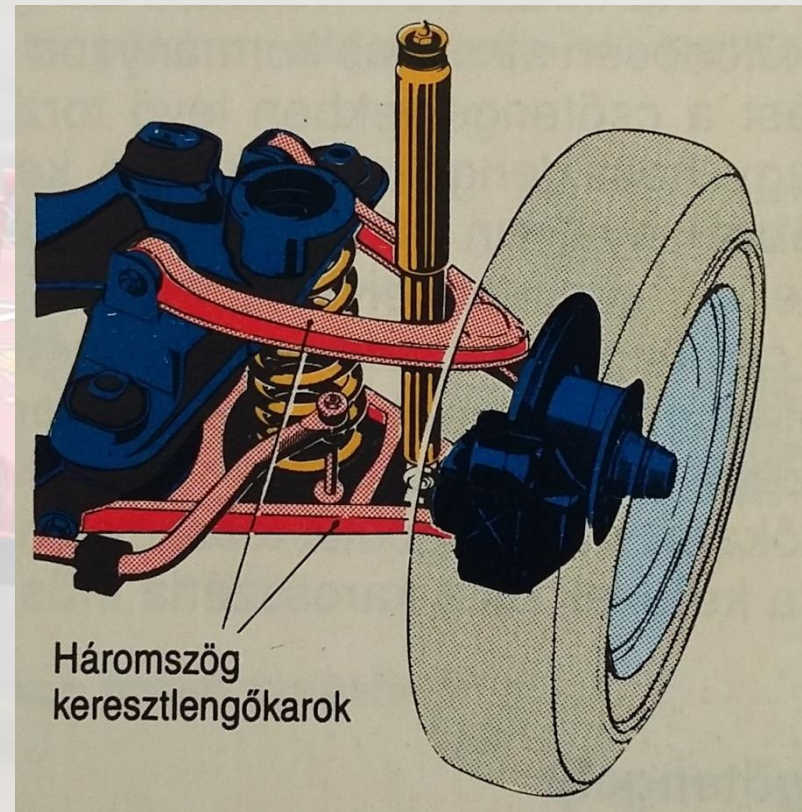


# Független kerékfelfüggesztések

- A rugózatlan tömegek kicsik.
- Ha az egyik kerék valamilyen útakadályon gördül át, az nem hat a másik oldalon lévő kerékre.
- Első kerékhez: kettős keresztlengőkarok, McPherson rugós tagok, kereszt- vagy hosszlengőkarokkal.
- Hátsó kerékhez: hosszlengőkaros, ferdelengőkaros

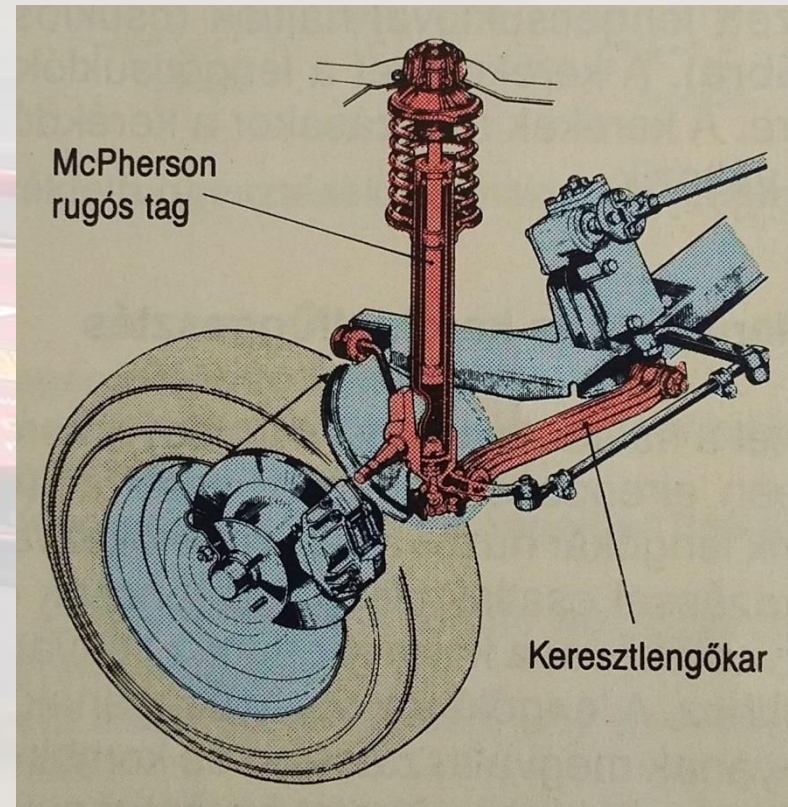
# Kerékfelfüggesztés keresztlengőkarokon

