

**KOVÁCSHÁZY Miklós**  
[denkmeyer79@gmail.com](mailto:denkmeyer79@gmail.com)

## MIKOR KERÉK, MIKOR LÁNCTALP?

### *Absztrakt*

*Már az első világháború elején megjelentek egymással párhuzamosan a csatatereken teherautók, személyautók megerősített alvázára, illetve hernyótalpas vontatókra rögzített - a gyalogsági lövedékek és repeszek ellen védő - zárt, páncéllemez felépítményű, géppuskákkal, ágyúkkal felszerelt harcjárművek. Feladatuk a gyalogság támogatása, tűzfészek megsemmisítése és az áttörés kierőszakolása volt. A korai, terepen esetlen mozgású, lassú lánctalpasok mellett a sokszor nehezen járhatóvá váló utakon a gyors páncélautók jó terepjáróképességének igénye is felmerült. A mozgékonyosságuk javítása céljából több megoldás született. Megnövelték a hajtott tengelyek (kerekek) számát, le- és felszerelhető lánctalpakat illesztettek a kerekes futóműhöz, illetve a két megoldás ötvözeteként létrehozták a fél-lánctalpas kialakítást. Mind a kerekes, mind a lánctalpas páncélozott járművek napjaink hadseregeiben is megtalálhatóak. Vajon mi lehet az oka annak, hogy a két, egymástól eltérő felépítésű járműcsalád fejlődése folyamatos? A kerekes, vagy a lánctalpas járműveknek nagyobb a mozgékonyága? Melyik a gazdaságosabb? Melyik kialakítás illeszkedik jobban a modern háborúk követelményeihez? Tanulmányomban ezekre a kérdésekre keresem a választ.*

*At the beginning of the First World War already appeared on the battlefields trucks and passenger cars, tracked agricultural platforms with reinforced superstructure armor plates, mounted machine guns, cannons as combat vehicles. Their job was to support the infantry, the destruction of strongpoints, and the breakthrough extortion. Parallel to the early, heavy, slow, and woodenly terrain-motion tracked vehicles also needed good off-road ability armored wheeled vehicles. Several solutions served to improve the off road mobility. Like the increased number of powered axles (wheels), detached and reattached tracks have been added to the wheeled landing gear, and turned out the semi-tracked vehicles. In today's Army both wheeled and tracked armored vehicles can be found also. What could be the reason that the development of the two different structured vehicle-family is continuous? A wheeled or tracked vehicles have greater mobility? Which is more economical? Which design fits better to the requirements of modern wars? I try to find the answer for these questions in my study.*

**Kulcsszavak:** kerék, lánctalp, mozgékonyág ~ wheel, track, mobility

A változatos terep leküzdésének természetes módján a lábak alkalmazása jellemző. Átszegdelt terepen haladva minden lábhoz külön támpont választható, egybefüggő nyompálya igénye nélkül. [1] A kerék, mint az emberiség egyik legnagyobb felismerése, a természetben is megtalálható, pl. a gördülő farönk, vagy kőgörgöteg formájában. Esetében azonban, a pályát "letapogató" folyamatos talajfogása hátrányosnak mutatkozik, szemben a gyaloglás lépésként történő támaszkeresésével. Mivel, a szárazföldi járművek lábbal rendelkező futómű megoldásai túl bonyolultak lennének, a terepjáró képesség megvalósítása mégis a kerekes, vagy ún. hernyótalpas kivitelben a legelterjedtebb. A páncélozott szárazföldi harcjárművek tűzerő-védettség-mozgékonyosság erényhármás betartása mellett az ennek fokozására használt légpárnás, vagy egyéb (pl. a hengeres-csavarorsós) megoldások inkább különlegeseek, mint szokásosak.

## A JÁRMŰ MOZGÁSA

A mozgó járműnek lendülete van, anyagsokasága  $m$  [kg] tömegének mindenkor  $v$  [m/s] sebessége mértékével, a

$$p \text{ [N} \cdot \text{s]} = m \cdot v \quad (1)$$

kifejezés alakjában. Egyidejűen, tömegének teljes térkitöltése megoszlásában fakad forrásszerű folytonossággal a Földközép irányú nehézkedési

$$m \cdot g_{\text{grav}} = G \text{ [N]} \quad (2)$$

lendületjövédéke súlyereje nevéen, a gravitációs mezőerősség  $g_{\text{grav}} \approx 9,81$  N/kg értékével.

