



Dr. Lakatos István

• 3500 kilogramm alatti  
összgördülő súlyú járművek  
futóművei és rugózása



A követelménymodul megnevezése:

## Gépjárműjavítás I.

A követelménymodul száma: 0675-06 A tartalomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-009-20



## 3500 KILOGRAM ALATTI ÖSSZGÖRDÜLŐ SÚLYÚ JÁRMŰVEK FUTÓMŰVEI ÉS RUGÓZÁSA

### ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

A műhelybe érkező személygépkocsi hibája – a munkafelvétel alapján – a futómű, illetve rugózás, lengéscsillapítás területét érinti. A további diagnosztikai vizsgálatokhoz és az ezt követő beállítási és javítási műveletekhez feltétlenül szükséges a rendszerek és az alkatrészek felépítésének és működésének ismerete.

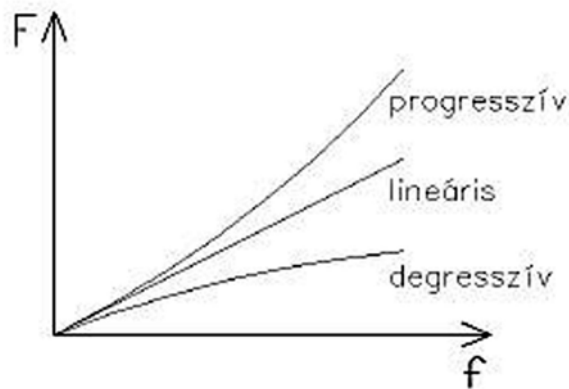
### SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

#### RUGÓZÁS

A rugók olyan gépelemek, melyek nagy (ill. korlátozott) alakváltozásra képesek. Az alakváltozást igénylő funkciók energiatárolók, rugalmas előfeszítést adók, dinamikus terhelést csillapítók és menetláncot zárók lehetnek.

Az alváz és a futómű közé azért kell rugókat építeni, hogy az úgy egyenetlenségeiből származó erőhatások letompításával a jármű szerkezeti részeit megkíméljék, növeljék az utazási biztonságot és a kanyarstabilitást, és magasabb legyen az utazási kényelem. A talperő (kerekek talpközéppontjában ébredő erő) értéke fontos a tapadást, és így a stabilitás szempontjából. A járművön mind a három térbeli tengely irányában felléphetnek elmozdulások és lengések. Amikor a jármű kereke akadályon gördül át, akkor a karosszéria és a kerék is lengéseket végez.

A rugók legfontosabb jellemzője a rugó karakterisztikája, amelyen az erő ( $F$ ) változását értjük az elmozdulás ( $f$ ) függvényében. A karakterisztika jellegét a rugó anyaga és kialakítása határozza meg. Az 1. ábra a) görbéje egy progresszív, a b) egy lineáris, a c) egy degresszív karakterisztikát mutat.



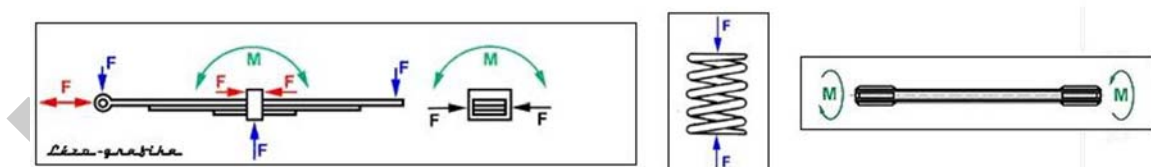
1. ábra. Rugó-karakterisztika<sup>1</sup>

A jármű azon részeit, amelyek a járműrugó felett (karosszéria) helyezkednek el, rugózott tömegnek nevezzük. A járműrugó és az útfelület közötti részeket (pl. járműkerék, stb.) rugózatlan tömegnek hívjuk.

## 1. Acélrugók

A rugóhatás az acél rugalmas alakváltozása révén jön létre. Az acélrugók jelleggörbéje lineáris. Lengési szempontból a progresszív karakterisztika kedvezőbb, ezért ezt konstrukciós eszközökkel igyekeznek elérni. A legegyszerűbb megoldás egy segéd rugó alkalmazása, amely a főrugó bizonyos mértékű benyomódása után lép működésbe, meredekebbé téve a görbét. Az acélrugónak három alapvető típusa van:

- laprugó,
- csavarrugó és
- torziós rugó.



2. ábra. Egyes acélrugókra ható erők<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Forrás: [http://gt3.bme.hu/oktatas/BsC/GEAESZ\\_Szerkezettan/jegyzet/5\\_rugok.pdf](http://gt3.bme.hu/oktatas/BsC/GEAESZ_Szerkezettan/jegyzet/5_rugok.pdf)

<sup>2</sup> Forrás: <http://www.auto.bme.hu/content/kerekek-rugozasa>

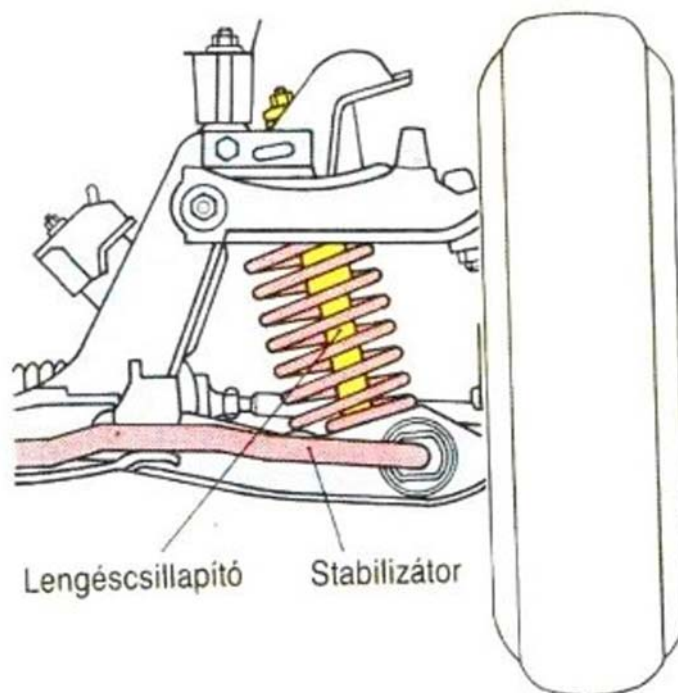
## Laprugó

Laprugókat személygépkocsikban jellemzően nem használnak, így ezt a területet a 10. SZT elemben ismertetjük.

### Csavarrugó (tekercsrugó)

A független kerékfelfüggesztések kialakításánál a rugózáshoz a laprugó nem adott kielégítő megoldást. A csavarrugó kis helyszükséglete és tömege lehetővé tette a lengőtengelyes megoldások variálhatóságát. Mivel csak egyirányú erő felvételére alkalmas (vonóerő átadására nem), lengőkarok beépítése szükséges. Csillapító hatása nincs, így nagyobb hatású lengéscsillapító beépítése szükséges. Keresztlengőkaros és merev futóművekbe függőlegesen, hosszlengőkaros kialakításnál vízszintes helyzetben szerelik be. A csavarrugót minden esetben két rugótányér fogja össze, az egyik az alvázhoz, a másik a futóműhöz van rögzítve. Előnye, hogy karbantartást nem igényel.

A normál csavarrugó jelleggörbéje lineáris, de a menetemelkedés változtatásával, a huzalvastagság vékonyításával és kúpos kialakítással progresszív karakterisztika készíthető. A miniblokk rugóban mindhárom lehetőség megtalálható. A működés közbeni deformálódáskor a rugó menetei nem érintkezhetnek egymással, mert minden menet spirális alakban egy nagyobb menetbe fekszik, így a helyszükséglete kicsi és működése zajtalan.



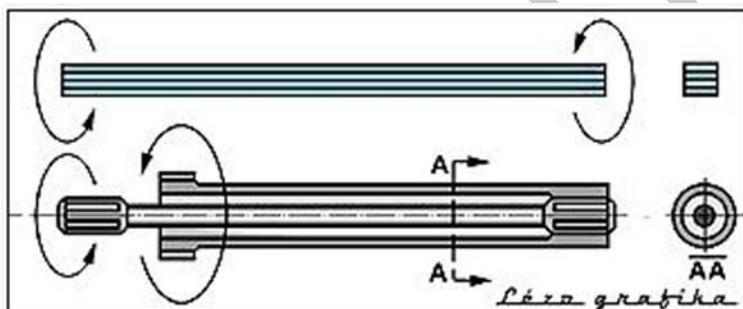
3. ábra. Csavarrugó a felfüggesztésben<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Forrás: Bohner...Zwicker Gépjárműszerkezetek Műszaki Könyvkiadó

### Torziós rugó

A torziós rúd rugóacélból készült rúd, melynek egyik végét az alvázhhoz rögzítik, a másik végét pedig lengőkarhoz csatlakoztatják. Mikor a kerék és az alváz egymáshoz viszonyított helyzete megváltozik, a rugó elcsavarodik. Általában kör keresztmetszetű rudakat, ritkábban csöveket, négyszög keresztmetszetű rudakat, és lapos rudakból összeállított rugókötegeket használnak. A rúd hossza a felére csökkenthető, ha két részből, egy tömör rúdból és egy csőből készül, és ezeket egymásba tolják. A rugókat kereszt- és hosszirányban, de akár ferdén is beépíthetik. A hosszlengőkarhoz csatlakoztatva a toló- és fékezőerőket is képes átadni az alváznak, ilyenkor hosszabbak lehetnek, amivel lágy rugózás érhető el. Beszereléskor elő kell feszíteni a rugót, ami a befogófejekon lévő bordákkal könnyen beállítható. Hajlításra nem vehető igénybe, ezért gyakran egy támasztócsőben helyezik el, ami védőburkolatként szolgál.

A torziós rugónak nincs csillapító hatása, azért erős lengéscsillapító beépítése szükséges. Karbantartási igénye kicsi.

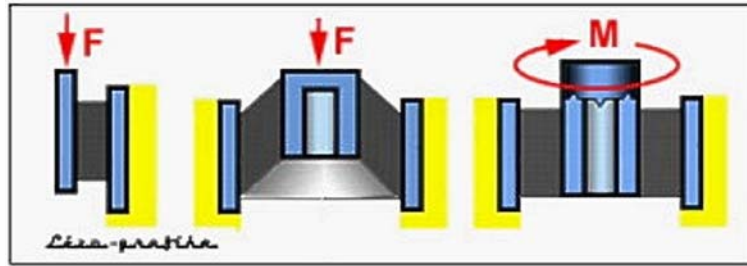


4. ábra. rziós rugó kialakításai, és a rá ható erők<sup>4</sup>

### Gumirugó

Mind a természetes, mind a műgumi igen rugalmas, és nagy az öncsillapító hatásuk. A gumi ezen tulajdonságait gyakran alkalmazzák nagy frekvenciájú rázkódások felfogására és zajcsillapítására. Ehhez a kocsí egyes alkatrészeit gumipárnákkal fogják fel. Az acélhoz hasonlóan mindenféle igénybevételt jól bír, a legkedvezőbb tulajdonságai nyírásakor vannak (a legkedvezőtlenebbek húzásakor). Mivel a gumirugó önmagában nagy rugóútat nem enged meg, pótrugóként, vagy acéllal, hidraulikával illetve levegővel kombinálják. A hidraulika a felfüggesztésben a lengéscsillapító és a stabilizátor szerepét is betölti.

<sup>4</sup> Forrás: <http://www.auto.bme.hu/content/kerekek-rugozasa>



5. ábra. Gumirugókra ható erők<sup>5</sup>

### Gázrugó

A gázrugókban zárt térben lévő gáz (levegő vagy nitrogén) rugalmas viselkedését hasznosítják a rugózáshoz. Csak nyomásra vehető igénybe.

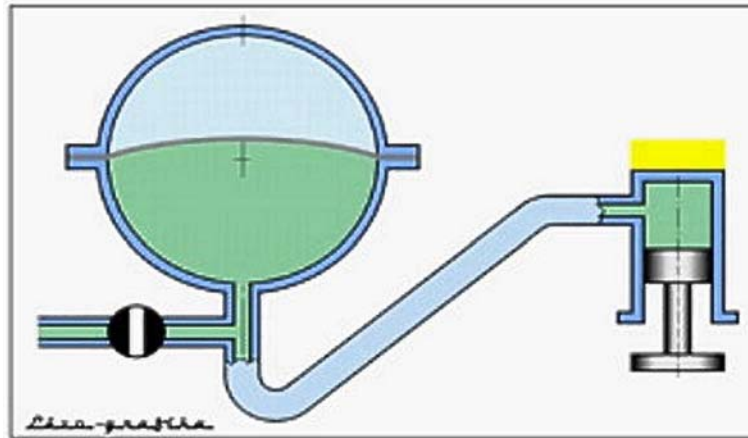
### Légrugó

A légrugókat személygépkocsikban jellemzően nem használnak, így ezt a területet a 10. SZT elemben ismertetjük.

### Hidropneumatikus rugó

Személygépkocsikba helyhiány miatt a tiszta légrugó nehezen építhető be, ezért hidropneumatikus rugókat alkalmaznak. Ezekben a rugózást gáz, a szintezést folyadék végzi. Minden keréknél az alvázhoz egy-egy henger van beépítve, melynek felső vége gömb alakú. Ezt egy gumimembrán osztja két részre. A membrán felett van az állandó mennyiségű, összenyomható gáz (általában nitrogén). Az alsó részben és a hengerben olaj található. Az olaj beszívattyúzásával vagy leengedésével kisebb vagy nagyobb mértékben összesűríti a gázt. A hengerben lévő dugattyú a lengőkarokhoz kapcsolódva a folyadékon és a membránon keresztül nyomja össze a gázt. A folyadéktérben lévő szelepek segítségével a szerkezet lengéscsillapító hatású. A hengerben lévő folyadék nyomásával szabályozható a jármű szintmagassága.

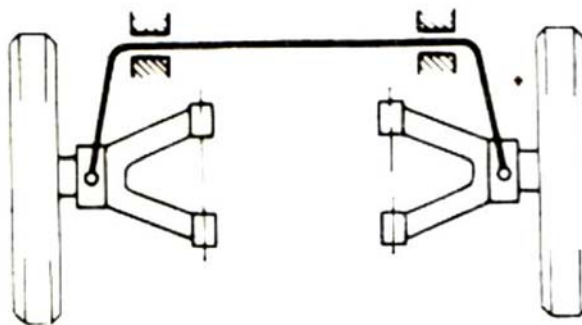
<sup>5</sup> Forrás: <http://www.auto.bme.hu/content/kerekek-rugozas>



6. ábra. Hidropneumatikus rugó<sup>6</sup>

### Stabilizátorok

Ívmenetben a gépkocsi külső oldala lesüllyed, ami nagyobb sebességnél borulási veszéllyel jár. A stabilizátor feladata ennek csökkentése, illetve javítja az útfekvést. Rendszerint egy torziós rúd. A középrész elforgathatóan a karosszériához, a karok gumielemelekkel a kerékfelfüggesztésekhez kapcsolódnak. Kanyarban a rúd elcsavarodik, és a belső oldalon lévő kerekeket próbálja megemelni, de mivel ezt nem tudja, a kocsiszekrényt fogja leszorítani. Az első és hátsó futómű jobb és bal oldali összekötésével a bólintó mozgás is csökkenthető. Készíthető olyan stabilizátor is, ami minden esetben vízszintes helyzetben tartják a járművet, de ez már a magasságállítás témaköre.



7. ábra. stabilizátor<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Forrás: <http://www.auto.bme.hu/content/kerekek-rugozasa>

<sup>7</sup> Forrás: Dr. Lévai Zoltán: Gépjárművek szerkezetana

## KERÉKFELFÜGGESZTÉS

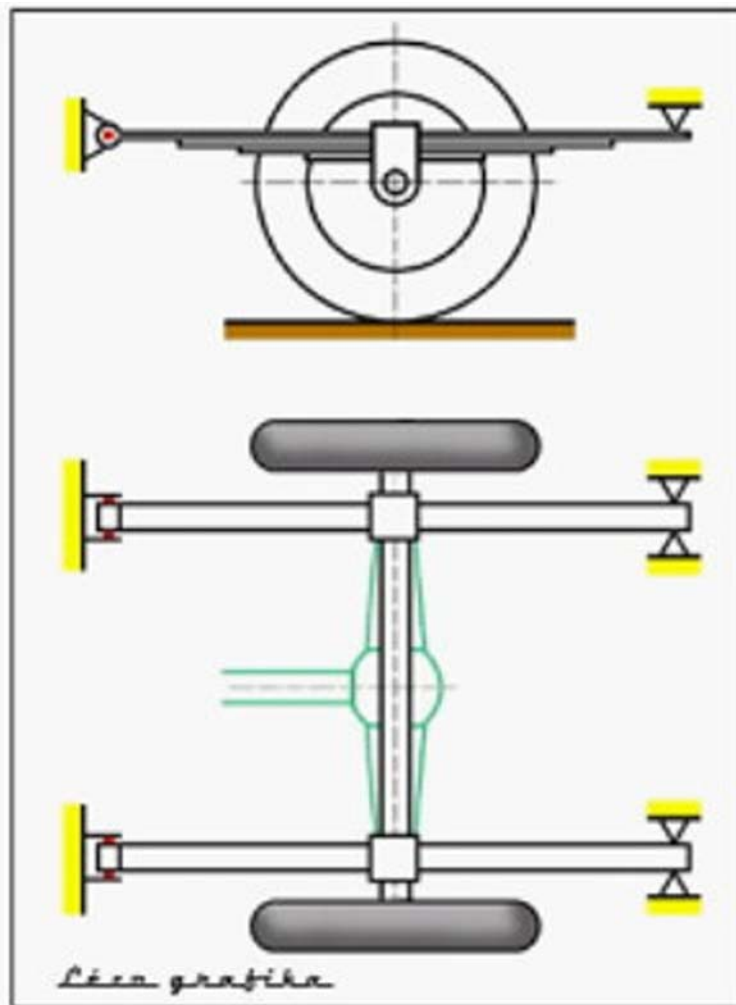
A járművekben a kerekeket és azok tengelyét nem lehet mereven a kocsitesthez rögzíteni, hanem rugalmas, de korlátozott elmozdulási lehetőséget kell adni. A kerékfelfüggesztésnek egyrészt viszonylagos és korlátozott elmozdulást, másrészt az elmozdulás irányába meghatározott jellegű erőhatást kell biztosítani. Az első a kerék vezetésének, a másodikat a kerék rugózásának kell megoldania. A laprugó képes mindkét feladatot ellátni, más esetekben az alkatrészek feladata szétválasztható.

A felfüggesztési rendszerek elvi felépítés szempontjából két nagy csoportba oszthatóak: kapcsolt és független felfüggesztési módok.

### Kapcsolt felfüggesztés

Ez a rész a haszonjármű felfüggesztésekre is érvényes, így ott nem tárgyaljuk külön. Merev tengelyes konstrukciónál a két kereket egy merev tengely kapcsolja össze egymással, és ez rugózik a karosszériához képest. Emiatt a kerékösszetartás és az utánfutás nem változik. Ha az egyik kerék akadályon gördül át, akkor az egész tengely ferde helyzetbe kerül, és a kerekek dőlésszöge megváltozik. A legelterjedtebb típusnál a hidat két laprugó köti a kocsitesthez. Ezek betöltik a kerékvezetés és a rugózás funkcióját.