- A kerekeket két keresztlengőkaron felfüggesztve a kerekek kerékösszetartása és dőlésszöge egyáltalán nem vagy csak kis mértékben változik meg berugózáskor.
- Általában kormányzott hajtott kerekeknél találkozunk ezzel a kialakítással, de nagy teljesítményű autók hátsó hajtott kerekeinél is alkalmazzák.



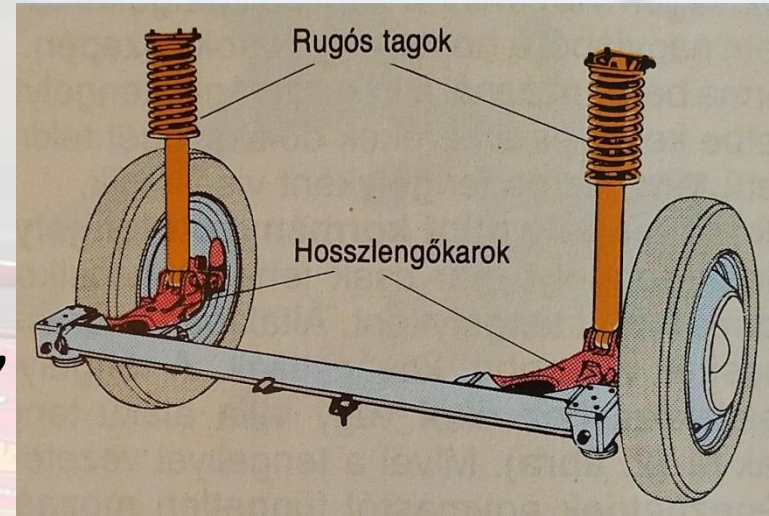
# Rugóstaggal és keresztlengőkarral (McPherson)

- A felső keresztlengőkart váltják ki egy olyan lengéscsillapító csővel, melyre a tengelycsonk van kötve.
- A másik vége a karosszériához kapcsolódik.
- A felső vég és a lengéscsillapító között egy csavarrugó van.
- Mivel a rugóstagnak a fékező-, gyorsító- és oldalirányú erőket is fel kell venni, a dugattyúrúd és a dugattyú vezetése erős.
- Kevés elemből egyszerűen gyártható, kis helyen elfér.  
Elterjedt