A jármű környezeti közösségében végzett mozgásával lendülettöbletének egyúttal állandó továbbulása is zajlik felszínének pálya- és más érintkező felületei útján. Eredményeként, fennálló mind a haladás pályamenti ún. csúsztató-, mind az arra merőleges ún. normális irányú lendületfogyása, a  $t$  [s] idő múlásában folyó változását jelző erő nevéen

$$\frac{p}{t} = m \cdot \frac{v}{t} \quad (3)$$

lendületváltozás
sebességváltozás  
erőssége $\equiv$ erő,F
hevedése $\equiv$ a

A mozgást jelentő lendület  $F$  [N] befolyáserőssége csakis arányos lehet kiváltója, ún. energiája ( $E$ ) jövédékhevedésével a sebessége képében, így

$$\frac{E/t}{F} = v, \quad (4)$$

azaz

$$P = v[\text{m/s}] \cdot F[\text{N}], \quad (5)$$

mint az erőbefolyás teljesítménye a  $P \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{N} = \frac{\overset{\text{Joule(energia)}}{\text{m} \cdot \text{N}}}{\text{s}} = \text{Watt} \right]$  jelével. Értelmezésével,

a jármű haladásában mindenkor lendületkészlete a meghatározó. Ennek mértékét az energia jövedék, illetve -apadás viszonya jelenti. Az energia fogyásával csökken, növekedésével fokozódik a lendületáramlás, azaz az erőhatás.

## A VONÓERŐ LÉTREHOZÁSA

A mozgó járműnek a nyugvó (zérus lendületű) környezetével szembeni lendülettöbblete eltérő sebességükben mutatkozik. A kölcsönösségekre jellemzően, az ebben a folyamatban bárhol kilépő energia valamelyik másik tagnál szükségszerűen belépő, azaz gyarapodás mindig apadással is járó. Jelentésével, a jármű sebességlétesítése - azaz energiajuttatással kiváltott lendület-változtatása - annak legközvetlenebb módjaitól (mint pl. a vontatás) akár a legösszetettebb "feldolgozó" eljárásokig (mint pl. az ember táplálkozása útján megvalósítható "önellátó" járása) széleskörűen lehetséges.

A páncélozott járművek szárazföldi mozgatása általában saját belsőégésű motorjuk főtengelyén kiáramló forgáslendülete (ún. perdülete) teljesítményével (energiaáramával) történik, a környezetével szemben mutatott haladásirányú lendülettöbbletét létesítve - azaz, önjáró módon.

Ennek során a motor perdületárama - az  $M$  [ $\text{m} \cdot \text{N}$ ] forgatónyomaték nevéen - jut a kerekre, melyek forgásával a pályaérintkezésük mentén létesülő  $F_{\text{tapadás}}$  [N] lendületáramuk kerül a kocsitest teljes tömegébe, célszerűen szerkesztett elemek láncolatán keresztül. Az erők által létesülő sebesség energiajáruléka, a motor teljesítménye

$$v \cdot m = P_{\text{motor}} [W] \quad (6)$$

és a járműtestnél

$$v \cdot F_{\text{tapadás}} = P_{\text{haladás}} [W] \quad (7)$$

vontatás teljesítménye nevéen.

Összefoglalva, a motor perdületkeltő energiája éppen a környezettel kölcsönösségben létesített lendületáramával továbbul a járműtestbe, annak haladását eredményezve.

## MENETELLENÁLLÁSOK

Az önjárás folyamatának minden "sebességlépcsője" az energiaközlés egy-egy helye, míg a változatlan sebesség a "bentrekedő" energia tárolásának jele. A járműmozgatás egyetlen a motorral megvalósított energiajövedéke mellett az energia természetes módon esés irányban kíván egyenlítődni. E kettős folyamatban a jármű mozgása szempontjából meghatározó az energia járműben tartásának milyensége<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Mint például az üzemanyag fajtája, mennyisége, minősége, vagy az erőátvitel megoldásmódja, hatásfoka.