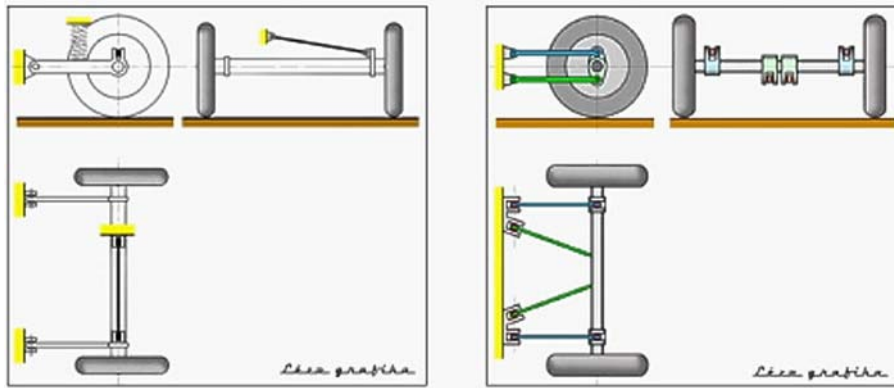




8. ábra. Laprugós merev tengely<sup>8</sup>

Egyéb kialakításoknál a két funkció szét van választva, a híd vezetését lengőkarok végzik. A rugókra semmilyen vezetési feladat nem hárul. Ezekbe a felfüggesztésekbe bármilyen rugó beépíthető. Az oldalvezető erőket Panhard-rúd veszi fel, melynek egyik vége a tengelyhez, a másik az autó aljához csatlakozik. Hajtott kerekek esetén a híd csőtengely, és a belsejében vannak az erőátvitelhez tartozó szerkezetek.

<sup>8</sup> Forrás: <http://www.auto.bme.hu/content/kerekek-felfuggesztes>



9. ábra. Panhard-rudas és négyrudas merev felfüggesztés<sup>9</sup>

A felfüggesztés előnyei az egyszerű és olcsó gyártás, kicsi a gumiabroncskopás, ívmenetben azonos marad az oldalvezető erő.

### Független kerékfelfüggesztés

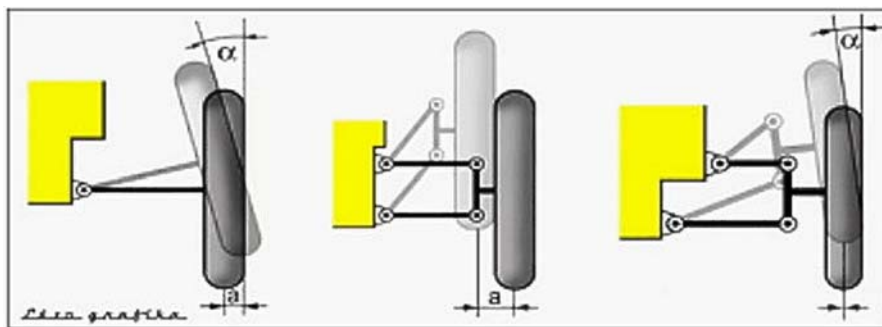
Független kerékfelfüggesztés esetén az valamennyi kerék a többitől elkülönülten mozog, és csökken a rugózatlan tömegek nagysága. Ha az egyik kerék akadályon gördül át, annak nincs hatása a másakra. A nem rugózott részek tömege kicsi.

Minden lengőkaros megoldásnak megvan az a hátránya, hogy a kerék, berugózás közben, nem önmagával párhuzamosan és nem egyenes vonal mentén mozdul el, mint a teleszkópos felfüggesztés. Ez kellemetlen lengésdinamikai jelenségek okozója lehet, mint a gyorsan forgó keréken berugózáskor fellépő pörgettyűhatás, vagy a kerék talppontjának vándorlása.

### Keresztlengőkaros kerékfelfüggesztés

A lengőmozgás tengelye a kocsitest hossz tengelyéhez képest merőleges. Általában egy vagy két lengőkart alkalmaznak. Egy lengőkar esetén lép fel a pörgettyűhatás. Ezen csuklós mechanizmussal lehet segíteni. A két lengőkarral kialakított felfüggesztés a két kar hosszúságától függően lehet paralelogrammás és trapézkaros. Az első változatban a két kar egyenlő hosszúságú, így a kerék síkja önmagával párhuzamosan mozog, azonban menet közben a nyomtávvaltozás fokozott gumikopáshoz vezet. Egenlőtlen karhosszúság esetén a kerék egy köríven mozog, és mivel síkjának dőlése nagy, fokozott pörgettyűhatással jár. Ebben az esetben a kerékdőlés és a nyomtáv is változik.

<sup>9</sup> Forrás: <http://www.auto.bme.hu/content/kerekek-felfuggesztes>

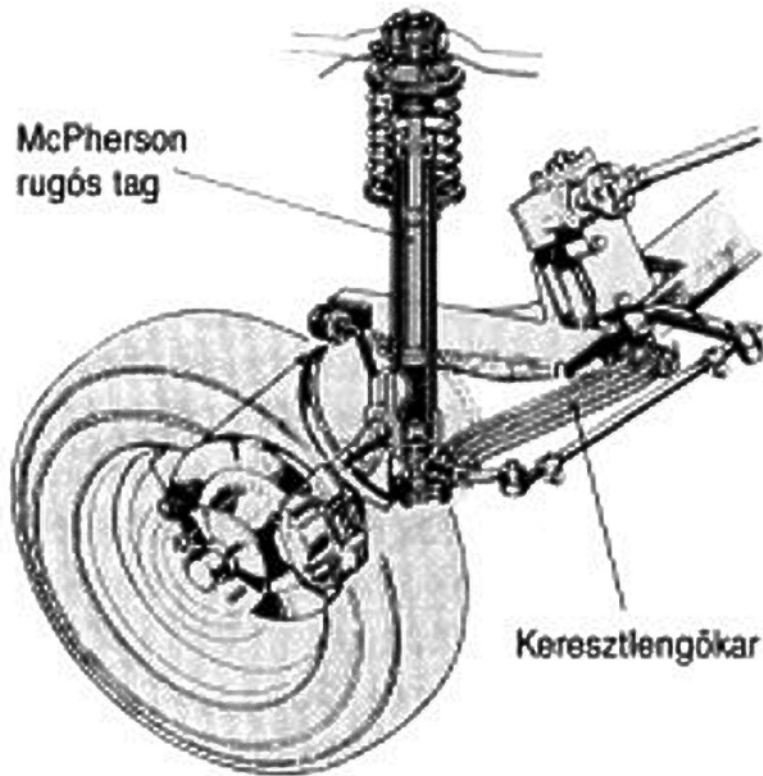


10. ábra. Keresztlengőkaros felfüggesztés kialakítási formái<sup>10</sup>

### McPherson-féle kerékfelfüggesztés

A McPherson-felfüggesztés egy speciális, egy keresztlengőkarral működő mellső felfüggesztés. A kettős keresztlengőkaros megoldás felső karját olyan lengéscsillapító csővel helyettesítették, melyre tengelycsont van rögzítve. A lengéscsillapító rögzítési pontja és a csövén lévő rugótányér között csavarrugó van. Kialakításának köszönhetően kiküszöböli a nyomtáv-változást és a kerékdőlést. Előnye a hagyományos keresztlengőkaros felfüggesztésekkel szemben, hogy a kocsitest a súlypont felett van felfüggesztve, és a lengőkar mentesül a függőleges terhelésektől. A rugó, a gumibroncs felfekvő felülete és a karosszéria az alátámasztás közötti egyenesbe esik, így a lengőkar terhelése kisebb. Gyártása gazdaságos, kicsi a helyszükséglete és kevés a felfüggesztőelemek száma. Hátránya, hogy a kerékvezetés geometriai hibái csökkennek, de teljesen nem szüntethetők meg.

<sup>10</sup> Forrás: <http://www.auto.bme.hu/content/kerekek-felfuggesztese>



11. ábra. McPherson felfüggesztés<sup>11</sup>

### Hosszlengőkaros kerékfelfüggesztés

A nyomtáv változásából eredő gumikopások megszüntetésére a keresztirányú lengőkarok helyett hosszirányúakat alkalmaznak. Az a tengely, ami körül a lengőmozgás történik, párhuzamos a kocsiest hossz tengelyével. A kettős keresztlengőkaros felfüggesztés a kerekeket hosszirányú paralelogramma mentén vezeti. Eközben sem a nyomtáv, sem a kerékdőlés, sem az utánfutás. Így különösen alkalmas kormányzott kerekekhez. A csőtengelyekben lévő torziós rudak végzik a rugózást. Az egy lengőkaros megoldást gyakran alkalmazzák elsőkerék-hajtású járművek hátsó tengelyeként, mivel a hátsó kerekek közötti csomagtér mélyebbre helyezhető.

### Egyéb független kerékfelfüggesztések

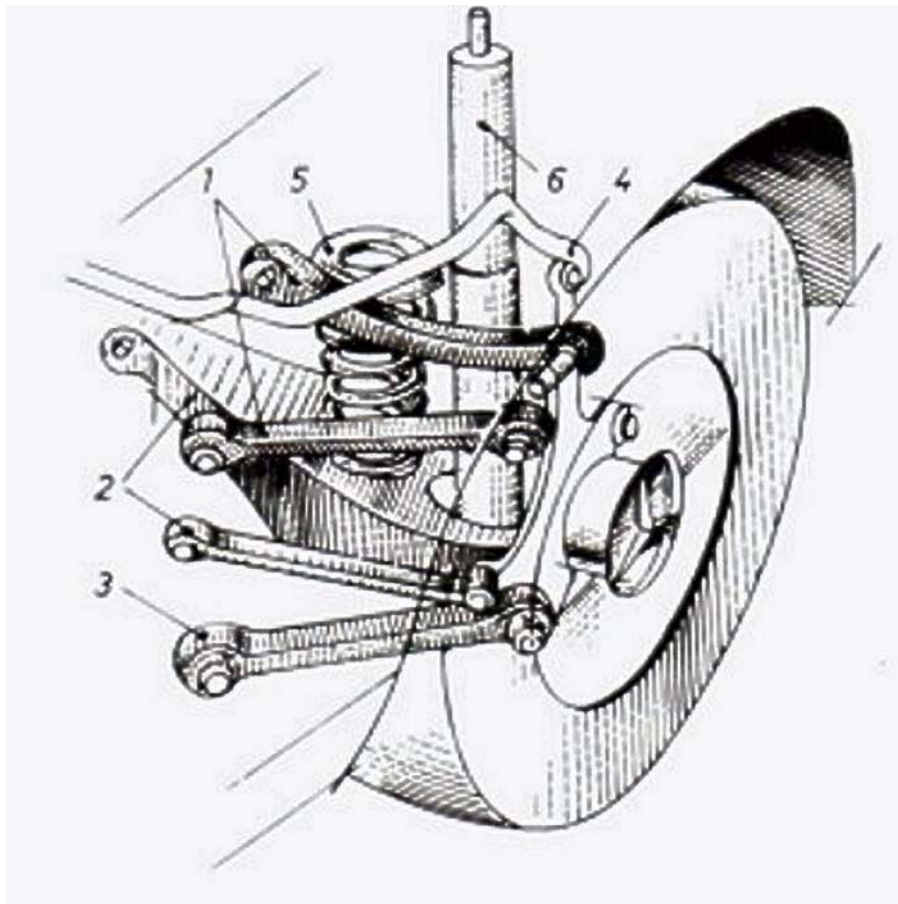
#### Lengőtengely

A lengőtengelyes megoldásnál a differenciálművet szilárdan az alvázkerethez rögzítik. A két hátsókerék-tengelyt egy-egy, a differenciálműtől jobbra és balra elhelyezett lengőcsuklóval hajtják. A kerékerőket a lengőcsuklók viszik át a járműre. A kerekek rugózásakor a kerékdőlés és a nyomtáv is változik.

<sup>11</sup> Forrás: [http://www.szakalmetal.eu/Eroatvitel\\_meghajtas/Futomu\\_Felfuggesztes.html](http://www.szakalmetal.eu/Eroatvitel_meghajtas/Futomu_Felfuggesztes.html)

### Öt lengőkaros kerékfelfüggesztés

Egyes hátsó tengelyeknél mindegyik kerék vezetését öt, térben elhelyezett lengőkar veszi át. Mindegyik húzó- és nyomóerőket vehet fel, és gumiágyazással csatlakozik a karosszériához csavarozott kerékszámolyhoz. A lengőkarok hosszúságának, helyzetének és irányának megválasztásával a hosszirányú, valamint a harántirányú erők fellépésekor a kerék helyzet úgy vezérelhető, hogy csak kis irányítási hibák és mozgások adódhatnak.

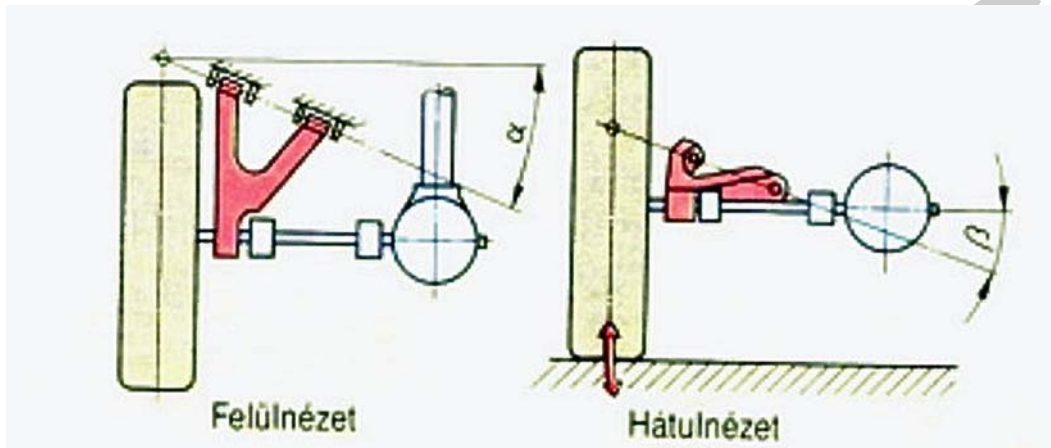


12. ábra. 5 lengőkaros felfüggesztés: 1-4 lengőkarok, 5 rugó, 6 lengéscsillapító<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Forrás: Bohner...Zwicker Gépjárműszerkezetek Műszaki Könyvkiadó

### Ferde lengőkaros kerékfelfüggesztés

A ferde lengőkaros tengelyek a hosszlengőkaros és a csuklós lengőtengelyek előnyeit egyesítik. A ferde helyzetű lengőkarok olyan háromszögek, amelyek két felfüggesztő ágyazásának forgástengelye a jármű harántirányú tengelyével  $\alpha=10\ldots 20^\circ$ -os szöget zár be, és vízszintes vagy enyhén a jármű közepe felé hajlik ( $\beta$ ). A lengőkarok ágyazása kereten van, ami gumielemelekkel csatlakozik a karosszériához. A kerékösszetartás és -dőlés változása független a lengőkarok ferdeségétől és hajlásszögétől.



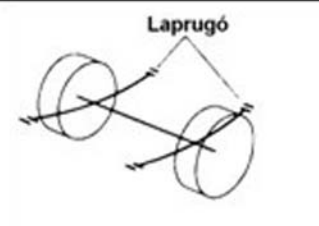

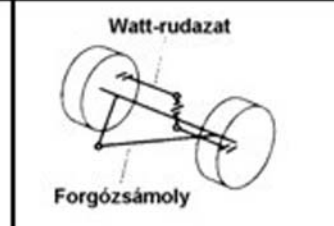
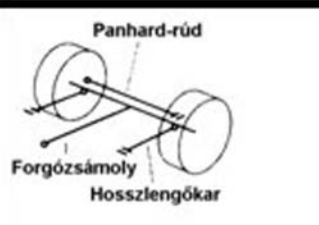
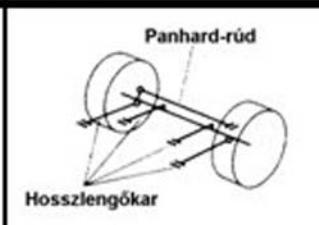
13. ábra. ferde lengőkaros felfüggesztés<sup>13</sup>

### 3500 KILOGRAMM ALATTI ÖSSZGÖRDÜLŐ SÚLYÚ JÁRMŰVEK KERÉKFELFÜGGESZTÉSI RENDSZEREI

A kerékfelfüggesztési rendszerek esetében különbséget kell tenni az első és a hátsó tengely konstrukciós megoldásai között, valamint figyelembe kell venni azt is, hogy hajtott kerék felfüggesztéséről van-e szó. A megoldások ezen túlmenően lehetnek merevtengelyes, illetve egyedi (független) és kapcsolt kerékfelfüggesztések.

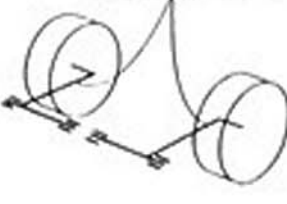




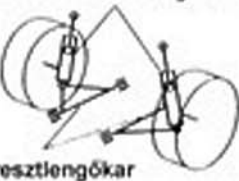
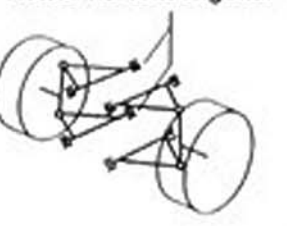

A 14., 15., 16. ábra az egyes kiviteli változatokat csoportosítja.