# Kerékfelfüggesztés hosszleengőkaron

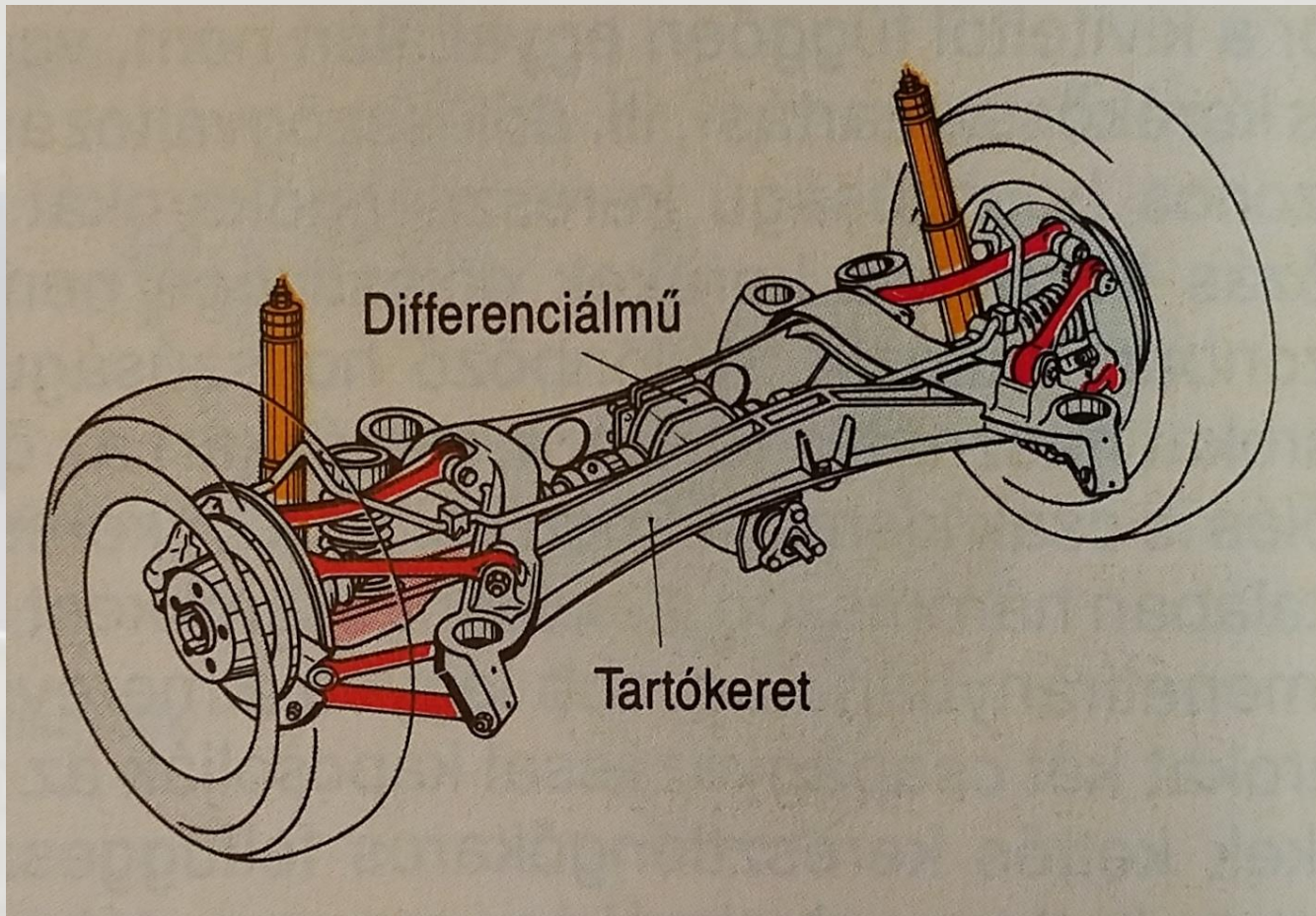
- Rugózáskor a futóműgeometria nem változik.
- A kerekek között sok hely van, így elsőkerék-hajtású kocsiknál a csomagtér padló mélyebbre helyezhető.
- Hosszú rugóút
- Kanyarban nagy dőléssel lehet számolni.