Ennek mérlegelése pedig a lehetséges sebességést mutató kiáramláshelyek számbavételével szokásos. Az ilyen, ún. menetellenállások  $F_{\text{ellenállás}}$  lendületkiáramlásának energiajáruléka

$$\Delta v \cdot F_{\text{ellenállás}} = \Delta P_{\text{ellenállás}} \text{ [W] kifejezés alakú.} \quad (8)$$

"sebességés" "erő"

Ezek rendre:

- tapadás (csuszamlás és csúszás)
- gördülés (és felszínentartás)
- gépelemsúrlódás (ágyazások és áttételek)
- gyorsítási ellenállások (haladási és forgási tehetetlenség)
- kanyarodás
- pályaelmelkedés
- levegősúrlódás

## TAPADÁS, A VONÓERŐ KÖZVETÍTÉSE A TALAJRA

A jármű mozgása – az emberi járáshoz hasonlóan - a nehézkedése segítségével történik járó- és hordműve útján, motorja energiájának sebességkülönbség-képző indítékával. A helyváltatáshoz szükséges vonóerő a pályára neheződő járómű-elemek és a talaj érintkezési helyein jön létre. Ezáltal, a járművel létesíthető legnagyobb vonóerő a pálya érintősíkjában lévő, a mozgással mindig ellentétes irányú csúsztató hatás határáig hozható létre. A csúsztató jellegű lendülettovábbítás súrlódás útján biztosítja a lendületátmenetet. Nagysága a talajra átvitt - a pályasíkra minden esetben merőleges – súlyterhelés összetevőjétől és az érintkező anyagpárok felületi milyenségétől függ.

Az egymáson dörzsölődő testek határfelületén a súrlódás jelensége létesül, mint az  $F_{\text{normális}}$  [N] pályára merőleges irányú lendületáramuk  $F_{\text{csúszás}}$  [N] csúsztatás irányú járuléka. Tapasztalással, a mozgásukban magukra hagyott – lassuló - testek viszonylagos sebességük csökkenése mentén a csúszás irányú erő közel állandó marad, mígnem - megállás kíséretében - ugrásszerűen megnő az erőhatás. Ez az állapot a csúszásból tapadásra váltás jelensége és vele fennállón

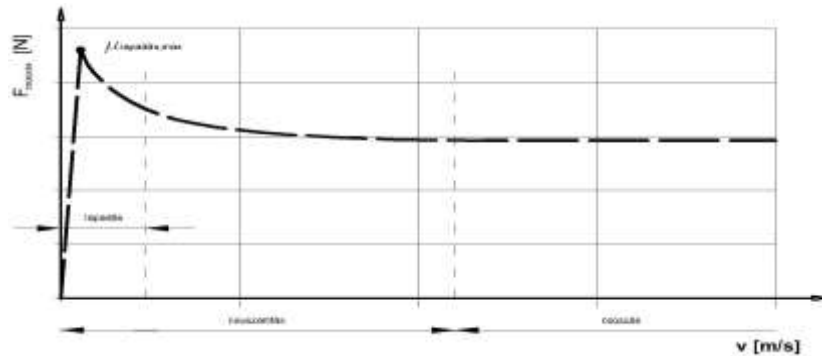
$$\frac{F_{\text{csúszás}}}{F_{\text{normális}}} = \mu_{\text{csúszás}} < 1 \quad (9)$$

Így, a test lendületvesztésének lassulásban mutatott mértéke:

$$F_{\text{csúszás}} = m \cdot a = \mu_{\text{csúszás}} \cdot F_{\text{normális}} \text{ [N]} \quad (10)$$

A tapadás állapotában általában  $\mu_{\text{tapadás}} > \mu_{\text{csúszás}}$ , amiből

$$F_{\text{tapadás}} \leq \mu_{\text{tapadás}} \cdot F_{\text{normális}} \quad (11)$$



1. ábra. A tapadó- és a csúszósúrlódás értelmezése a sebesség függvényében

A gördülő kerékre jellemző tapadás  $m_{\text{tapadás}}$  tényező alatt azt a fajlagos vonó-, vagy fékező erő értendő, amelynél a gördülés tiszta csúszásba vált. [2]

A határfelületi igénybevételek alakváltozásai mentén bizonyos eltérés mutatkozik a tömegközéppont és a határfelületi réteg sebessége között. A megcsuszamlás ilyen jelenségének kifejezése

$$\frac{v_{\text{határfelület}} - v_{\text{tömegközéppont}}}{v_{\text{határfelület}}} = s \quad (12)$$

az „s” szlip néven használatos. Következően minden  $v_{\text{tömegközéppont}} \neq 0$  esetében fennáll a csuszamlás, ami egyúttal „sebességlépcső”, tehát energiakiáramlási hely.