<sup>13</sup> Forrás: Bohner...Zwicker Gépjárműszerkezetek Műszaki Könyvkiadó

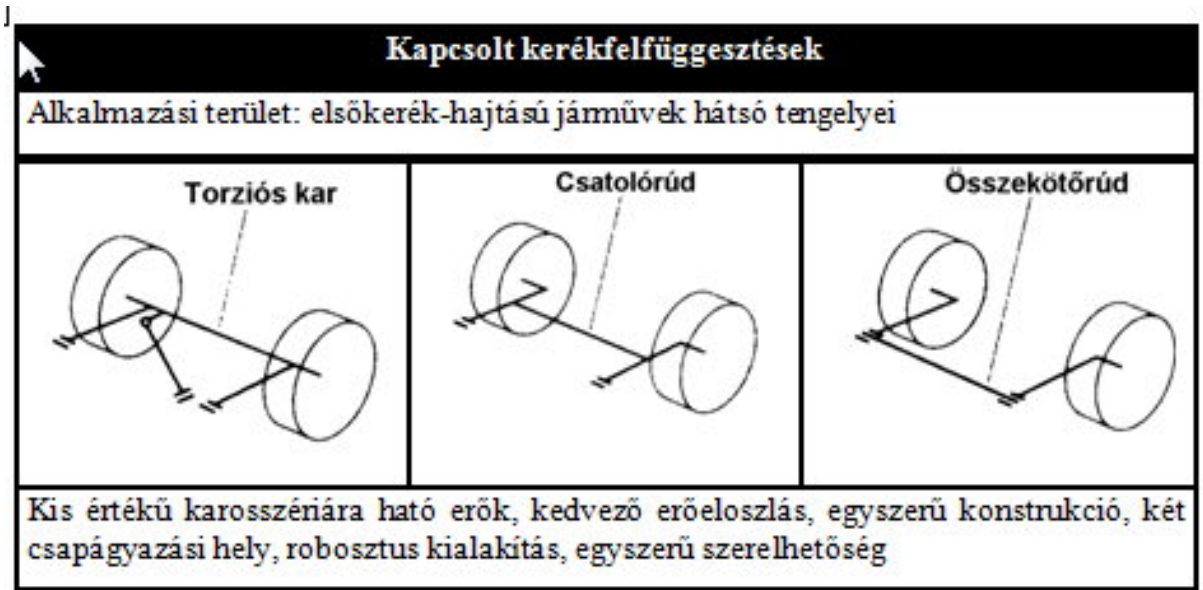
<p><b>Merevtengelyes kerékfelfüggesztések</b></p>		
<p>Alkalmazási terület: hátsókerék-hajtású járműveknél hátsó tengelyek, terepjáróknál (összkerék-hajtás) és haszonjárműveknél első és hátsó tengelyek esetén</p> <p>A nyomtáv, a kerékösszetartás és a kerékdőlés állandó értékű</p>		
 <p>Laprugó</p>	 <p>Háromszög-alakú lengőkar</p> <p>Hosszlengőkar</p>	 <p>Watt-rudazat</p> <p>Forgósámoly</p>
<p>Alacsony gyártási költségek, nagy rugózatlan tömeg, oldalerő és -nyomaték esetén kedvezőtlen deformáció</p>	<p>Nincs oldalirányú felépítménymozgás rugózáskor, nagy helyigény, nem jön létre kedvezőtlen kerékállás a lengőkarok miatt, magas tömeg és ár, szabadon választható bólintási középpont</p>	<p>Nincs oldalirányú felépítménymozgás rugózáskor, nagy helyigény, nem jön létre kedvezőtlen kerékállás a lengőkarok miatt</p>
 <p>Panhard-rúd</p> <p>Forgósámoly</p> <p>Hosszlengőkar</p>	 <p>Panhard-rúd</p> <p>Hosszlengőkar</p>	
<p>Rugózáskor oldalirányú felépítménymozgás is létrejön a Panhard-rúd miatt, nagy helyigény, nem jön létre kedvezőtlen kerékállás a lengőkarok miatt</p>	<p>Nincs oldalirányú felépítménymozgás rugózáskor, nagy helyigény, nem jön létre kedvezőtlen kerékállás a lengőkarok miatt, szabadon választható bólintási középpont</p>	

14. ábra. merevtengelyes kerékfelfüggesztések<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Saját szerkesztés

<b>Egyedi kerékelfüggesztések</b>		
Alkalmazási terület: első- és hátsókerék-hajtású járművek hátsó tengelyei		
<b>Hosszlengőkarok</b> 	<b>Hosszlengőkarok</b> 	<b>Hosszlengőkarok</b> 
<p>Kis helyigény, alacsony költségek, korlátozott kinematikai lehetőségek, kerékdőlés- és utánfutás-változás, nagy igénybevétel</p>	<p>Olcsó ár, kedvező kinematikai lehetőségek, kinematikailag kedvezőtlen, nagy kormányzási erő-igény</p>	<p>Olcsó ár, korlátozott kinematikai lehetőségek, ívmenetben a felépítmény felé mozdul</p>
<b>Lengőkarok</b> 	<b>Lengőkar</b> 	
<p>Olcsó ár, korlátozott kinematikai lehetőségek, ívmenetben a felépítmény felé mozdul</p>	<p>Olcsó ár, korlátozott kinematikai lehetőségek, ívmenetben a felépítmény felé mozdul</p>	
Alkalmazási terület: első- és hátsókerék-hajtású járművek első és hátsó tengelyei		Alkalmazási terület: első- és hátsókerék-hajtású járművek első tengelyei
<b>Mc Pherson-rugóláb</b>  <b>Keresztlengőkar</b>	<b>Kettős keresztlengőkar</b> 	<b>Hossz- és keresztlengőkar</b> 
<p>Kis helyigény, kis karoszériára ható erők, kevés csukló, jó szerelhetőség, kis tömeg</p>	<p>Kinematikailag magas szabadságfok, drága (a sok csukló miatt), merev csapágyazási igény</p>	



15. ábra. egyedi kerékfelfüggesztések<sup>15</sup>16. ábra. kapcsolt kerékfelfüggesztések<sup>16</sup>

A kerékfelfüggesztési rendszerek esetében több tényező is befolyásolja, hogy mi kerül beépítésre egy adott járműbe. Alapvető konstrukciót befolyásoló tényezők az alábbiak:

- kormányzott első tengelyről vagy hátsó tengelyről,
- hajtott, illetve nem hajtott tengelyről,
- merevtengelyes vagy független-felfüggesztéses konstrukcióról

van-e szó.

A merevtengelyes felfüggesztés esetén figyelembe kell venni azt a tényt, hogy rugózáskor a teljes tengelytest elmozdul, így felette elegendő helynek kell rendelkezésre állnia. Hátul ez pl. a csomagtartó méretét csökkenti, míg elől a motorbeépítés szempontjából okoz nehézségeket. Emiatt merev első tengely kialakítással csupán haszonjárművek és összkerekhajtású személygépkocsik esetében találkozhatunk.

### Független kerékfelfüggesztési rendszerek

Az egyedi kerékfelfüggesztési rendszerek előnyei az alábbiak:

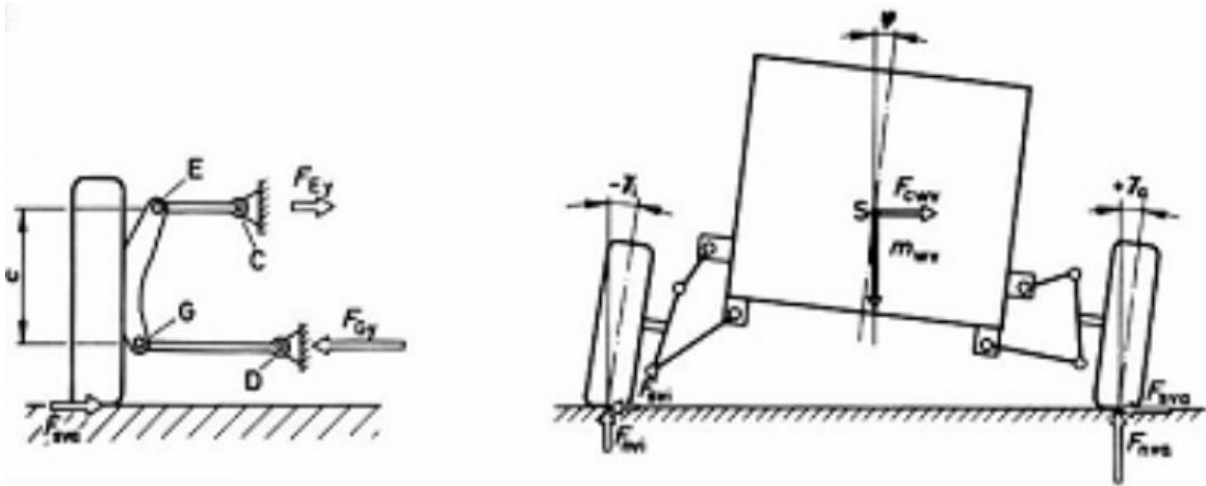
- kis helyigény,
- a kinematikai kerékösszetartás-változás az alulkormányozottság irányába hat,
- hajtott tengely esetében is könnyű kormányozhatóság,
- kis tömeg,

<sup>15</sup> Saját szerkesztés

<sup>16</sup> Saját szerkesztés

- a kétoldali kerekek nem hatnak egymásra.

A 17. ábra független kerékfelfüggesztési rendszerek néhány konstrukciós sajátosságát világítja meg. Az ábra baloldali része az ívmenetben a karosszériára ható reakcióerőket jelöli. A reakcióerők csökkentése érdekében a „c” távolságot a lehető legnagyobbra kell választani. Ezzel elérhető ugyanis a szerkezeti elemek terhelésének csökkentése.



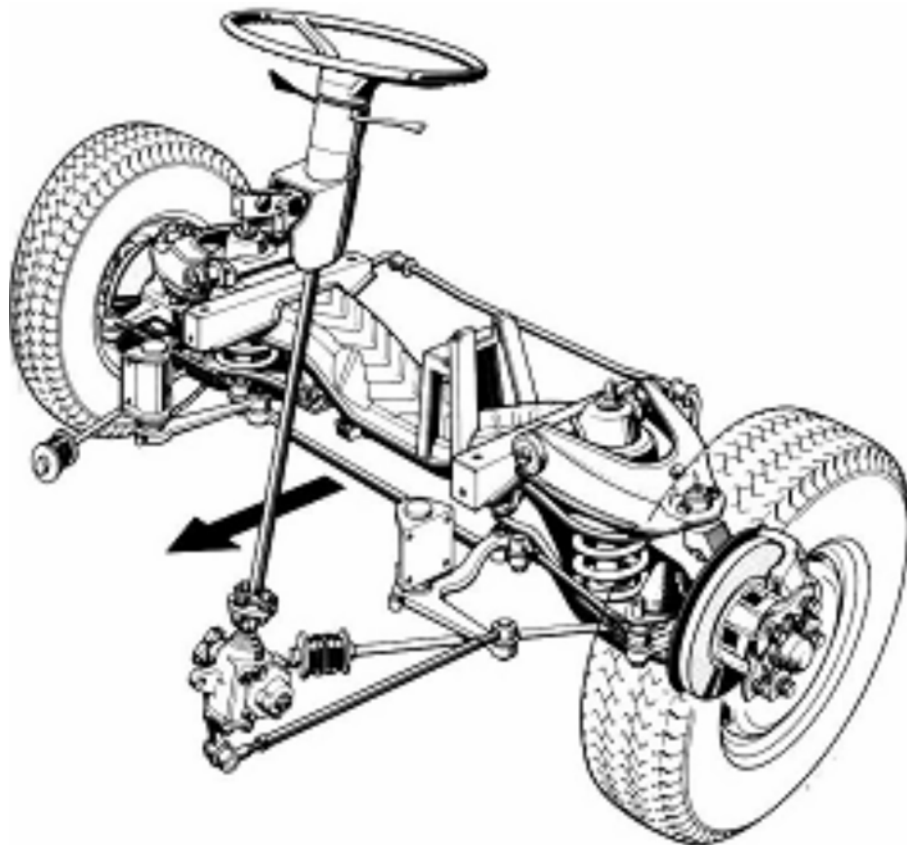
17. ábra. Az egyedi kerékfelfüggesztések reakcióerői és ívmeneti viselkedése

A 17. ábra a kerékdőlési szögek ívmeneti változását mutatja. A kinematikai kerékdőlés változást úgy kell alakítani, hogy az az oldalvezető erő csökkenését kompenzálja. Az ugyanis arra mutat rá, hogy ívmenetben a külső kerékdőlése pozitív, míg a belsőé negatív lesz. Ívmenetben a felépítmény billenését a lehető legkisebb szinten kell tartani. Ez főként az alábbi tényezőkkel befolyásolható:

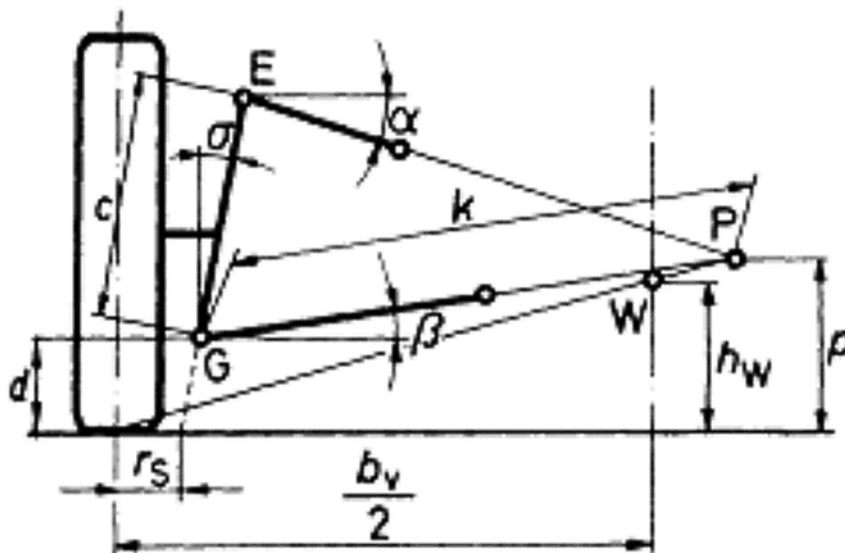
- keményebb rugózás,
- stabilizátorok,
- magasan elhelyezkedő billenési középpont.

Kettős kereszt-lengőkaros kerékfelfüggesztés

Ez a konstrukció oldalanként két-két keresztben beépített lengőkarból áll (18. ábra), amelyek az alvázon, illetve a felépítményen vannak elforgathatóan csapágyazva. Amennyiben a beépítés az első tengelynél történik, a kerék elfordíthatóságát golyócsapokkal oldják meg.



18. ábra. kettős kereszt-lengőkaros független kerékfelfüggesztés



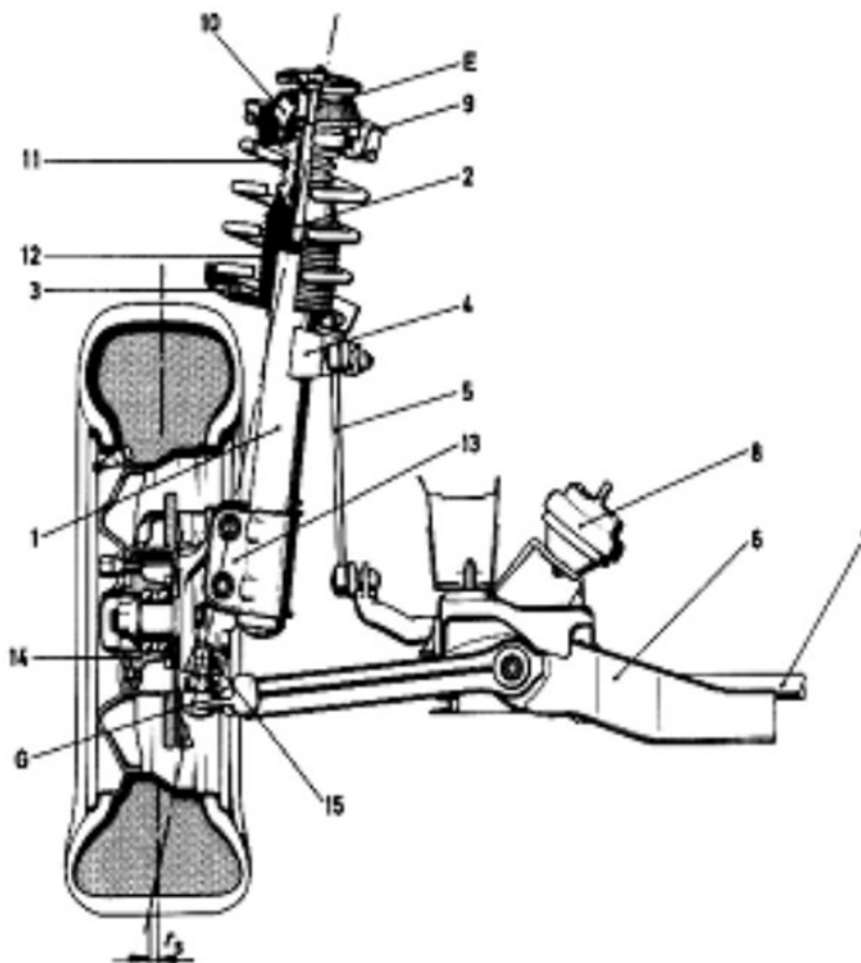
19. ábra. kettős keresztlengőkaros független kerékfelfüggesztés konstrukciós jellemzői

A konstrukció fő előnye, hogy a lengőkarok egymáshoz viszonyított helyzete révén a billenési középpont magassága befolyásolható (20. ábra  $\alpha$  és  $\beta$  szögek). További előny, hogy a lengőkarok hosszával és beépítési szögével a kerékdőlés és a kerékösszetartás változás ki- és berugózás esetén befolyásolható.

Rövidebb felső lengőkar esetén a berugózó kerék dőlése negatív lesz, míg a kirugózóé pozitív, ami a felépítmény dőléséből fakadó kerékdőlés változás ellen hat (18. ábra).

#### Mc Pherson kerékfelfüggesztés

A Mc Pherson kerékfelfüggesztés a kettős kereszt-lengőkaros kerékfelfüggesztés továbbfejlesztett változata. A felső lengőkart a karosszériában kialakított toronyban rögzített lengéscsillapító helyettesíti (20. ábra). Ez a pont tart ellen valamennyi irányban a fellépő erőket. Az igénybevétel a lengéscsillapító dugattyúrúdjának hajlító igénybevételét is eredményezi. Az ebből fakadó kerékdőlés- és utánfutás-változások elkerülése érdekében a dugattyúrúd átmérőjének minimálisan 18 mm-nek kell lennie.

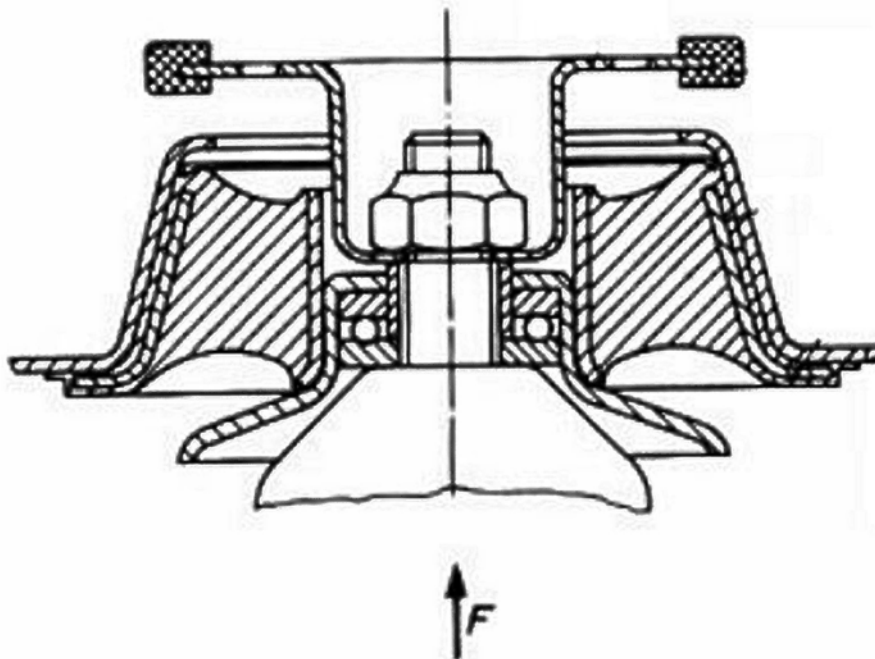


20. ábra. Mc Pherson kerékfelfüggesztés ( 1. hordozócső, 2. dugattyúrúd, 3. alsó rugótányér, 4. tartó, 5. stabilizátorrúd, 6. segédkeret, 7. stabilizátor, 8. motortartó bak, 9. felső rugótányér, 10. támcsapágó, 11. kiegészítő rugó, 12. védógumi, 13. kengyel, 14. kerékagy, 15. biztosító csavar)

A Mc Pherson kerékfelfüggesztés fő előnye, hogy egyetlen szerkezeti egységben egyesíti a rugózáshoz és a kerékmegvezetéshez szükséges elemeket.