# Öt lengőkaros kerékfelfüggszetés (multilink)

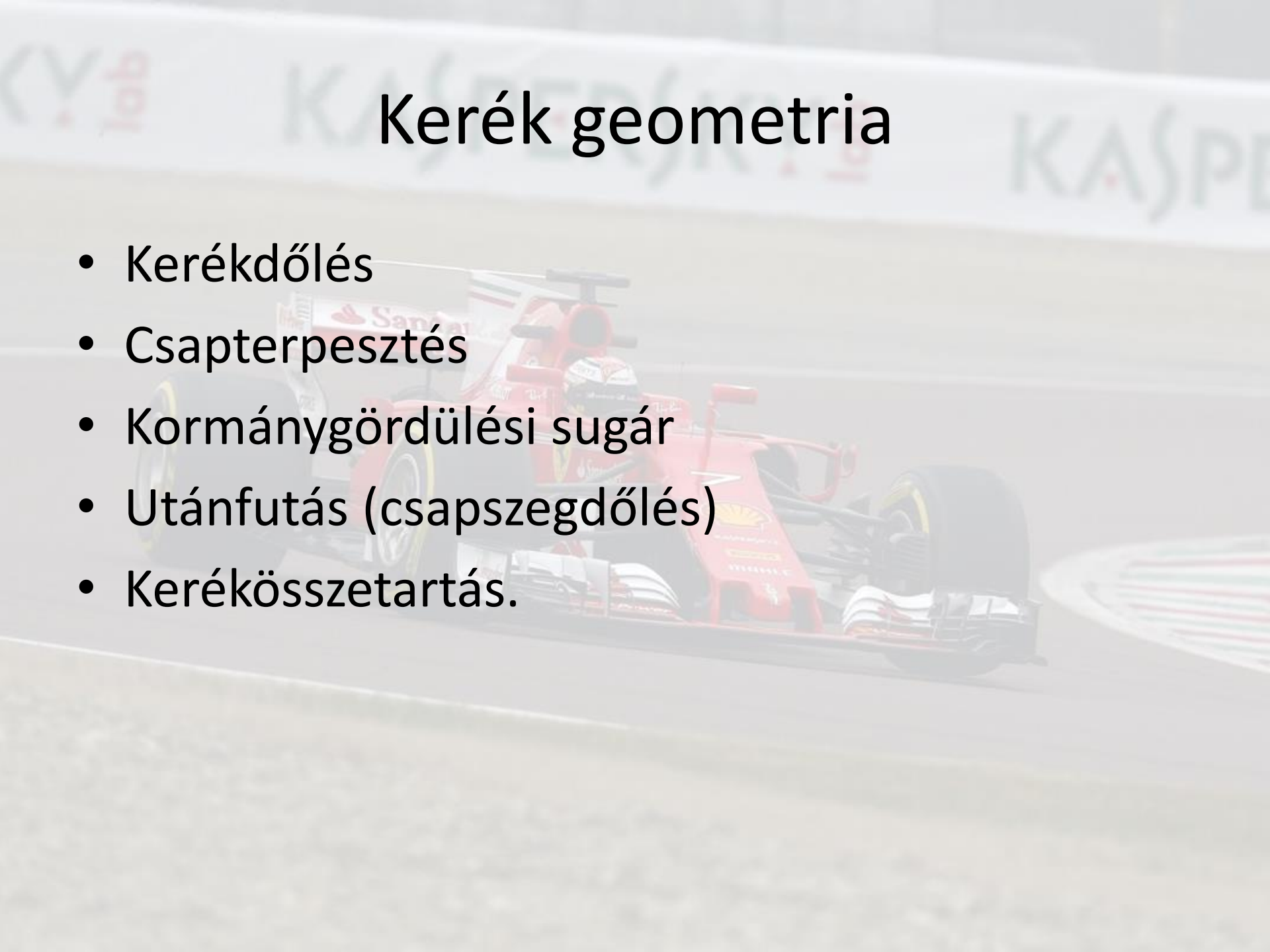
- Gyártónként eltérő konstrukciókat találunk.
- Ami közös, hogy a kerék vezetését legalább öt térben elrendezett lengőkar veszi át (hossz és kereszt).
- A lengőkarok gumi betéteken keresztül kapcsolódnak a kerékagyhoz és a karosszériához.
- Minden kar húzó és nyomó erőket vehet fel.

# Öt lengőkaros kerékfelfüggszetés (multilink)



# Kerék geometria

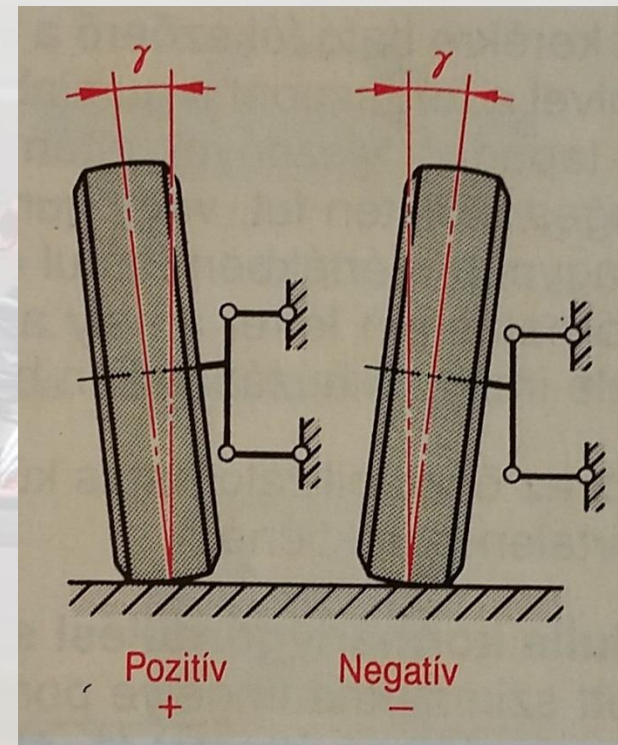
- Kerékdőlés
- Csapterpesztés
- Kormánygördülési sugár
- Utánfutás (csapszegdőlés)
- Kerékösszetartás.