Ha gyorsításkor a vonóerő meghaladja a tapadási erőt, a kerék kipöröghet és a jármű nem indul el. Ugyanis, a létesülő sebességlépcső energiakiáramlás a szükséges lendületbeáramlás helyett. Tehát, a hajtási megkapaszkodás feltétele a megfelelő tapadó készségű és szilárdságú talaj. Nyilvánvalóan, e folyamatban a jármű teljes súlyának csak a vonóerőt átadó elemekre jutó hányada vesz részt, míg a nem meghajtott futóelemek csupán a vonóerő nélküli támasztást szolgálják.

Emelkedő megmászása esetén az  $F_{\text{tapadás}}$  [N] tapadásra váltó súrlódási erő az  $\alpha$  [°] lejtőszög ismeretében

$$F_{\text{tapadás}} = \mu \cdot G \cdot \cos \alpha \quad (13)$$

A kocs mindaddig nem csúszik vissza, amíg a futómű és a talaj között ébredő súrlódási erő nagyobb, mint a gravitáció hatására támadó lejtőn visszahúzó  $Z_{\text{emelkedés}}$  [N] emelkedési ellenállás. Így a kocs hegymászókéességét biztosító feltétel:

$$F_{\text{tapadás}} > Z_{\text{emelkedés}} \quad (14)$$

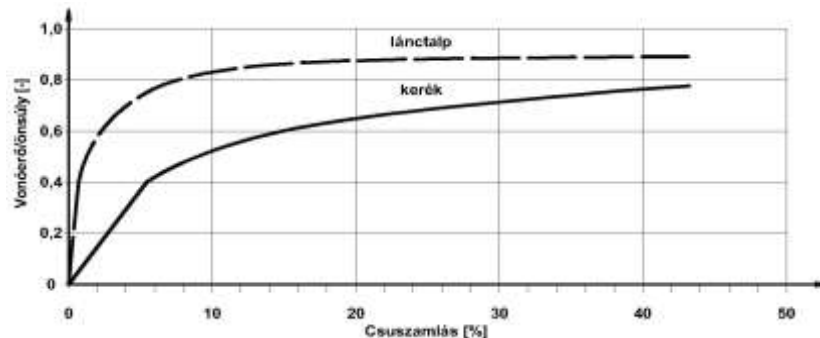
$$\mu \cdot G \cdot \cos \alpha > G \cdot \sin \alpha \quad (15)$$

$$\mu > \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha \quad (16)$$

Azaz, a tapadási súrlódási tényezőnek nagyobbak kell lenni, mint a lejtő meredekségének. [3] Ebből következően, a mindenkor fennálló tapadás és a működő tapadási súly együtt határozzák meg a jármű lehetséges legnagyobb vonóerejét. Értelemszerűen, az  $F_{\text{tapadás}}$  teljesítményénél nagyobb hajtóteljesítményt felesleges is lenne a járműbe építeni, ugyanakkor a tapadási tényező nagysága szabja meg a jármű gyorsítási, lassítási, de lejtőjáró képességeit is. [4] Tehát a jármű-mozgás lendületellátmánya legfeljebb a tapadási erővel elért  $v$  [m/s] sebességű energiajáruléka a haladási teljesítmény.

$$P_{\text{haladás}} = F_{\text{tapadás}} \cdot v_{\text{max}} \quad (17)$$

A fentiekből következően a jármű mozgásának alapvető feltétele, hogy legyen elegendő vonóerő az ellenállások leküzdésére, valamint a futómű és a pálya kapcsolata tegye lehetővé annak kifejtését.