További előnyök:

- kisebbek a rögzítő-pontokban ébredő reakcióerők a nagyobb „c” távolság miatt,
- hosszú rugóút,
- három csapágyazási hely megszűnése,
- az első ütközési zóna kedvezőbb kialakítási lehetősége,
- kis oldalirányú helyigény, emiatt a szélesebb motortér kedvezőbb lehetőséget nyújt a keresztirányú motorbeépítéshez.
- A jelentős számú előny csökkenti az elkerülhetetlen hátrányok hatásait. A hátrányos tulajdonságok:
  - kedvezőtlen kinematikai tulajdonságok (kerékösszetartás és kerékdőlés változás),
  - erő- és lengés-bevezetés a jármű első részébe,
  - nehéz az útzajok kiszűrése,
  - a nyomtávrúd-erők bevezetése a rugó láb közepébe kedvezőtlen - járulékos kormányzási rugalmasság,
  - az első tengely érzékenyebb a kerék-ki egyensúlyozatlanságokra,
  - kevés hely a gumibroncs és a lengéscsillapító között (hólánccal, szélesebb abroncsok nehezen szerelhetők fel).



21. ábra. VW Mc Pherson támcsapágó

Az 21. ábra a VW Golf illetve Vento támcsapágóját mutatja. Axiális golyóscsapágó, amely a rugó láb forgómozgását veszi fel. A beépített gumieleme feladata a zajcsillapítás.

A Mc Pherson kerékfelfüggesztések főként a mellső tengelyek esetében terjedtek el, de hátsó felfüggesztésként is alkalmazzák őket a fronthajtásos járműveknél (23. ábra).

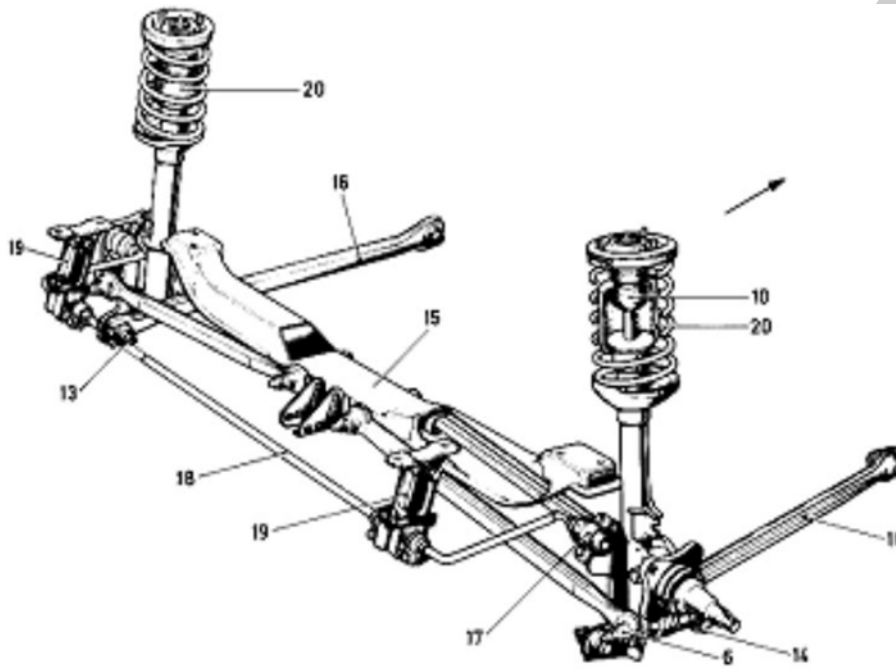
Ebben az esetben az alábbi előnyökkel számolhatunk:

nincs szükség támcsapágyra,

hosszabb keresztlengőkarok építhetők be, ami kedvezően befolyásolja a dinamikus kerékösszetartás és kerékdőlés változást,

a csomagter mélyebbre és szélesebbre építhető.

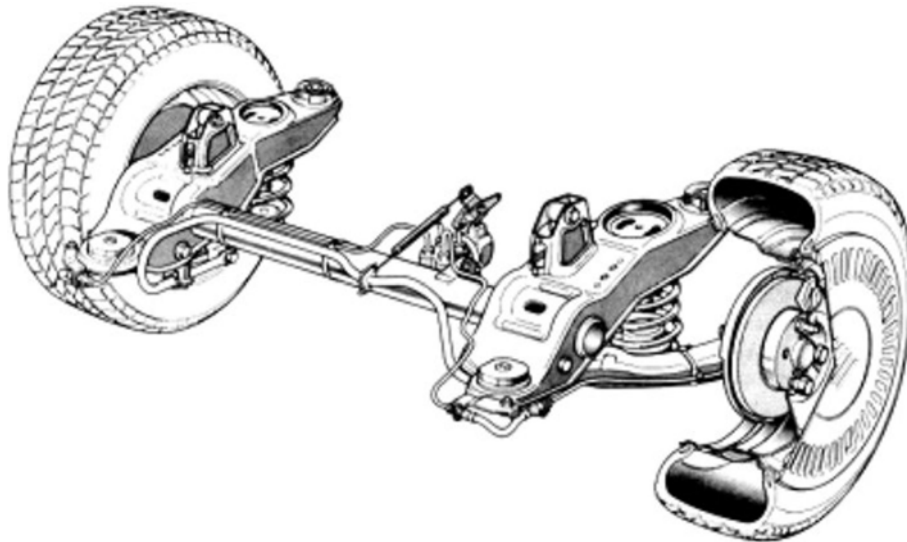
A megfelelő egyenesmeneti tulajdonságok érdekében a 6 és 14 pontok távolságát nagyra kell választani.



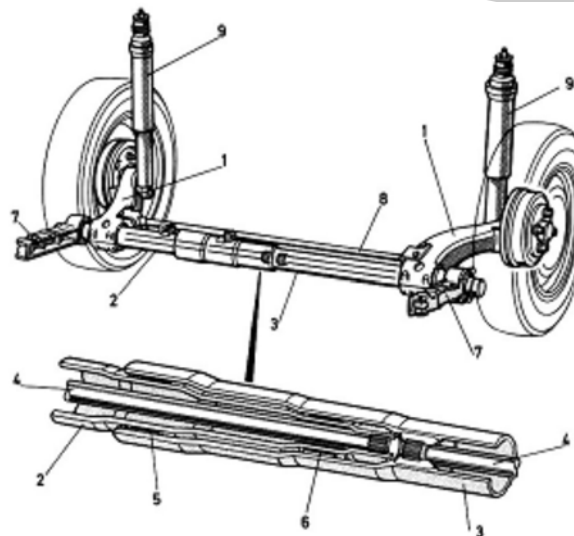
22. ábra. Mc Pherson hátsókerék-felfüggesztés (Lancia Delta)

### Hosszlengőkaros hátsókerék-felfüggesztés

Ez a kerékfelfüggesztés oldalanként egy hosszlengőkart tartalmaz, amely elforgathatóan a felépítményhez van rögzítve.



23. ábra. Hosszlengőkaros hátsókerék-felfüggesztés (Fiat Tempra)

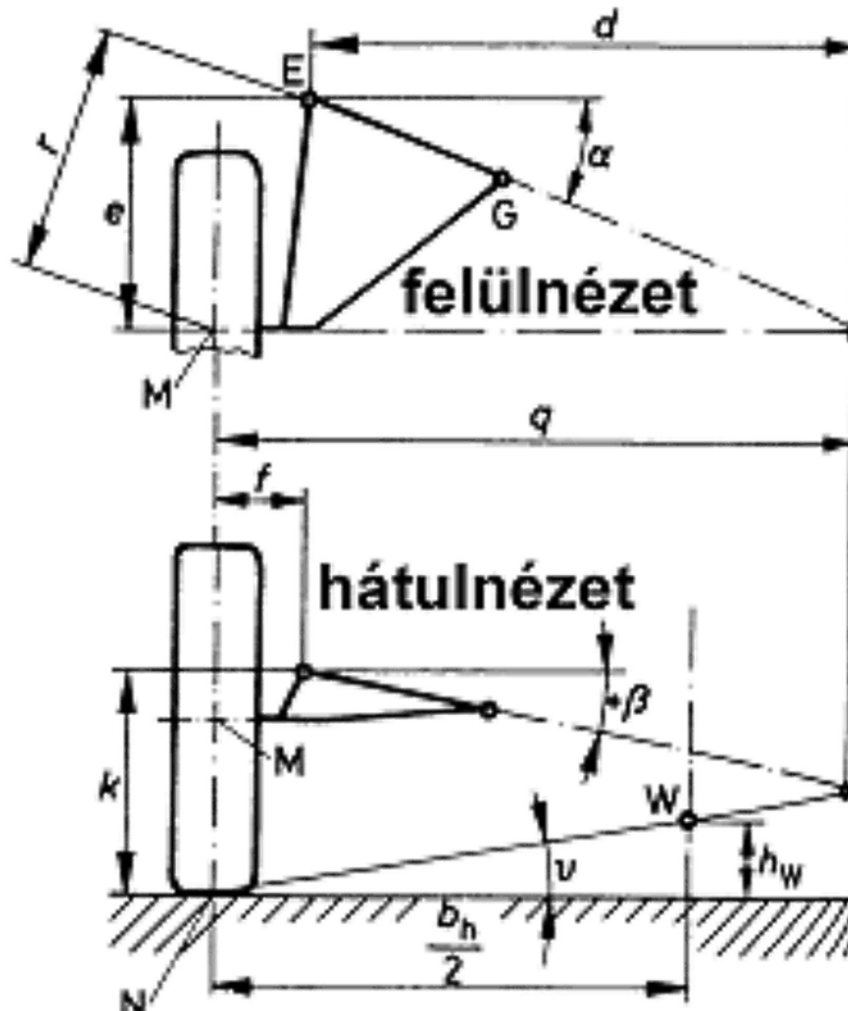


24. ábra. Hosszlengőkaros hátsókerék-felfüggesztés (Renault, (1 öntött hosszlengőkar, 2 vezetőcső, 3 vezetőcső, 4 torziós rugó, 5 csapágy, 6 csapágy, 7 tartókar, 8 stabilizátor, 9 lengéscsillapító)

A hosszlengőkarnak valamennyi irányban fel kell vennie az erőket, így egyaránt nagy a csavarási és a hajlítási igénybevétele is. Ez a kerékfelfüggesztési mód viszonylag egyszerű konstrukció, így a fronthajtású járműveknél előszeretettel alkalmazzák. További előnye, hogy a karosszéria alsó része sík felületként alakítható ki és tüzelőanyag-tartály, valamint a pótkerék a lengőkarok között elhelyezhető. Amennyiben a lengőkarok forgáspontjai párhuzamosak a talajjal, nem lép fel nyomtáv, kerékösszetartás és kerékdőlés változás. A tengelytávolság azonban kis mértékben változik. A 24. ábra torziós rugós kialakítást mutat.

Ferde lengőkaros hátsókerék-felfüggesztés

Ez tulajdonképpen olyan hosszlevegőkaros kialakítás, ahol a levegőkar forgástengelye felülnézetben nézve  $\alpha = 10 \dots 25^\circ$ -os szöget zár be. Ehhez hozzájön még hátulnézetben egy  $\beta \leq 5^\circ$ -os hajlásszög.

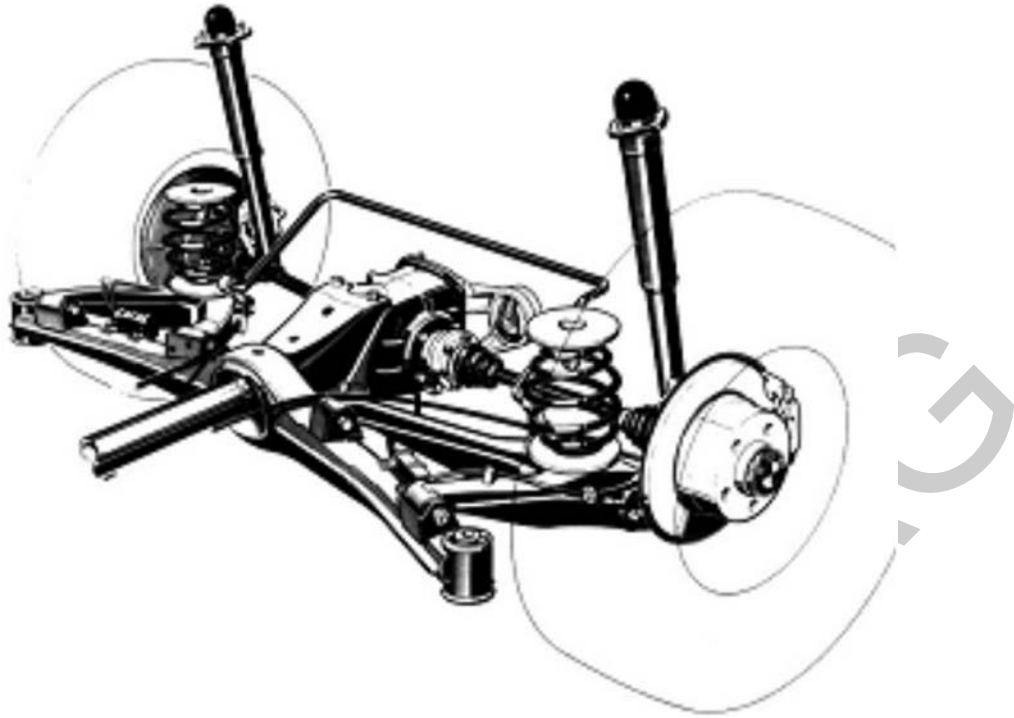


25. ábra. A ferde levegőkarok beépítési jellemzői

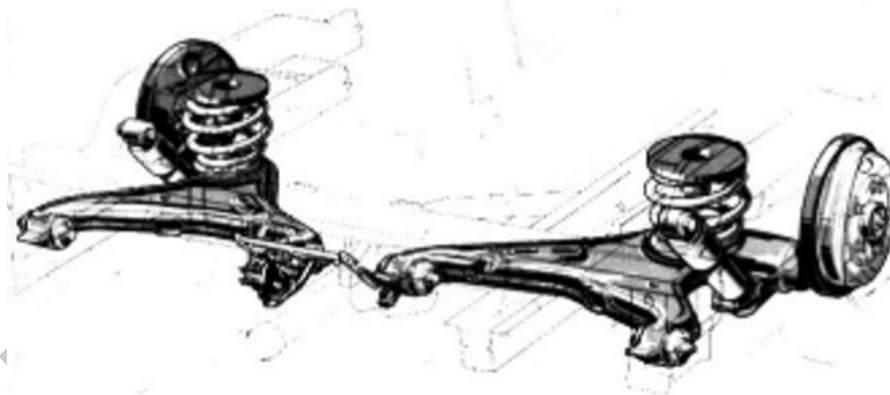
Az alábbi ábrák konstrukciós példákat mutatnak. A BMW 3-as sorozat hátsó futóművét szemlélteti. A levegőkarok ebben az esetben egy keresztartón vannak megfogatva, amely a tengelyhajtás házával képez egy egységet, amelyet a felépítménnyel három rugalmas csapágy köti össze.

A VW Transporter futóműve alacsony építésű ferde levegőkaros megoldás, amely akár az összkerékajtásra is alkalmas. A kialakítás sík rakodóteret tesz lehetővé.





26. ábra. ferde lengőkaros hátsó felfüggesztés (BMW)



27. ábra. ferde lengőkaros hátsó felfüggesztés (VW Transporter)

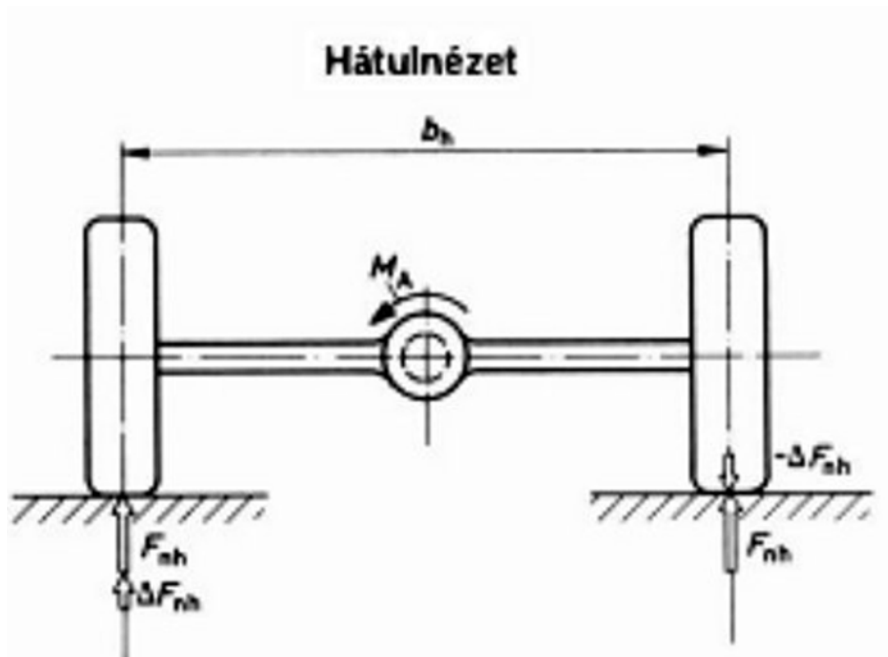
#### Merevtengelyes kerékfelfüggesztési rendszerek

A merevtengelyes kerékfelfüggesztések esetében is az előnyök és a hátrányok számba vételével kell kezdeni.

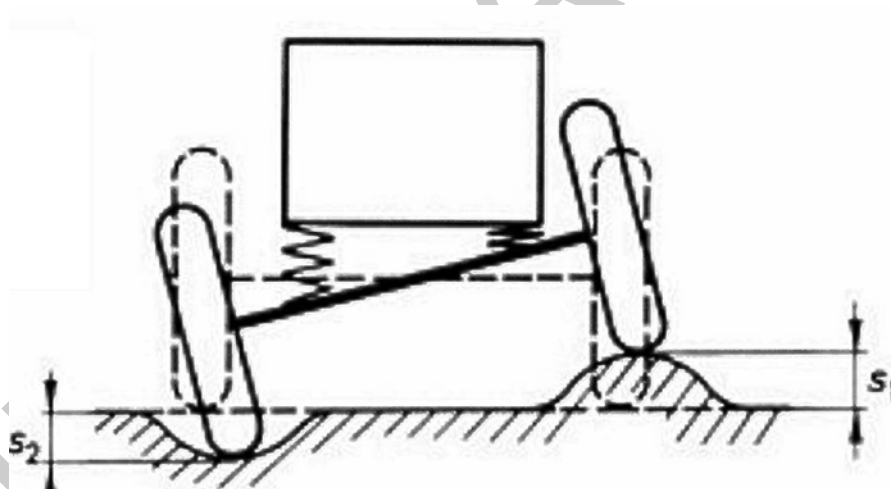
A kialakítás hátrányai:

- nagy tömeg, különösen ha a differenciálmű is a tengelytestbe van beépítve,
- a kétoldali kerekek elmozdulása nem választható szét egymástól ki-, illetve berugózáskor,
- a tengely felett, a berugózás miatt, jelentős a helyigény,

- a hajtásból fakadó kerékterhelés-változás, különösen ikerabroncsoknál,



28. ábra. A motor hajtó nyomatéka ( $M_A$ ) által a kerekeken keltett reakcióerő



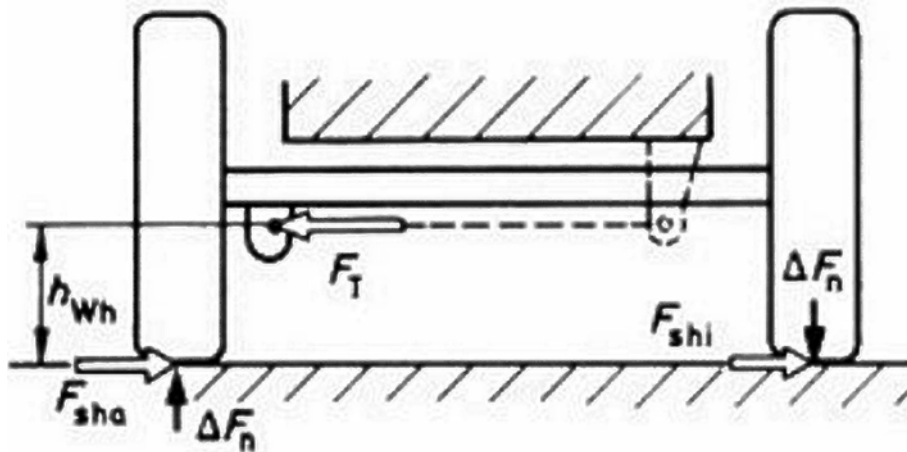
29. ábra. Merev híd elmozdulása

Az 28. ábra által szemléltetett módon, amennyiben a differenciálmű a tengelytestbe van beépítve, akkor a motor hajtó nyomatéka ( $M_A$ ) a kerekeken reakcióerőt hoz létre. Eszerint tehát a baloldali kerék terhelése  $\Delta F_{nh}$  értékkel nő, míg a jobboldalié ugyanennyivel csökken. Egy jobbkanyarban tehát ennyivel előbb következhet be a jobboldali kerék kipörgése és a jármű hátsó részének kifarolása.