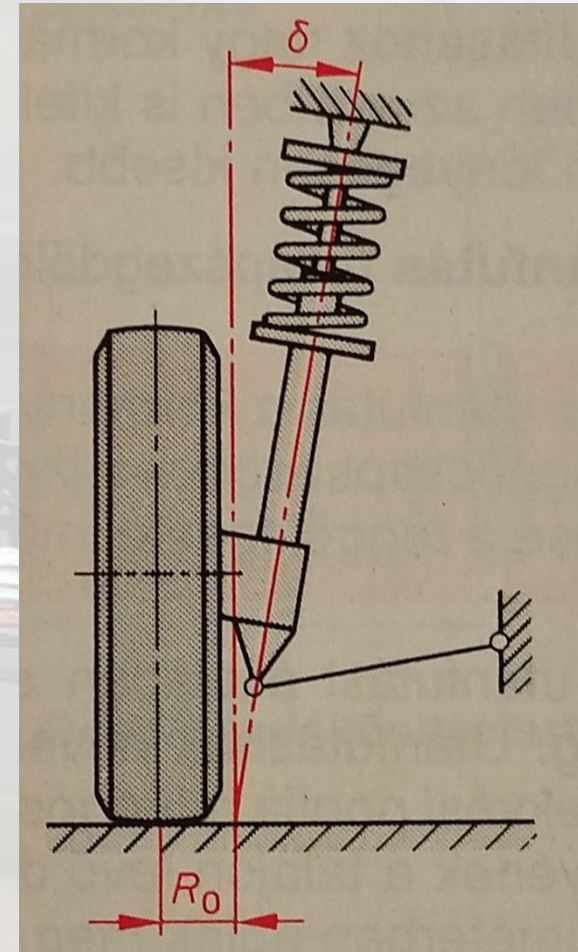
# Kerékdőlés

- A kerékdőlés a kerék síkjának hajlásszöge a függőlegestől mérve.
- Lehet
  - Pozitív: a kerék síkja felül kifelé dől. (ez a gyakori.  $0^{\circ}20'$  –  $1^{\circ}30'$ ). Jó egyenes haladást és kis kormánygördülési sugarat ad. Minél nagyobb a dőlés, annál kisebbek a kanyarban az oldalirányú erők.
  - Negatív: a kerék síkja felül befelé dől. Hátsó kerekeknél ( $-0^{\circ}30'$  és  $-2^{\circ}$ ). A negatív dőlés kanyarban javítja a tapadást.



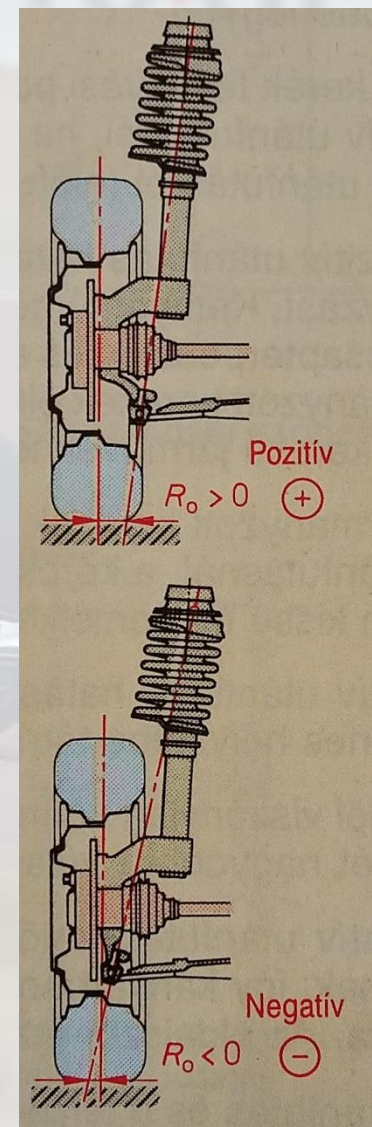
# Csapterpesztés

- A csapterpesztés a kormányzott kerék elfordítási tengelyének, illetve a függőcsapszegnek a jármű hossztengetyére merőleges irányú ferdesége a függőlegestől mérve.
- A kerékdőlés és a csapterpesztés együtt hat a kormány gördülési sugarra.
- A kormány elfordításakor a kocsi elől megemelkedik és a kocsi súlyából származóan egy visszatérítő nyomaték hat a kerékre.
- Ezért a kerekek visszaállnak maguktól az egyenes futás irányába.
- A kerekek oldalirányú rezgéseit csökkenti, akadályozza meg.