**2. ábra.** Azonos tömegű és teljesítményű 4x4 kerekes és lánctalpas jármű vonóerejének összehasonlítása [5]

Ez a követelmény a lánctalp használata mellett szól, mert annak tapadási tényezője talajon nagyobb, mint a kerekes járműé. Tulajdonképpen a lánctalpas jármű kerekesnek tekinthető azzal a különbséggel, hogy a lánctalpas futómű kerekei a láncon, mint előre fektetett úton futnak és az erőzáró kerék-talaj kapcsolat a kapaszkodókkal ellátott lánctalp közbeiktatásával alakzáróvá válik. Hasonlóan a gumikerék tapadása megfelelő bordázással fokozható, de még így sem tudja elérni a lánctalp tapadását. Fontos szempont az azonos tömegű járművek kapaszkodóképességének összehasonlításánál, hogy a hajtott kerekek  $F_{\text{tengely,hajtott,normális}}$  [N] és az összes terhelése viszonya. Ez a közúti gépkocsiknál általában 2/3, az összkerekhajtású, vagy lánctalpas járműveknél 100%. Ezzel a kocsival megmászható legmeredekebb lejtő szöge a (15) egyenlet alapján:

$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \operatorname{tg}\alpha = \frac{\mu \cdot F_{\text{tengely,hajtott,normális}}}{F_{\text{normális}}} \quad [^\circ] \quad (18)$$

Legkisebb mászóképesége az egy hajtott tengelyű kocsinak van, míg legnagyobb a lánctalpasnak. A lánctalp fölénye terepen abban nyilvánul meg, hogy nagyobb felülete mellett a jobb tapadóképességének köszönhetően a jármű hegymászóképessége is nagyobb. Kemény talajon a kocsisúly csak a futókerekek alatt adódik át a talajnak, a kerekek közötti lánc nem hord terhet. Ilyenkor tapadása kisebb, pusztán a súrlódási tényező jut szerephez, a talaj nyírószilárdságának jelentősége elmarad. A lánctalpas futómű általános használata ellen szól a nagyobb tömege, rosszabb mechanikai hatásfoka, hajtásához nagyobb a szükséges motorteljesítmény, így nagyobb a jármű vontatás-, a lánctalp előállítási költsége, valamint kisebb élettartama. [6] Lánctalpas járműveknél a megmászható emelkedő akár 100 %-os (45°) - sőt, még nagyobb - is lehet, de az ehhez alkalmas kötött talaj hiányában ennek nincs gyakorlati jelentősége. [4] A lánc tetemes rugózatlan tömege miatt a lánctalpas jármű sebessége korlátozott a fűvont kerekű jármű sebességéhez képest.

Talajminőség	Talajtapadási (súrlódási) tényezőm	
	Lánctalp	Kerék
betonút	0,55 - 0,65	0,75 - 0,80
kockakő burkolatú út, száraz vagy félnedves köves, földes talaj	0,60 - 0,65	0,65 - 0,70
agyagos vagy füves talaj	0,75 - 0,95	0,55 - 0,60
nedves homok, friss hó	0,65 - 0,70	0,50 - 0,55
vizes aszfalt	0,50 - 0,55	0,50 - 0,55
félnedves aszfalt	0,45 - 0,55	0,25 - 0,30
sáros humusz, vagy agyag	0,40 - 0,50	0,30 - 0,35
száraz futóhomok	0,45 - 0,55	0,40 - 0,45

**1. táblázat.** Talajtapadási tényező különféle talajokon [6]

A pályaeegyenetlenségek miatt a haladómozgás mentén a járműsúly talajra juttatása erősen ingadozhat, a pályaminőség változása pedig a tapadási tényező értékét befolyásolhatja. [4] A földes, homokos talajon lényegesen nagyobb a lánctalp tapadása, kapaszkodóképessége, míg a kerék hajlamos arra, hogy beássa magát. A tapadási tényező közel állandó értéken tartását biztosítja - a kedvező futómű alakzat mellett - a futókerekek előnyös rugózása és a lánc kialakításának – mint a kellő öntisztulást is nyújtó bordázás - szerencsés megválasztása.

## GÖRDÜLÉS

A gördülő kerék talpérintkezése eszményi esetben csúszásmentes, pillanatnyi forgáspontját képezve. Ezért a gördülés energiavesztesége a  $D_w$  [1/s] szögsebesség-lépcsőben létesül, mint a legördüléssel járó kölcsönös alakváltozás fedezete. A gördülés  $M_{görd}$  [m·N] nyomatékának energiajáruléka képezi az ellenállást.

$$\Delta\omega \cdot M_{görd} = P_{görd} \quad [W] \quad (19)$$

amely teljesítmény fedezi az anyagalakítást.