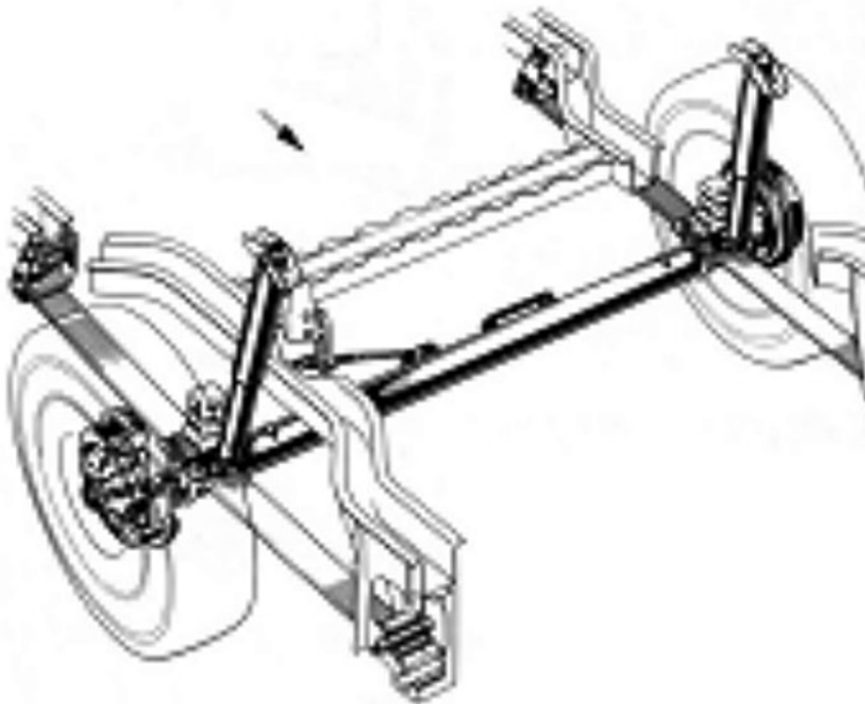
Természetesen ennek a konstrukciónak is vannak előnyei:

- egyszerű és olcsó gyártás,

- ki- és berugózáskor nem kell kerékösszetartás-, kerékdőlés- és nyomtáv-változással számolni,
- kisebb gumiabroncskopás jellemzi,
- ívmenetben a felépítmény billenésekor nem változik meg a kerék dőlése, így azonos marad az oldalvezető erő,
- az oldalerők felvételére megfelelő egy szinte bármilyen magasságban elhelyezhető Panhard-rúd (30. ábra).



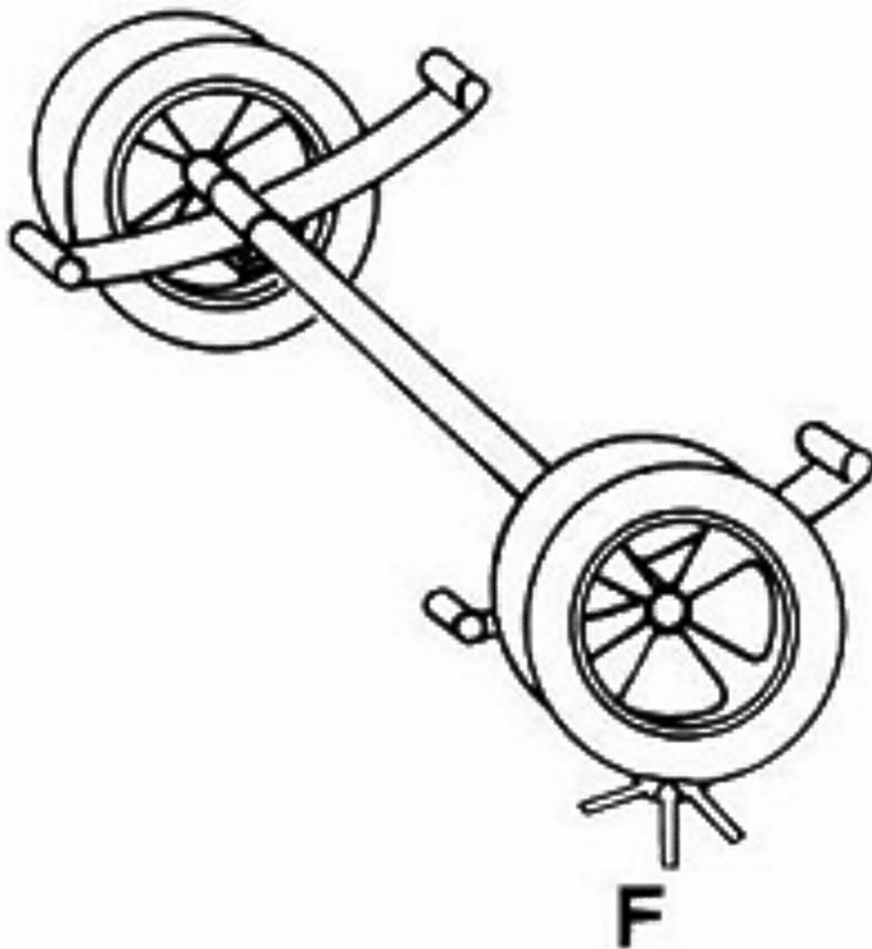
30. ábra. oldalerők felvétele Panhard rúddal



31. ábra. Ford haszonjármű laprugós hátsó felfüggesztés

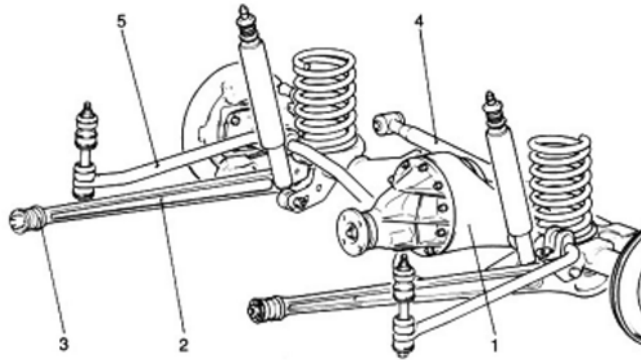
A merevtengelyes kerékfelfüggesztés többféleképpen csatlakozhat a felépítményhez. Gyakori például a laprugók alkalmazása (31. ábra). Ebben az esetben az egy rugólapból álló laprugó megvezeti a tengelyt és négy ponton megtámasztja a felépítményt.

A lengéscsillapítók a jó helykihasználás miatt függőlegesen vannak beépítve, mellettük pedig gumi pótrugókat helyeztek el. A laprugó előnye, hogy mindhárom irányban képes erő felvételére (32. ábra).



32. ábra. a laprugó erőfelvétele

A 33. ábra a tekercsrugós kialakításra mutat példát. A Mitsubishi Pajero merevtengelyes hátsó futóművénél a jó helykihasználás érdekében csaknem függőleges lengéscsillapító-beépítéssel találkozhatunk. A merev tengelytestet hosszlengőkarok vezetik meg.



33. ábra. a Mitsubishi Pajero merevtengelyes hátsó felfüggesztése (1 tengelytest, 2 hosszlengőkar, 3 szilentblokk, 4 Panhard-rúd, 5 stabilizátor)

### 3. LENGÉSCSILLAPÍTÁS, LENGÉSCSILLAPÍTÓK

A lengéscsillapító feladata a talperő-stabilitás biztosítása, azaz nagyobb értékű függőleges kerékmozdulásoknál a talpponti terhelésingadozás csökkentése. Emellett lengéskényelmi szempontból is fontos szerepe van.

A legkellemetlenebb lengést az önfrekvenciával megegyező gyakorisággal ismétlődő egyenetlenségek vagy pl. a kerék kiegyensúlyozatlanságából adódó erőhatások válthatják ki.

A kerék lengése közben – a gumiabroncs rugalmassága miatt – változik a gumiabroncs gördülési sugara is.

Az emberi szervezet lengésérzékenysége frekvenciafüggő: 15 és 18 Hz között lengést érzékelünk, 18 Hz felett a bőrfelület rezgést érzékel. Az emberi szervezet különösen azokra a frekvenciákra érzékeny, amelyeknél egyes testrészei rezonanciába jönnek, tehát ezeket kerülni kell.

Az emberi testrészek rezonancia frekvenciái:

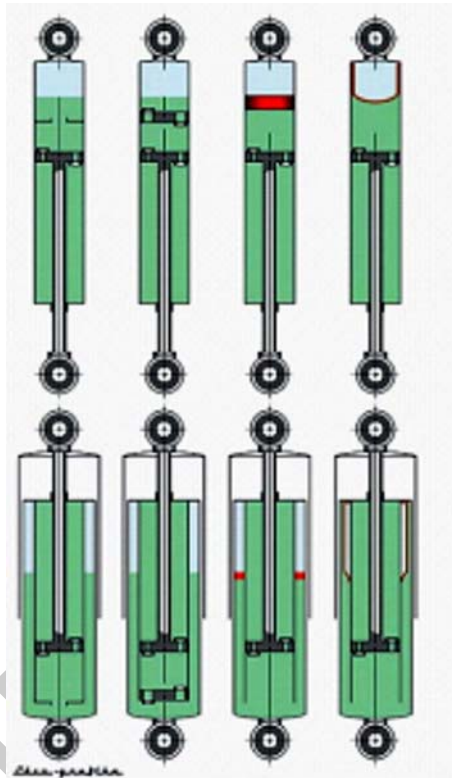
- Fej: 1,8 ... 2,0 Hz és 20 Hz
- Mell: 4,5 ... 5,0 Hz

A lengéscsillapítók a lengés során fellépő mozgási energiát alakítják át hőenergiává, általában súrlódással. Ennek a súrlódásnak, illetve a súrlódási erőnek (F) a nagysága gyakorlatilag állandó, nem függ a lengés sebességétől

A mai lengéscsillapítók általában folyadéksúrlódást alkalmaznak, mivel ez esetben könnyen lehet befolyásolni a súrlódás mértékét és alakulását. A folyadéksúrlódásos lengéscsillapítóknak nem csak az az előnyük, hogy majdnem tetszőlegesen alakíthatjuk a karakterisztikájukat, hanem az is, hogy – szemben a Coulomb-súrlódáson alapulókkal – működésük nem szimmetrikus. Ugyanis kívánatos, hogy berugózáskor kisebb erőt fejtsenek ki, mint kirugózáskor.

Korábban igen sokféle konstrukció volt forgalomban (karral mozgatott párhuzamosan vagy egymás mögött elhelyezett dugattyúk stb.), ma már gyakorlatilag csak a csöves lengéscsillapítókat alkalmazzák.

Tekintettel arra, hogy lengés közben meglehetősen hevesen mozgatja a dugattyú a folyadékot, az – a levegővel keveredve – könnyen habosodhat, ami hatástalanná teszi a szerkezetet. A habosodás meggátlására többféle megoldás született, a következő ábrán négy félet mutatunk be:



34. ábra. Lengéscsillapítók habosodás gátlása<sup>17</sup>

Az első megoldás lényege az, hogy a folyadékot egy kapuval két részre osztják, amin keresztül a habosodó rész nem jut át. A második annyiban különbözik ettől, hogy a kapura könnyen nyíló „ajtókat”, szelepeket szereltek, melyek nagy átmérőjű furatokat zárnak oda-vissza, így az nem vesz részt a fojtásban. A harmadik szerkezetben fizikailag (szabadon mozgó dugattyúval) van elválasztva egymástól a két közeg. A negyedik megoldás pedig gumiba zárja a levegőt (gázt).

Az ábra azt is mutatja, hogy a csöves lengéscsillapítóknak két fő jellegzetes kialakítása lehetséges: egycsőű (felső sor) vagy kétcsőű (alsó sor). Az egycsőű előnye, hogy a folyadék nagyobb felületen tudja átadni a hőt a levegőnek (kevésbé melegszik), a kétcsőű viszont rövidebb, könnyebben beépíthető.

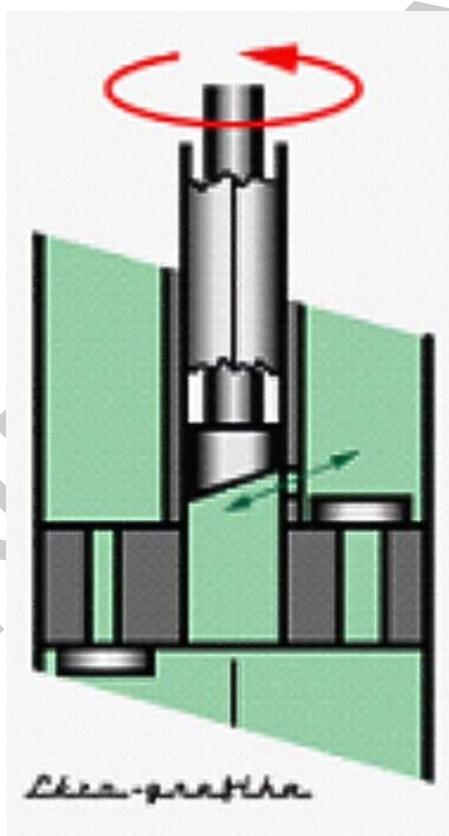
<sup>17</sup> Forrás: auto.bme.hu

A habosodásgátlás módja mindkét esetben azonos.

Az asszimetrikus működésről az gondoskodik, hogy a dugattyúba épített, szelepekkel ellátott fojtófuratok mérete nem egyforma: a lefelé haladó dugattyú nagyobb keresztmetszeten nyomja át a folyadékot, mint a felfelé haladó.

A fojtónyílás méretét a régebbi konstrukcióknál nem lehetett változtatni, illetve azok (a kopás miatt) maguktól változtak. Ma már léteznek olyan szerkezetek, melyeknél szétszerelés nélkül lehetet a fojtás mértékét változtatni. Ennek tovább fejlesztett változatát már kis sem kellett szerelni, elég a dugattyú szárában lévő rudat elfordítani.

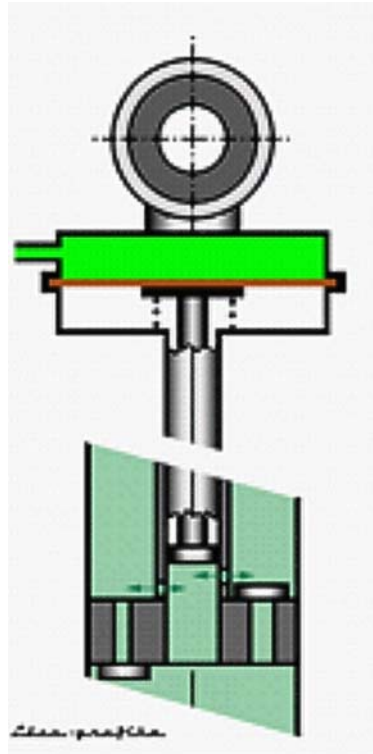
A következő ábrán látható, hogy a rúd elfordításával a ferde homloklapú henger éle szűkíti vagy tágítja a segédfurat átömlési keresztmetszetét. Ez a konstrukció már nem csak a kopás miatti utánállításra alkalmas, hanem arra is lehetőséget ad, hogy az útviszonyoknak kedvező lengéscsillapítást állítsunk be kézzel vagy automatikusan.



35. ábra. Változtatható csillapítási tényezőjű lengéscsillapító<sup>18</sup>

Ugyanezt a célt úgy is el lehet érni, hogy a dugattyúszárban lévő rúd alsó végével fokozatosan zárjuk vagy nyitjuk a segédfurato(ka)t. Ehhez nem kell mást csinálni, mint a rúd felső végére szerelt membrán helyzetét folyadék vagy levegő nyomásával változtatni:

<sup>18</sup> Forrás: auto.bme.hu



36. ábra. Változtatható csillapítási tényezőjű lengéscsillapító<sup>19</sup>

### Felfüggesztés szabályozás

A járművek lényeges eleme a felfüggesztés, aminek az irányítása fontos helyet foglal el a járműszabályozási stratégiában. A felfüggesztéssel szemben támasztott követelmények összetettek:

- egyrészt meg kell valósítani a járműtest megfelelő lengéskényelmét,
- másrészt a keréknek az úton tartását és egyéb, a jármű dinamikája szempontjából fontos funkciókat.

Passzív elemek alkalmazásával a kétféle követelmény nem elégíthető ki. Azonban ha a felfüggesztést szabályozott elemekkel egészítjük ki, mindkét feltétel egyidejűleg optimálható. A felfüggesztés szabályozása több módon is elérhető. Aktív felfüggesztésről beszélünk akkor, amikor a járműtest és a kerék mozgásállapotától független erőt tudunk kifejteni, azaz szabályozott módon energiát vihetünk a rendszerbe, illetve vonhatunk ki belőle. Az aktív felfüggesztés gyakorlati megvalósítása elsősorban az energiaigénye miatt nem minden esetben egyszerű. Ezért a gyakorlatban a lengéscsillapító szabályozásán alapuló ún. félaktív felfüggesztés az elterjedt. Itt a szabályozás alapelve az, hogy amikor a lengéscsillapító által kifejtett erő ellentétes irányú azzal, amit az optimalitás szempontjából ki kellene fejtenünk, akkor kis csillapító erőre kapcsoljuk, amikor megegyezik, akkor nagy erőre. Ez a típusú szabályozás viszonylag egyszerű, mivel szabályozott módon emészti fel a lengésenergiát.

<sup>19</sup> Forrás: auto.bme.hu



*RH (magneto-rheological) folyadékot alkalmazó lengéscsillapítók*

Az RH (magneto-rheological) folyadékot alkalmazó lengéscsillapítókat alkalmazó rendszer alkalmas arra, hogy javítsa a gépkocsi úttartását és vezetési tulajdonságait. Mindez úgy lehetséges, hogy nem növeli bonyolult megoldásokkal a gépkocsi tömegét. A különleges lengéscsillapítóval megvalósított, elektronikusan szabályozott kerék-felfüggesztési rendszer hatékonyan megvalósítja a kompromisszumot a komfortos és a biztonságos futómű között.