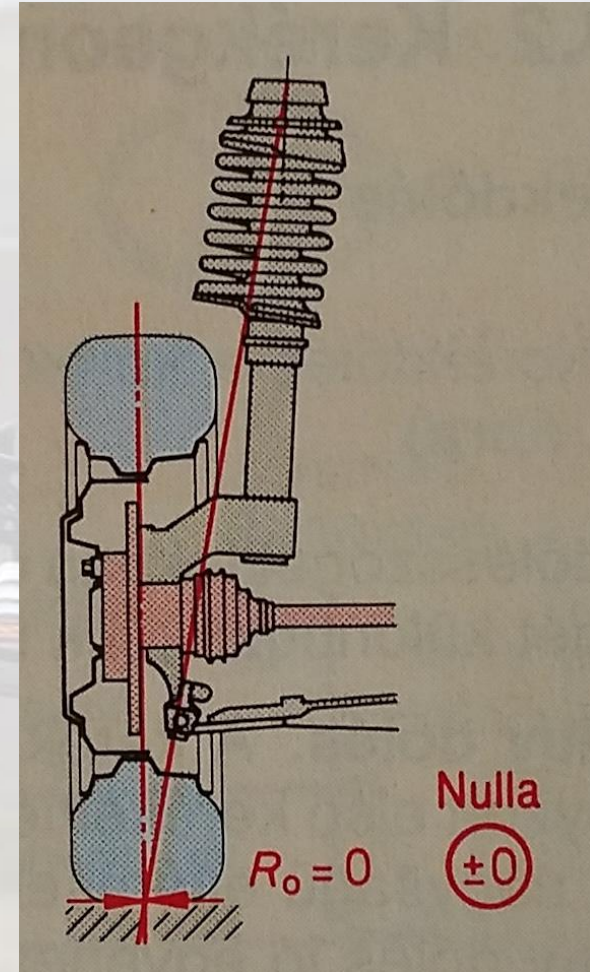
# Kormánygördülési sugár

- Az a sugár, melynek nagyságát a kerék felfekvési felületének közepe és a meghosszabbított függőcsapszeg tengelynek az útfelülettel alkotott dőléspontja között mérnek.
- Lehet pozitív, negatív és nulla
- Pozitív:
  - A fékezőerő a gumiabroncsokat kifelé fordítja. Eltérő tapadású kerekek esetén a jobban tapadó kerék felé húz az autó.
  - Cél a kormánygördülési sugár alacsonyan tartása. Ekkor kicsik a kormányerők és az oldal irányú rezgési hajlam csökken.
- Negatív:
  - Alkalmazásához mély keréktárcsákra van szükség és úszónyerges fékekre.
  - A fékező erő a kerekeket befelé fordítja.
  - Önstabilizáló hatása van. A nagyobb tapadású kerék jobban fordul befelé. A hatás a jobban fékezett kerék hatása ellen hat.