A gördülési nyomaték pedig a kerék tengelyén a gördülési sugárral - mint az erőkar középpértékével - kezelhető a jármű haladását akadályozó erőként, a  $Z_{görd}$  [N] gördülő ellenállásként vehető figyelembe.

$$Z_{görd} = \frac{M_{görd}}{r} \quad [N] \quad (20)$$

Kerekes járművek esetén a gördülő ellenállás a gumiabroncs belső súrlódásából, a kerék és a talaj deformációs munkájából, a talajgyúrásból, valamint a tömítések, csapágyak és az esetleges áttétel súrlódásából adódik. Értéke annál nagyobb, minél kisebb a jármű kerekeinek a gördülő sugara és minél nagyobb a kerékabroncs alakváltozása. [3] Lánctalpas járművek esetében a lánctalpak talajtömörítése és a lánctagok csaphajtogatása, továbbá a lánckerekek fogsúrlódása fokozza ezt a hatást.

A gördülési ellenállás megállapítása - a csapágyazási veszteségek beszámításával - tapasztalati úton kigördülési lassulásméréssel, vagy az egyes útviszonyokra vonatkozó  $f_{görd}$  [N/N] alakváltozás tényezővel szokásos:

$$Z_{görd} = f_{görd} \cdot F_{normális} \text{ [N]} \quad (21)$$

Útfelület típusa	$f_{görd}$ [N/N]
aszfalt	0,01 - 0,02
kőkocka	0,015 - 0,03
makadám	0,02 - 0,04
földút	0,05 - 0,15
homok	0,15 - 0,30

**2. táblázat.** Gördülő-ellenállási tényező különböző útviszonyokra

A lánctalpas eszközök gördülési ellenállása úton közel megegyezik a tömegük 4%-val. Kerekes járműveknél (terepgumikkal szerelve) ez az érték 2%, aminek köszönhetően kevesebb üzemanyagot igényelnek, és nagyobb hatótávolsággal rendelkeznek. A kerekes járművek ezen előnye eltűnik, amikor terepjárásra kényszerülnek, mert az üzemanyag-fogyasztásuk legalább akkora lesz, mint a lánctalpasoké (azonos tömeget feltételezve). [7]

A terepen haladó jármű esetében a tapadás, megkapaszkodás csak bizonyos besüllyedés határáig lehet eredményes. Ugyanis a futómű által okozott túlzott talaj deformáció, talajtűrés a gördülési ellenállást jelentősen megnöveli. Ezért korlátozni szükséges a futómű talajba süllyedését, azaz kellő "lebegtetéséről" is gondoskodni kell. [4]

## A JÁRMŰ FELSZÍNEN TARTÁSA, LEBEGTETÉSE

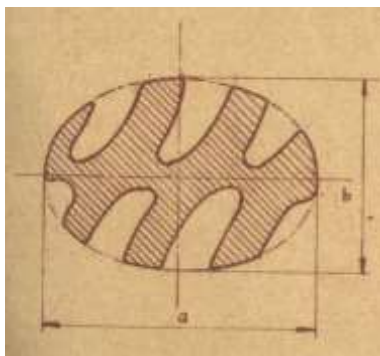
A Föld nehézkedési mezejében bármely tömeg teljes térfogatában állandó lendületgyarapodásának (zuhanásának) viszonzója a felfekvő felületen az  $F_{normális}$  [N] támasztóerő. Az érintkező felületek kölcsönös igénybevétele pedig elmozdulásokat okoz az alakváltozás képében.