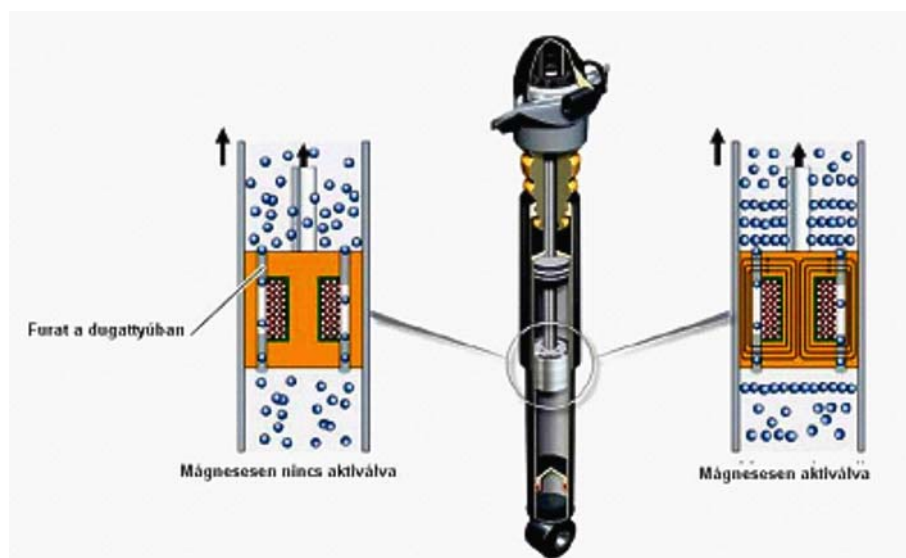
A MagneRide (Magneto Rheological suspension system) jelenleg a világon az egyik legígéretesebb szabályozott kerék-felfüggesztési rendszer megvalósítását teszi lehetővé. Egyszerű szerkezeti kialakítású lengéscsillapítót alkalmaz, melynek karakterisztikáját a mágneses erőtér hatására a különleges, úgynevezett MR szintetikus szénhidrogén alapú folyadék révén tudja változtatni. Ez egy olyan anyag, mely gyorsan és csak a mágneses erőtér működéséig mágnesezhető részecskéket tartalmaz. Ebből a szempontból a lágyvashoz hasonló. A gerjesztő áram hatására az áramlási jellemzői megváltoztathatók, így tehát különböző lengéscsillapító karakterisztikák állíthatók be, még hozzá rendkívül gyorsan és mindenféle zajhatástól mentesen. Különösen jól alkalmazható ez a futóművekre jellemző frekvencia tartományban. A változtatható csillapítás lehetővé teszi a gépkocsi úttartási és vezetési jellemzőinek optimális értéken tartását. „Semi-active” kerék-felfüggesztési rendszer valósul így meg.



37. ábra. Audi TT aktív lengéscsillapító<sup>20</sup>

A MagneRide rendszer széles határok között folyamatosan változtatható lengéscsillapítást valósít meg, úgy hogy az elektronika nagy sebességgel kiértékeli a kerekek és a felépítmény elmozdulásait. Az érzékelő jelei, illetve az ESP rendszertől kapott információk alapján, változtatja a dugattyúk belsejében a gerjesztő áramot, de ennél még a vezető kívánságait is figyelembe veszi. Így tehát szoftveresen állítható a csillapítási tényező. A kerekeknél minden kanyarban egymástól független lehet a lengéscsillapítók keménysége. Hiba felismerési és a diagnosztikai lehetősége kimagasló. Együttműködésre alkalmas más elektronikus menetdinamikai szabályozó rendszerekkel.

<sup>20</sup> Forrás: <http://autotechnika.hu>



38. ábra. A gerjesztő áram hatása a lengéscsillapítóban<sup>21</sup>

Ha nincs mágneses erőtér, akkor a mágnesezhető részecskék a folyadékban egyenletesen, véletlenszerűen oszlanak el. Ilyenkor ki- és berugózáskor a dugattyú elmozdulásakor a csillapító erő annak furataiban kialakuló hidraulikus fojtástól függ. Viszonylag kicsi az ellenállás, hasonló a karakterisztika, mint a hagyományos lágy lengéscsillapítónál.

Mágneses erőtér hatására, ha a dugattyúba beépített tekercsben áram folyik, kialakul a mágneses erőtér. Ennek hatására a lengéscsillapítóban a folyadék alapvető tulajdonságai megváltoznak. Az erőtér hatására a parányi mágnesezhető részecskék a fluxusnak megfelelően sorba rendeződnek és hosszú láncot alkotnak. Ezek a láncok a dugattyú furatára merőlegesen alakulnak ki. Emiatt a ki és berugózáskor a dugattyú elmozdulása lefékeződik, megnő a hidraulikus ellenállás és ezzel arányosan a csillapítási tényező is. A lengéscsillapító keményedése a mágneses erőtér változásával arányos.

A csillapítási tényezőt szabályozó elektronika (Electronically Controlled Damping = elektronikusan szabályozott csillapítás) legfontosabb bemeneti információja az első futóműre szerelt elmozdulás érzékelőtől érkezik. A pillanatnyi menetállapotról vonatkozó információt pedig az ESP elektronikától kapja. Ezen információk kiértékelése alapján hoz döntést arról, hogy éppen milyen csillapítás az optimális. A hőmérséklet kompenzációt az elektronika szoftvere végzi. A növekvő folyadék hőmérsékletet növekvő gerjesztő árammal egyenlíti ki. Téli hidegben pedig csökkenti a gerjesztő áramot. A hőmérséklet mérését indirekt módon a tekercs ellenállásának változása alapján állapítja meg az elektronika.

Összefoglalva a MagneRide rendszer előnyös tulajdonságai:

- csökkenti a felépítmény függőleges mozgását a rossz úton,
- csökkenti a felépítmény billenését, borulási hajlamát,
- optimalizálja a rezgési tulajdonságokat,

<sup>21</sup> Forrás: <http://autotechnika.hu>

- optimalizálja a gépkocsi úttartását,
- javítja a kormányzási jellemzőket.

## 2. A lengéscsillapítók ellenőrzése

A hibás vagy egyáltalán nem működő lengéscsillapító következményei:

Az utazási kényelemben:

- a gépkocsi felépítménye hosszan leng az út egyenetlenségein való áthaladás után;
- a gépkocsi felépítménye hintázni kezd az út gyorsan egymásután következő egyenetlenségei után.

A menetbiztonságban:

- megnövekszik a fékút;
- rossz az útfekvés;
- nem elegendő a talajhoz való tapadás.

A futóműnél:

- a csapágyak, a csuklók és más alkatrészek kopása nagy;
- az abroncsmintázat pikkelyes kopása.



39. ábra. Hibás lengéscsillapító következménye <sup>22</sup>

### Lengéscsillapítók vizsgálata beépített állapotban

<sup>22</sup> Forrás: autotechnika.hu

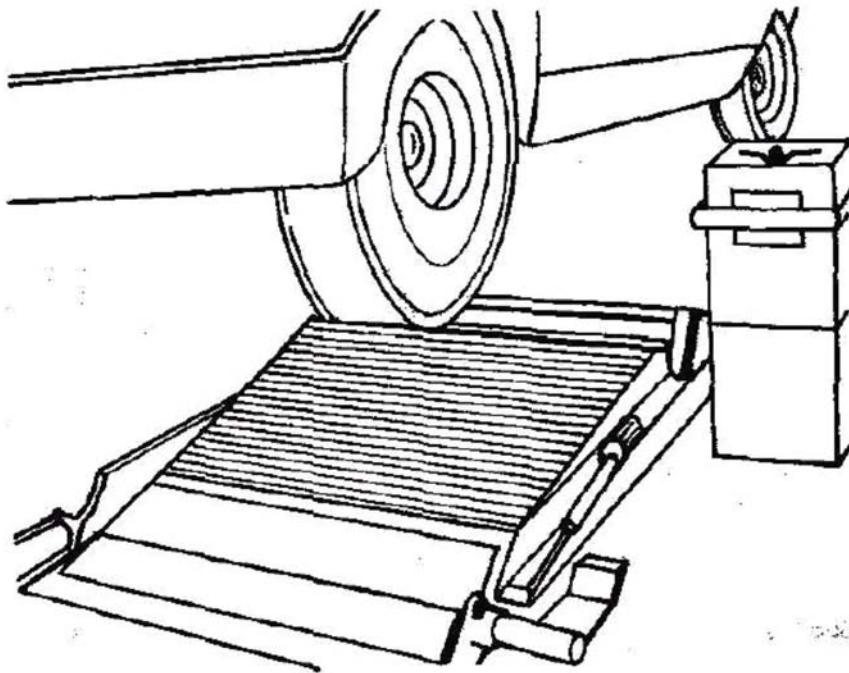
A műszaki gyakorlatban a következő három eljárás ismert a beépített állapotban történő lengéscsillapító-vizsgálatra:

- lengéscsillapító-vizsgálat a gépjármű ejtésével (KONI);
- lengéscsillapító-vizsgálat a kerék lengetésével (BOGE);
- dinamikus talperő-ingadozás mérése(EUSAMA).

Lengéscsillapító-vizsgálat a gépjármű ejtésével:

A vizsgálat során billenőlap vagy szétnyíló szerkezet segítségével 100 mm magasságból leejtjük a járművet. Ezzel a rugózott tömeget gerjesztjük, és közben a jármű karosszériájához rögzített írószerkezet kirajzolja a lengésképet. A lengéscsillapító állapotára az amplitúdó és a frekvencia csökkenéséből és a megtett lengések számából következtethetünk.

Ezzel a módszerrel csupán a karosszéria hozható rezonancia állapotba (mintegy 1,5 Hz), ezért közlekedésbiztonsági diagnosztikára nem alkalmas. **Ma már nem alkalmazzák.**



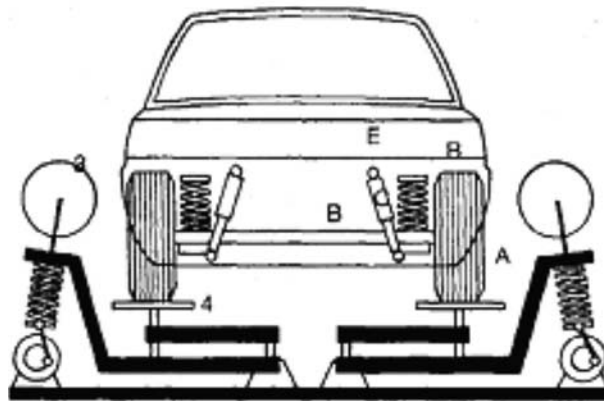
40. ábra. lengéscsillapító-vizsgálat a gépjármű ejtésével (KONI)<sup>23</sup>

### Lengéscsillapító-vizsgálat a kerék lengetésével

Az úgynevezett BOGE módszer a vizsgált kerék rezonanciafrekvencia feletti értékkel történő gerjesztése segítségével méri a keréktámasz (kerék) lengéskitéréseit.

<sup>23</sup> Forrás: siva.banki.hu

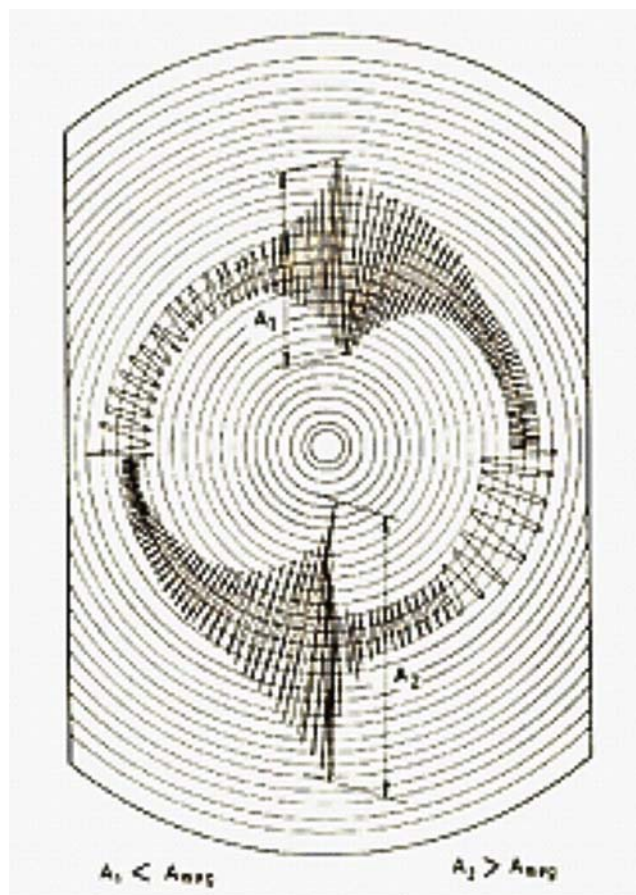
A vizsgálat alapja az, hogy a relatív csillapítási tényező egyértelmű függvénykapcsolatban áll a gerjesztett lengés nagyságával.



41. ábra. BOGE vizsgálópad (Forrás: gjt.bme.hu)

A vizsgálópad működése a következő:

Az 1 hajtómotor excenteren és a 2 rugón keresztül lengésbe hozza a 4 keréktámaszt, és ezzel együtt a jármű rugózatlan tömegét (kerék és felfüggesztés). A gerjesztő frekvencia 14,7 Hz. A motor kikapcsolása után a hajtás fordulatszáma és vele együtt a gerjesztő frekvencia is fokozatosan csökken, és közben áthalad a rezonanciafrekvencia értéken is. A kifutás ideje alatt az író szerkezet polárkoordinátásan felrajzolja a 3 regisztráló papírra a keréktámasz lengési amplitúdóit. A mért jellemző a rezonanciahelyhez tartozó maximális keréktámasz-amplitúdó.



42. ábra. BOGE regisztrátum<sup>24</sup>

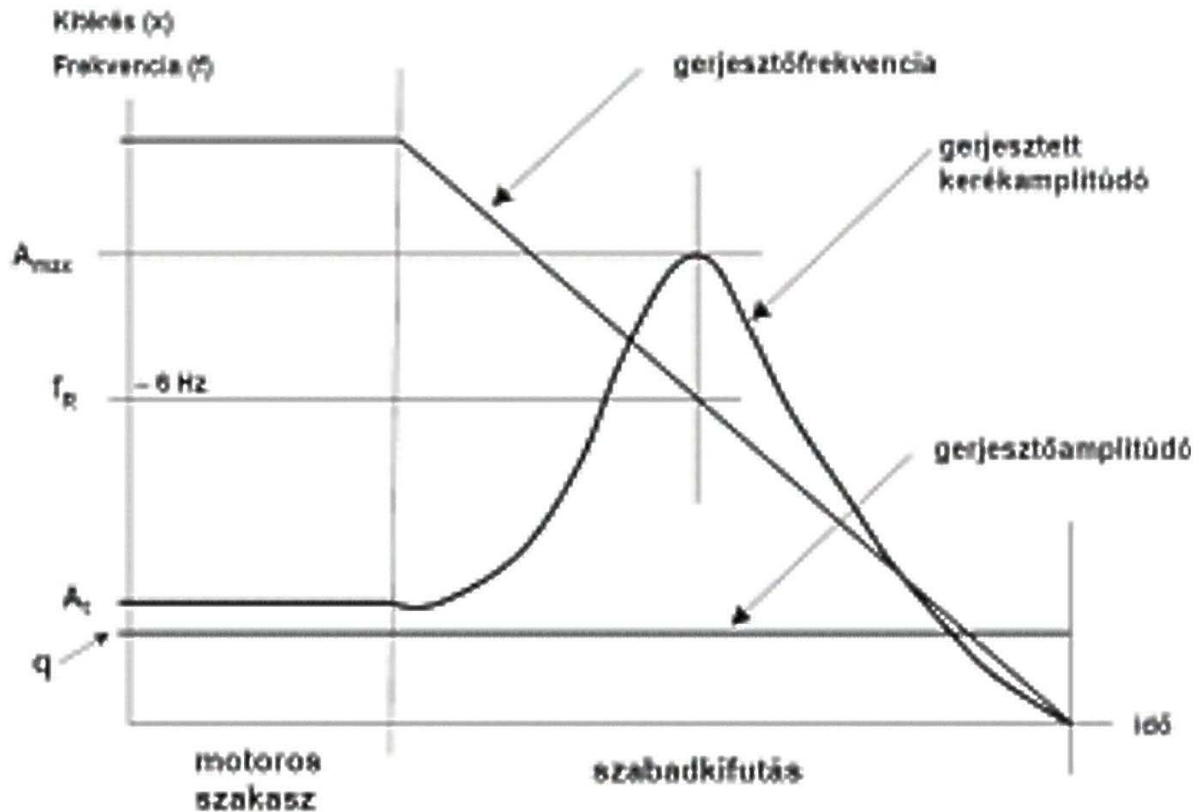
A diagramírást időrelé vezérli. Alapelve, hogy egy körlapra több mérés is ráférjen. A különböző kerékterhelésekhez a rugó fölé beépített csavarorsó elforgatásával lehet alkalmazkodni. Így elérhető, hogy a diagramot mindig a papír középvonala köré rajzolja fel a pad.

Kiértékeléskor a maximális lengéskitérés amplitúdó nagyságát kell megmérni mm-ben, és összevetni az adott típusra megadott határértékkel. Határérték feletti lengéskitérés esetén a lengéscsillapító műszaki állapota nem megfelelő.

A vizsgálatnak két nagy hátránya van. Az ábrából kitűnik, hogy a jármű rugózatlan tömegének vizsgálatát olyan lengőrendszerben végezzük, amelyhez a 4 keréktámasz és a 2 rugó is kapcsolódik. Az így elhangolt rendszer rezonanciafrekvenciája megváltozik; 5...9 Hz-re csökken. Ez viszont egyben azt is jelenti, hogy nem a valós közlekedésbiztonsági tartományban mérünk.

A másik hátránya az, hogy a mérés kiértékelése típusfüggő. Sőt, ezt még árnyalja az a tény is, hogy adott gépkocsiba nem biztos, hogy a gyári lengéscsillapítót szerelték be. Emiatt a kiértékelés adott esetekben problémás lehet.

<sup>24</sup> Forrás: gjt.bme.hu



43. ábra. A BOGE vizsgálat időbeni folyamata<sup>25</sup>

### A dinamikus talperő-ingadozás mérése (EUSAMA)

A hatósági mérés technika csak ezt az eljárást engedi meg.

Az EUSAMA eljárás a talperő (a keréktalppont és az útfelület), illetve a keréktámasz között ébredő változása alapján minősíti a lengéscsillapítót.