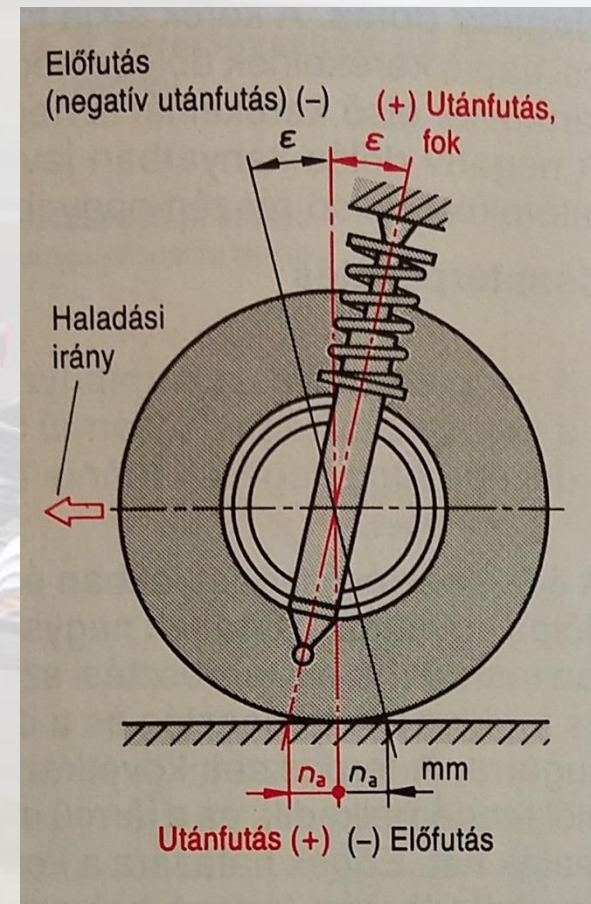
# Kormánygördülési sugár

- Kormányzáskor a kerék helyben fordul el.
- Álló gépkocsi kerekének elfordításához nagy kormányerő kell.
- A fékerő ekkor is kifelé fordítja a kerekeket, de lényegesen kisebb erővel.



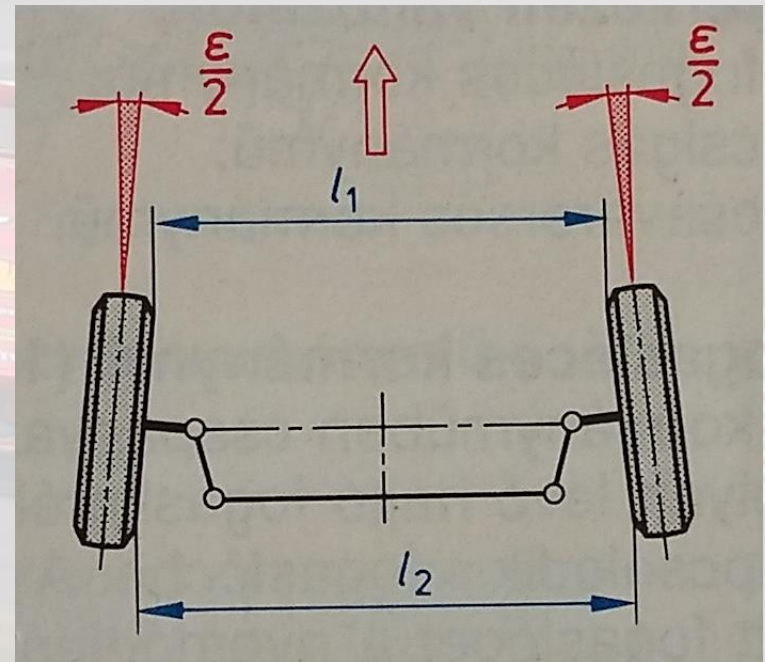
# Utánfutás (csapszegdőlés)

- A kormányzott kerekek elfordítási tengelyének a jármű hossz tengelyének irányában mért dőlése a függőlegestől mérve.
- Lehet szöggént vagy távolságként megadva
- Utánfutásnál a kerekek stabilan futnak.
- A kerekeket elfordítva (csapterpesztés, kormánygörbülési sugár) a kanyar belső oldalán a jármű megemelkedik, a külső oldalon lesüllyed.
- Kanyarodás után a kerekek az egyenes helyzetbe akarnak visszatérni.
- Első kerék hajtású járműveknél előfutást alkalmaznak, ekkor a kanyarodásból való visszaállást a vonóerő adja.



# Kerékösszetartás

- A kerékösszetartás az  $l_2-l_1$  távolság.
- A kerekek közepének magasságában, kerékpánt peremtől, kerékpánt peremig kell mérni.
- Egy hátsókerék-hajtású jármű pozitív kormánygördülés esetén kifelé igyekeznek fordulni. Ezt kompenzálendő a kerékösszetartás (egyensfutás)
- Első kerék-hajtású kocsik első kerekei befelé akarnak fordulni, ezt negatív kerékösszetartással lehet kompenzálni.



# Forrás

- [1]: Gépjármű szerkezetek, Műszaki Könyvkiadó