A kiértékelő jellemző:

$$A[\%] = 100 \cdot \frac{F_{\min}}{G}$$

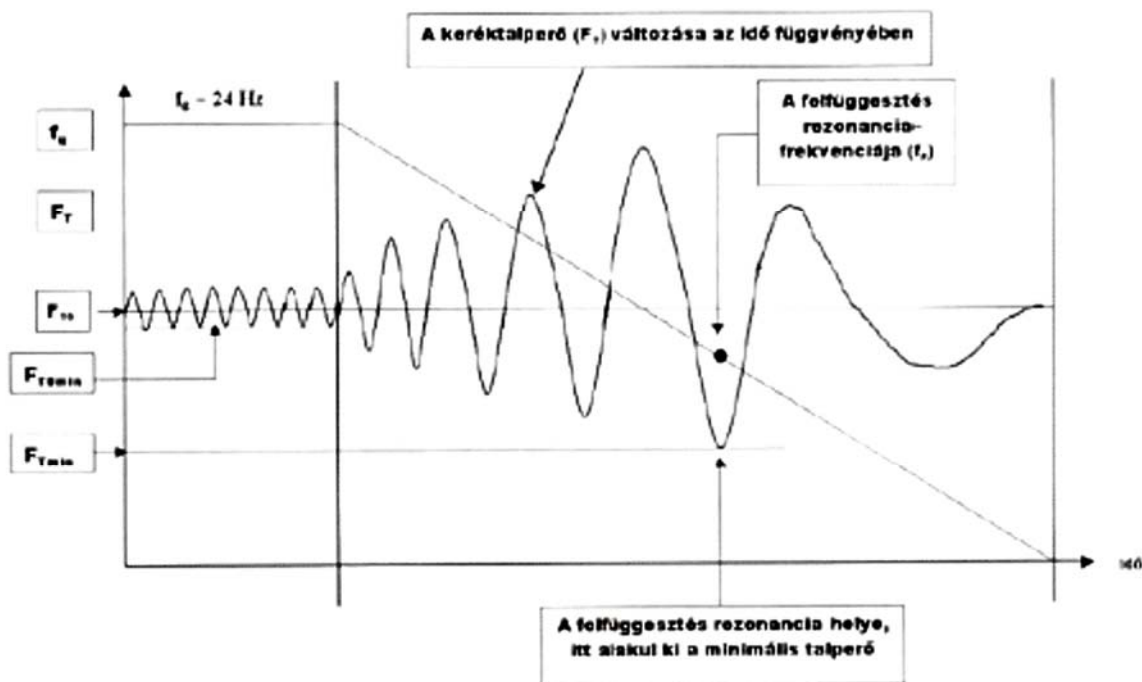
Ahol:

- $F_{\min}$  a vizsgálat során mérhető minimális talperő
- $G$  a statikus talperő értéke

A talperő változása a vizsgálat során az idő függvényében:

<sup>25</sup> Forrás: gjt.bme.hu





44. ábra. Az EUSAMA mérés idődiagramja<sup>26</sup>

Az A[%] talperőviszonyt befolyásoló tényezők:

- a járműkonstrukció;
- a lengéscsillapító típusa és állapota;
- a gumibroncs típusa és állapota;
- a kerékterhelés.

Ez viszont egyben azt is jelenti, hogy ha az egyéb befolyásoló tényezőket a vizsgálat peremfeltételeinek megfelelő megválasztásával kiszűrjük, akkor ez az elv használható a lengéscsillapító minősítésére.

Az amplitúdóérzékelő (pl. BOGE rendszerű) lengéscsillapító vizsgáló próbapad 2005. január 1. napjáig átmenetileg még alkalmazható volt, azóta csak EUSAMA rendszerű lengéscsillapító vizsgálópad használható.

A kiértékelés fő előnye a típusfüggetlenség. EUSAMA ajánlás szerint a vizsgálat a következő skála szerint értékelhető:

- 60...100% nagyon jó;
- 45...60% jó;
- 30...45% gyenge;
- 20...30% elégtelen;

<sup>26</sup> Forrás: gjt.bme.hu

- 1...20% veszélyes;
- 0% nincs érintkezés a talajjal.

Egyes berendezések a kiértékeléshez az úgynevezett B% jellemzőt használják. Ezt az mutatja meg, hogy mennyivel csökken a statikus talperő értéke rezonanciaállapotban.

A két mérési jellemző egymást kiegészítő értéke:  $A\% + B\% = 100$ .

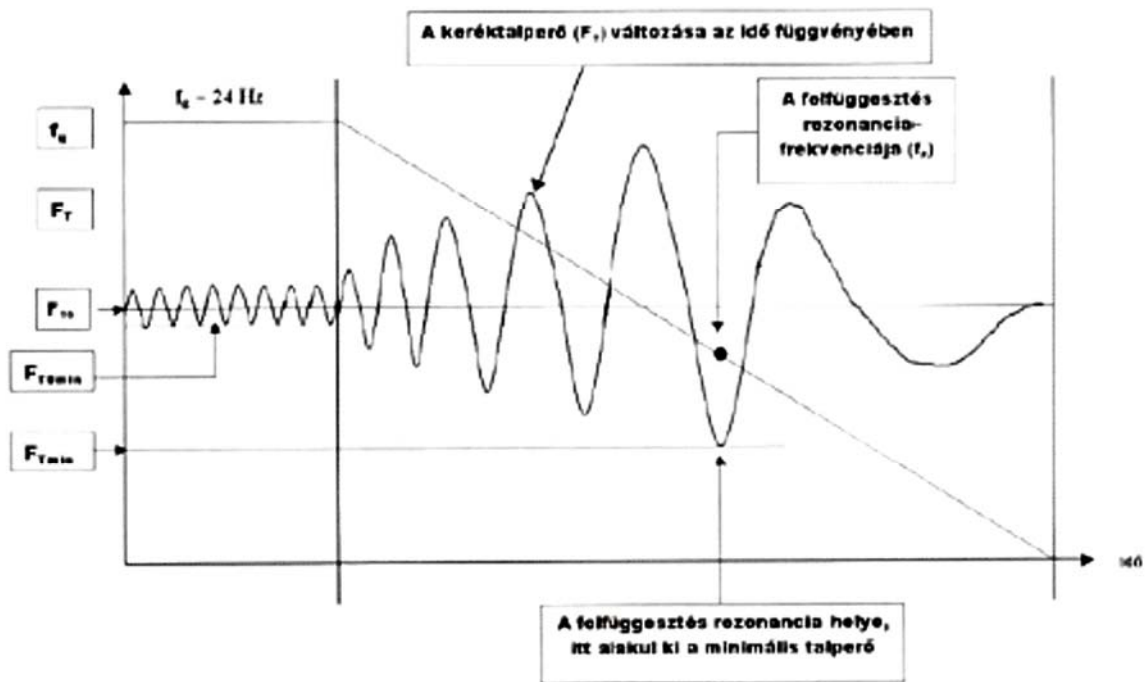
Ha 0%-ot mérünk, akkor a kerék a talajtól való elszakadás határhelyzetében van. A kerékterhelés ilyenkor 0 és  $2G_{stat}$  között változik. EUSAMA ajánlás szerint két azonos tengelyen lévő kerék mért értékeinek különbsége nem lehet nagyobb 20...25%-nál.

### **A mérés eredményét befolyásoló tényezők**

#### *A járműkonstrukció*

Alaptétel, hogy egy nagyobb tömegű gépjármű nagyobb tapadási erőt eredményez, de a helyzetet árnyalja, hogy a jármű tömege rugózott és a rugózatlan tömegre osztható. Az  $M$  rugózott és az  $m$  rugózatlan tömeg aránya befolyásolja a dinamikus talperőviszonyának ( $A\%$ ) értékét, mégpedig úgy, hogy minél nagyobb a rugózott tömeg-arány, annál kedvezőbbek a tapadási viszonyok.

Az ábra szemlélteti  $A\%$  értékét a rugózott és rugózatlan tömeg arányában. A diagram arra is felhívja a figyelmet, hogy a vizsgálat során a rugózott tömeg megváltoztatása (utasok, csomag, ill. súly a csomagtartóban) jelentősen meghamisíthatja a vizsgálat végeredményét. Ilyenkor a lengéscsillapítót jobbnak ítélnék, mint azt a valós állapot indokolná.



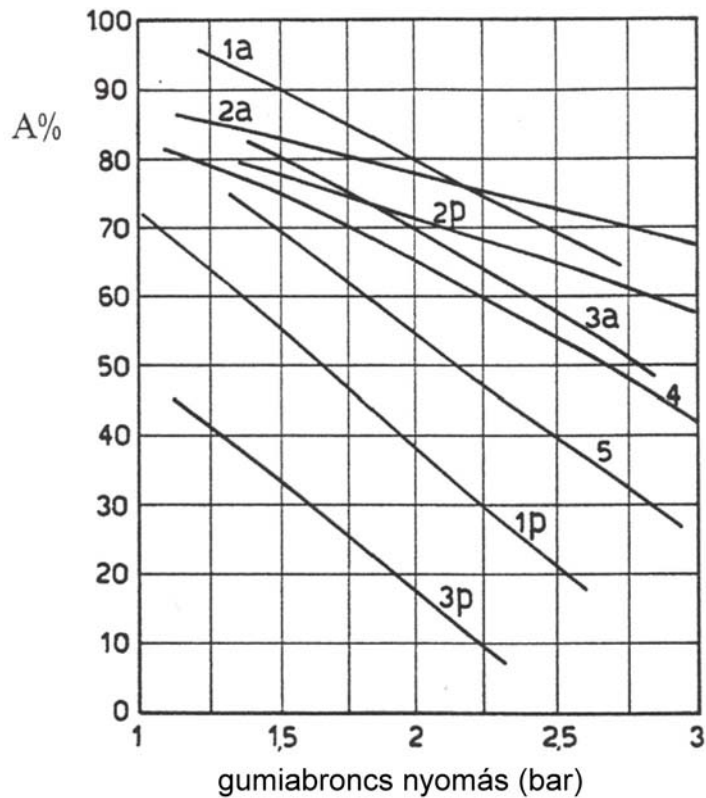
45. ábra. A járműkonstrukció hatása a mérési eredményekre<sup>27</sup>

#### A gumiabroncsok

Az útegyenetlenségek csillapításában a gumiabroncs saját rugalmassága és a benne levő levegő összenyomhatósága is szerepet játszik. A gumiabroncs nyomása jelentősen befolyásolja a dinamikus talperőviszony értékét. Az abroncsnyomás növelésével csökken a tapadást, nevezetesen 0,5 bar abroncsnyomás-változás mintegy 10%-os tapadási erő változást eredményez. Látszólag előnyös lehetne az abroncsnyomás csökkentése, de 0,5 baronként megközelítőleg 100 kg-mal csökken a gumiabroncs teherbíró képessége, emellett a gumiabroncs élettartama is csökken (0,5 bar abroncsnyomás-csökkenés esetén mintegy 40%-kal).

Az egzakt és reprodukálható mérési eredmény érdekében a mérést mindig az előírt abroncsnyomás beállítása után kell elvégezni (Lásd 47. ábra, az ábra 1a, 2a, ... görbéi különböző autókánál lettek felvéve, a görbék trendje azonban azonos).

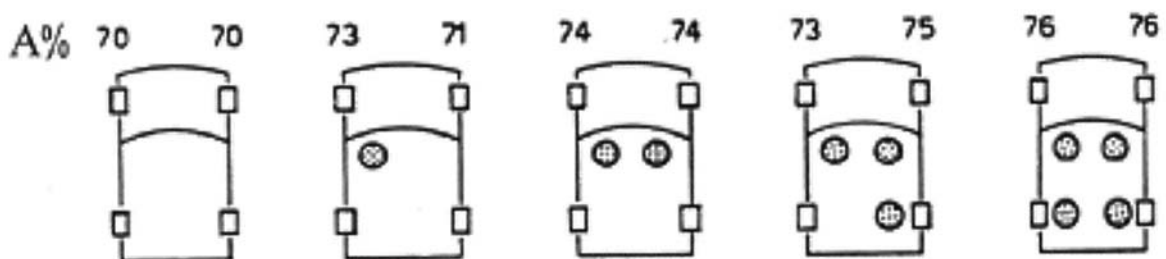
<sup>27</sup> Forrás: sze.hu/~lakatos



46. ábra. A gumiabroncsnyomás hatása a lengéscsillapító vizsgálat eredményére<sup>28</sup>

#### A járműterhelés és terheléseloszlás

A gépjármű terheléseloszlása is nagymértékben befolyásolja a mérés eredményét, mivel az üres gépjármű talperőviszonyához képest az utasokkal terhelt gépjármű esetén a talperőviszony növekedését tapasztaljuk (erre már a rugózott és rugózatlan tömeg aránya esetén utaltunk). A mért eredményre gyakorolt hatás miatt a vizsgálatot előírt terhelési viszonyok mellett kell elvégezni.



47. ábra. A terheléseloszlás hatása a lengéscsillapító vizsgálat eredményére<sup>29</sup>

<sup>28</sup> Forrás: sze.hu/~lakatos

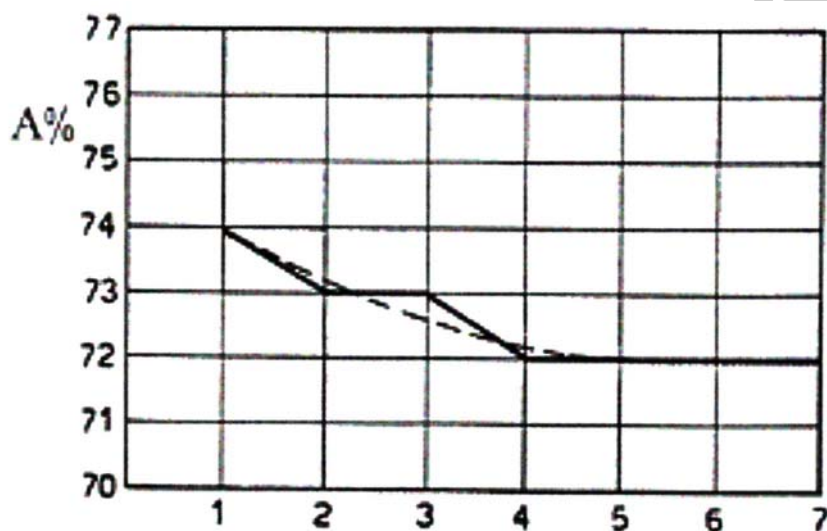
<sup>29</sup> Forrás: sze.hu/~lakatos

A tapadási erő nem pusztán a terheléstől függ, hanem az  $M/T$  (rugózott tömeg / terhelés) viszony függvényében változik:

#### *A hőmérséklet*

A hőmérséklet jelentős hatást gyakorol az olaj viszkozitásra, és így a lengéscsillapító csillapítási tényezőjére is. Ha pl. az olaj hőmérséklete  $-15\text{ °C}$ -ról  $+60\text{ °C}$ -ra növekszik, akkor a csillapítási tényező akár 30%-kal is csökkenhet. A mérést tehát mindig üzemmeleg lengéscsillapítókkal kell végezni, bár a 49. ábra szerint a hideg és üzemmeleg állapotban mért értékek közötti különbség nem jelentős.

A következő ábra a dinamikus talperő változását mutatja az olajhőmérséklet függvényében:



48. ábra. A dinamikus talperő változása az egymást követő mérési ciklusok során<sup>30</sup>

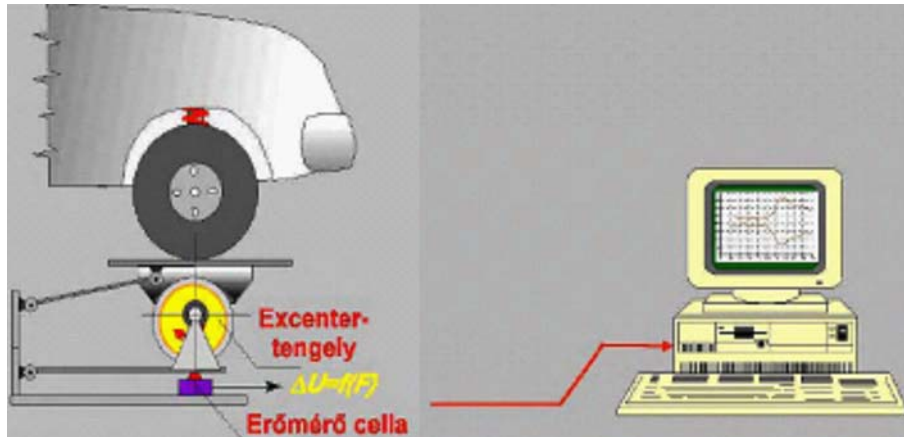
#### *EUSAMA rendszerű lengéscsillapító-vizsgáló próbapad felépítése*

Az EUSAMA rendszerű vizsgálópadoknál a keréktámaszt 25 Hz-es gerjesztő frekvenciával és 6 mm-es lökettel rázza meg a motorral hajtott excenteres vagy ékes rendszerű mechanizmus.

Az így keltett lengések közben a keréktámasz alá beépített erőmérőcella méri a talperő pillanatnyi értékét, azaz a mindenkori talperővel arányos jeleket küld a számítógépnek, amely az adatokat kiértékeli, és táblázatosan vagy diagram formájában megjeleníti.

A mérés az excenter-tengely hajtásának kikapcsolása után kezdődik, amikor a beépített lendkeréknek köszönhetően a motor fordulatszáma egyenletesen csökken a megállásig. Eközben a lengések frekvenciája egyre csökken, és áthalad a rezonanciaállapoton.

<sup>30</sup> Forrás: sze.hu/~lakatos



49. ábra. Az EUSAMA vizsgáló pad elvi vázlata<sup>31</sup>

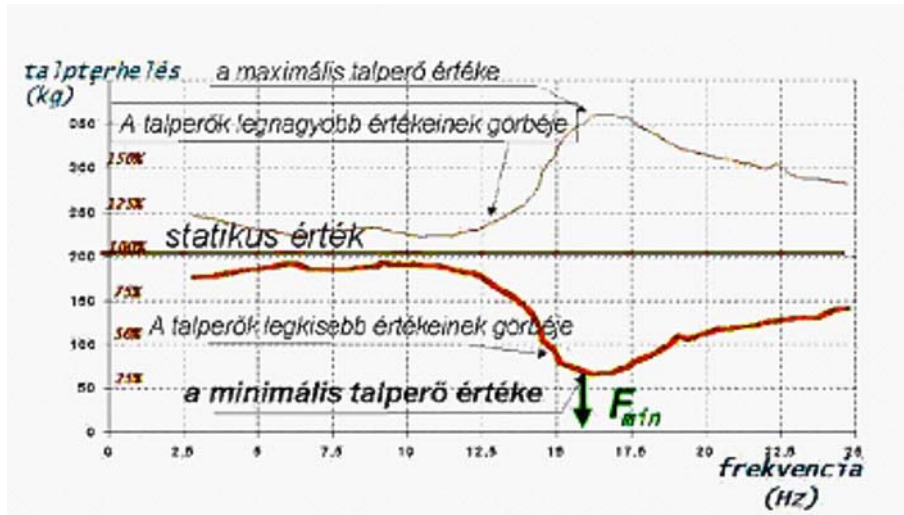
### *EUSAMA rendszerű lengéscsillapító-vizsgálat*

A vizsgálat menete a következő:

- a vizsgálat előtt ellenőrizzük a mérési eredményt befolyásoló tényezőket (járműterhelés, gumiabroncsnyomás);
- a gépjármű mellső tengelyével a lengéscsillapító-vizsgáló próbapad vizsgáló lapjaira állunk úgy, hogy a gumiabroncs talppontja sehol ne érintkezzen a mérőlapot körülhatároló kerettel;
- rögzítjük a gépjárművet az üzemi fékkel, majd óvatosan felengedjük a fékpedált, ekkor a gépjármű sík padlózaton áll, így elméletileg nem gördülhet el eredeti pozíciójából. (Ha a gépjármű mégis elmozdulna a vizsgálólapon, akkor rögzítjük a kézifék vagy a sebességváltó első fokozatának segítségével annak függvényében, hogy melyik tengely áll a vizsgálólapon, mivel a vizsgálólapon álló kerekeket tilos befékezni.);
- bekapcsoljuk a lengéscsillapító-vizsgálóberendezést. Ekkor a számítógép egy rövid időre elindítja a motorokat, rövid 2...3 másodperces lapmozgatással megrázza a gépjármű futómű-felfüggesztését, ezáltal a mozgó-súrlódó alkatrészekapcsolatokban minimálisra csökken a belső erők nagysága. Az állandósult gerjesztő szakasz talperő-közéértéke a statikus talperő:  $G_{stat}$ ;
- a megszüntetett gerjesztés után a lecsengő lengés a rezonanciaállapoton áthalad. Az ekkor lecsökkent talperő legkisebb értéke lesz a minimális talperő:  $F_{min}$ .

A mérési regisztrátum egy példája:

<sup>31</sup> Forrás: ENERGETEST Kft.)



50. ábra. EUSAMA regisztrátum<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Forrás: gjt.bme.hu

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A 3500 kilogrammm alatti összgördülő súlyú járművek futóművei és rugózása téma ismeretei tárgyalásának végére értünk. A tanulási folyamat eredményességének és hatékonyságának érdekében azonban a tudás megszerzésének folyamatát igyekszünk az alábbiakkal segíteni.

Először is érdemes megválaszolni az alábbi kérdéseket:

- Átlátható-érthető a téma?
- Be tudom-e határolni, hogy pontosan milyen ismeretekkel kell rendelkezniem?
- Mire használhatók a tanultak?

Az alábbiakban a fenti kérdésekre adandó válaszadásban segítünk:

Miről is tanultunk?

A tananyag vázlatja megadja a szükséges ismeretek összegzését:

- Járművek rugózása, rugókonstrukciók
- A futóművek felépítése és jellemzői
- Lengéscsillapítók felépítése és működése, lengéscsillapítók diagnosztikai vizsgálatai

A gyakorlati tanórákon végezze el az alábbi gyakorlati feladatokat, méréseket. A gyakorlati helyzetgyakorlatokat **figyelemösszpontosítással** végezze, az elsajátított tananyag alkalmazásával!

1. Szemrevételezze az előre vagy aknára állított gépjármű futóművét. Készítsen vonalas ábrát a lengőkarokról és bekötésekről. Ismerje fel a kerékfelfüggesztés fajtáját!
2. Végezzen mozgatópaddal szemrevételezéssel vizsgálatokat a futóműalkatrészek elhasználódásának és kopásainak megítélésére. Vegyen fel hibafelvételi jegyzőkönyvet!
3. Vizsgálja meg a járműbe épített rugókat, ismerje fel azok fajtáját, és készítsen vonalas beépítési vázlatot!
4. Végezzen lengéscsillapító vizsgálatot a tanműhelyben rendelkezésre álló próbapadon.
  - a) Értékelje ki a vizsgálat eredményét, a tanultaknak megfelelően!
  - b) Végezzen vizsgálatokat a befolyásoló tényezők módosításával (pl. tömeg, gumiabroncsnyomás) és elemezze a hatásokat!

Legyen képes maximális figyelem összpontosítással vizsgálatokat végezni, és a hibakeresési logika felhasználásával kiértékelni azt.



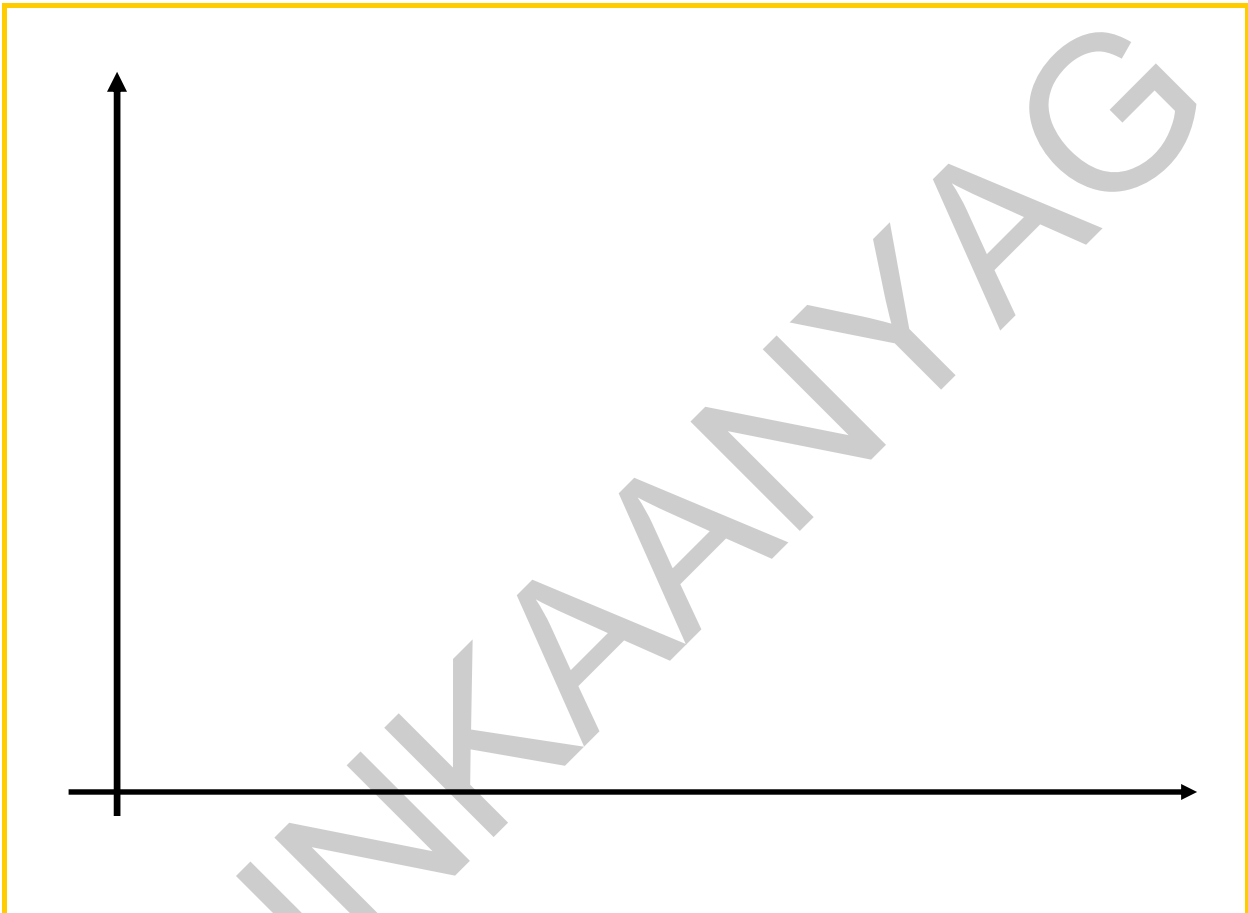
Végezetül még egy jó tanács! Az anyagot úgy tudjuk a legjobban elsajátítani, ha megértjük. A szó szerinti tanulás szükségtelen és értelmetlen. Az anyag logikájának, összefüggéseinek és alapvető ismereteinek elsajátításával már képesek vagyunk a munkahelyzet és a továbbiakban leírt mintafeladatok megoldására.

MUNKANYELV

## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

### 1. feladat

Rajzoljon fel progresszív rugókarakterisztikát!



### 2. feladat

Milyen műszaki megoldással lehet csavarrugónál:

- Felvenni a rugó tengelyére merőleges erőket?
- A rugó hiányzó csillapító hatását pótolni?
- A lineáris karakterisztikát progresszívvé tenni?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**3. feladat**

Milyen előnyei vannak az egyedi kerékfelfüggesztési rendszereknek?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

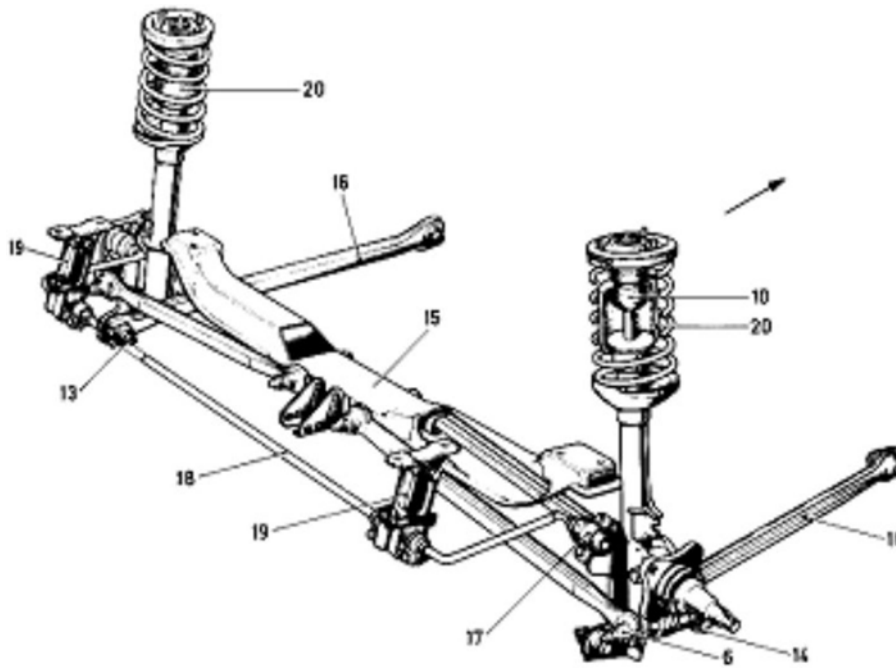
---

---

---

**4. feladat**

Milyen kerékfelfüggesztési rendszert ábrázol az alábbi ábra? Melyek e kialakítás előnyei?



51. ábra.

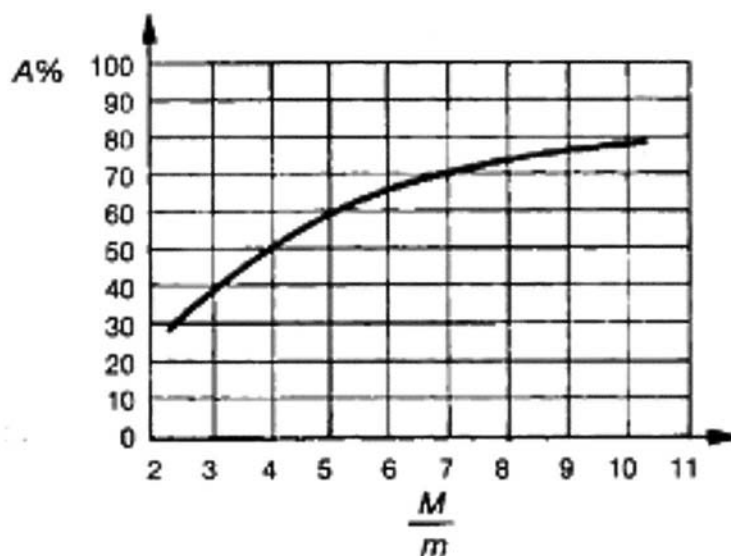
A large rectangular area with a yellow border, containing several horizontal lines for writing. A watermark 'MUNKANYELVI' is overlaid diagonally across this area.

**5. feladat**

Rajzolja le a BOGE lengéscsillapító vizsgáló próbapad működési vázlatát!

**6. feladat**

Az alábbi ábrán látható karakterisztika alapján állapítsa meg, hogy milyen hatással van a lengéscsillapító minősítésére, ha egy olyan járműbe, amelynek rugózott tömege ( $M$ ) 750 kg, rugózatlan tömege ( $m$ ) pedig 250 kg, beültetünk összesen 250 kg tömegű utasokat!



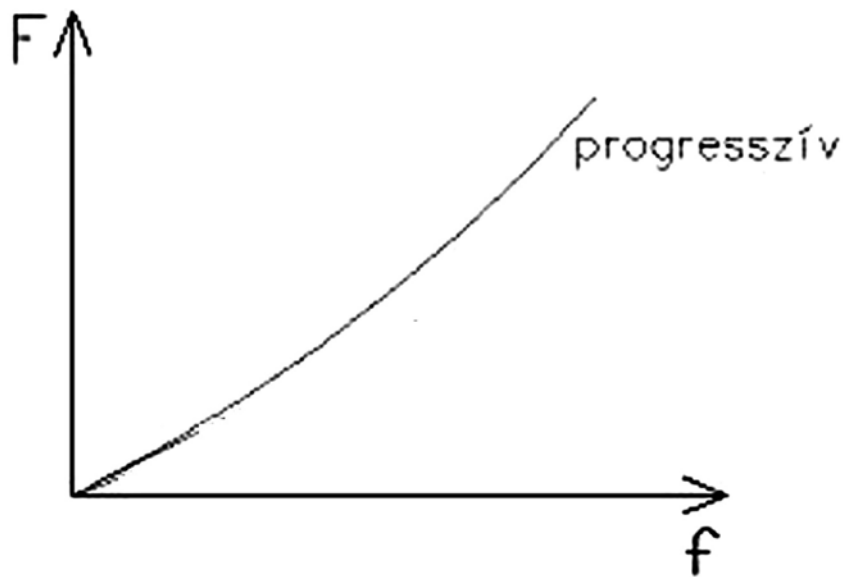
52. ábra.


MUNKANYAG

## MEGOLDÁSOK

A címelem tartalma és formátuma nem módosítható.

## 1. feladat



53. ábra. Progresszív rugókarakterisztika

## 2. feladat

- Felvenni a rugó tengelyére merőleges erőket (mivel a csavarrugó csak egyirányú erő felvételére alkalmas) lengőkarok beépítésével tudja.
- A rugó hiányzó csillapító hatását lengéscsillapító beépítésével oldják meg.
- A lineáris karakterisztikát a menetemelkedés változtatásával, a huzalvastagság vékonyításával és kúpos kialakítással tudjuk progresszívvé tenni.

## 3. feladat

Az egyedi kerékfelfüggesztési rendszerek előnyei az alábbiak:

- kis helyigény,
- a kinematikai kerékösszetartás-változás az alulkormányozottság irányába hat,
- hajtott tengely esetében is könnyű kormányozhatóság,
- kis tömeg,
- a kétoldali kerekek nem hatnak egymásra.

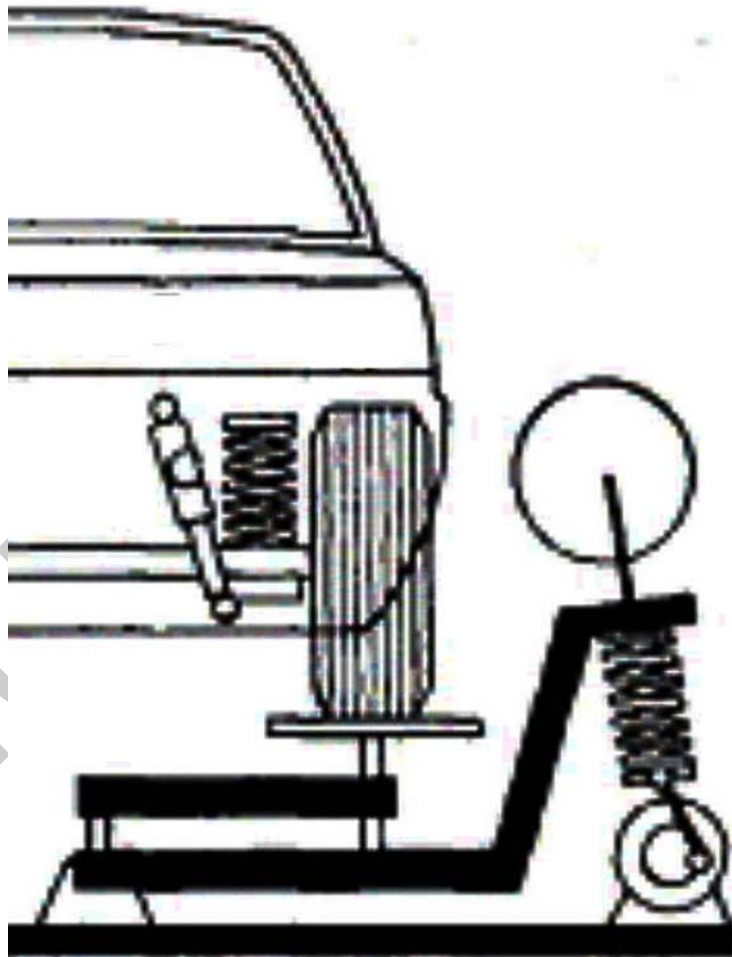
#### 4. feladat

Az 51. ábrán Mc Pherson rendszerű hátsó kerékfelfüggesztés látható. Ezt a megoldást főként a fronthajtásos járműveknél alkalmazzák.

Előnyei:

- nincs szükség támcsapágyra,
- hosszabb keresztlengőkarok építhetők be, ami kedvezően befolyásolja a dinamikus kerékösszetartás és kerékdőlés változást,
- a csomagter mélyebbre és szélesebbre építhető.

#### 5. feladat



54. ábra. BOGE lengéscsillapító vizsgáló próbapad



## 6. ábra

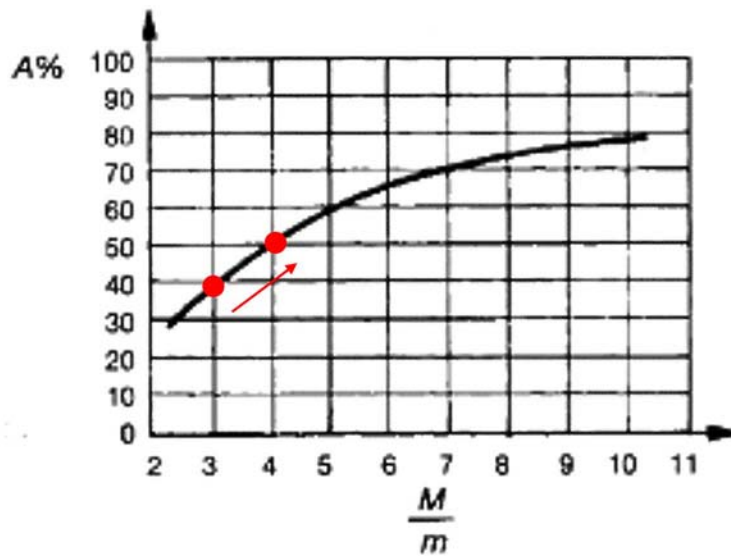
A  $M/m$  viszony értéke alapesetben:

$$\frac{750}{250} = 3$$

Ha beülnek az utasok, akkor  $M=750+250=1000$  kg. A  $M/m$  viszony értéke tehát:

$$\frac{1000}{250} = 4$$

A diagramról a kiértékelő jellemzőt leolvasva:



55. ábra.

A% értéke 40%-ról 50%-ra nő, azaz a minősítés nem megfelelőről, megfelelőre módosul.

## IRODALOMJEGYZÉK

### FELHASZNÁLT IRODALOM

Bohner...Zwickel: Gépjárműszerkezetek Műszaki Könyvkiadó, Budapest

<http://www.auto.bme.hu/content/kerekek-rugozasa>

[http://gt3.bme.hu/oktatas/BsC/GEAESZ\\_Szerkezetan/jegyzet/5\\_rugok.pdf](http://gt3.bme.hu/oktatas/BsC/GEAESZ_Szerkezetan/jegyzet/5_rugok.pdf)

Dr. Lévai Zoltán: Gépjárművek szerkezetana

[http://www.szakalmetal.eu/Eroatvitel\\_meghajtás/Futomu\\_Felfuggesztes.html](http://www.szakalmetal.eu/Eroatvitel_meghajtás/Futomu_Felfuggesztes.html)

Dr. Lakatos István: Futóműdiagnosztika, Minerva-Sop, Győr, 2007.

### AJÁNLOTT IRODALOM

Bohner...Zwickel: Bohner...Zwickel: Gépjárműszerkezetek Műszaki Könyvkiadó, Budapest

Dr. Lakatos István: Futóműdiagnosztika, Minerva-Sop, Győr, 2007.

Dr. Lévai Zoltán: Gépjárművek szerkezetana

A(z) 0675–06 modul 009–es szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
31 525 04 0000 00 00	Targonca- és munkagépszereelő
51 525 01 1000 00 00	Autószerelő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:  
30 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv  
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának  
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap  
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet  
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:  
Nagy László főigazgató