Kemény talajon a jármű lebegtetése nem jelent nehézséget, a futómű nem merül el. Azonban a harcjárművek rendeltetésük miatt bármilyen terepen alkalmazásra kerülhetnek. A járművek terepjáró képességének biztosítása a tengelyek, illetve az abroncsok egyenletes terhelésén túlmenően, a fajlagos talajnyomás szükséges értékének biztosításán múlik. A talajra átvihető terhelés, más néven a fajlagos talajnyomás a futóműnek a talajjal érintkező felületével  $A$  [m<sup>2</sup>] kifejezve:

$$q = \frac{F_{normális}}{A} \left[ \frac{N}{m^2} = Pa \right] \quad (22)$$

A közúton használatos futómű talajjal érintkező felülete kicsi ahhoz, hogy a laza, süppedős talaj a nagy tömegű és vékony kerekű járművet megtartsa. A közúti gumikerekes járművek terepen könnyen elmerülhetnek, beásódhatnak, ugyanakkor sérülékenyek és defektre érzékenyek. Csekély kapaszkodóképességüket a terepgumi különleges bordás kapaszkodó kialakítása hivatott fokozni. A jármű  $A_{gumi}$  [m<sup>2</sup>] talajérintkezési felületének növelése – például az abroncs légnyomásának csökkentésével, így a gumi belapulásával - kisebb talajnyomást eredményez.





**3. ábra.** Kerek terepjáró jármű keréklenyomata

$$A_{gumi} = \frac{a}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \pi \text{ [m}^2\text{]} \quad (23)$$

ahol a [m] az ellipszis lenyomat nagytengelye és b [m] a -kistengelye.

Igaz, épített úton az alacsony légnyomású abroncs gördülése teljesítménytöbbletet igényel és így az abroncs élettartama jelentősen lecsökken. Az ilyen gumi fajlagos talajnyomása általában 300-450 kPa. A homokos talaj roskadási hajlama miatt ekkora keréknyomás nem engedhető meg, ezért a keréknyomás csökkentésére fejlesztették ki – többek között - például a lipszoid abroncsot. Profilmagassága kisebb, mint a szélessége, keresztmetszete fél ellipszis (lipszoid) görbéjű. Ennek eredményeként terepen a futófelület középső része homorú, így a talajt középvonal felé tömöríti. 3-4 cm magas ferde bordázata kevésbé tépi a talajszemcséket, így kisebb szilárdságú talajban is képes megkapaszkodni. Ez a kialakítás jelentős mértékben csökkenti a laza és nedves talajon történő haladás menetellenállását és növeli a kapaszkodó képességét. Így elérhető akár a 200-300 kPa fajlagos talajnyomás érték is. Harcjárműveknél fontos szempont, hogy a sérült abroncs ne okozza a jármű mozgásképtelenségét, a jármű oldalra dőlését. Ilyen esetekre alkalmazzák a korlátozott leereszthetőségű abroncsokat. A keréktárcsára az abroncs belsejében egy segéd támasztást szolgáló koszorút helyeznek, amely leeresztéskor átveszi a terhelést. [8] A terepmentnél a kerékköpenyek szükség esetén nyomásmentesen is futtathatók.

Fokozható egy jármű terepjáró képessége a kerekek számának növelésével, de csak könnyű terepjármű lehet kerek, mert csak így lehet megfelelően kicsiny talajnyomást biztosítani. A gumiabroncsos harcjármű terepjáró képessége nem sokkal marad el a lánctalpasé mögött (azonos tömeget feltételezve), ugyanakkor használható közúton is, mégis nagy súlyú jármű csak lánctalpas lehet a kis talajnyomás és ennek folytán a fokozott terepjáró képesség érdekében.

A lánctalpas jármű a terepen a folyamatosan maga elé fektetett útként viselkedő „láncpályán” halad. Gördülő futókerekeire támaszkodik és láncmeghajtó kerekei fogaival "kapaszkodva" a két lánctalp fokain „vonszolja” magát, a létrát mászó emberhez hasonlatosan. A lánctalp legnagyobb előnye a kerékkel szemben, hogy a járműtömeget nagyobb felületen osztja el. Így könnyebben mozog laza, puha talajon, havon és kedvezőbb a vonóerő kifejtési képessége. A lánctalp szerkesztésénél az első támpont a laza homokon közlekedő tevé 50 kPa talpnyomása volt. Lánctalpas jármű talajnyomása a talajtól és a megvalósítható láncfelülettől függően 50 – 100 kPa. [6] Valójában a lánc talajnyomása nem egyenletes. Hatása legjobban lágy talajon, feszes láncsal érvényesül. A lánctalp érzékeny a közé kerülő szilárd tárgyakra (kő, fagyott hó), amik könnyen beszorulhatnak mozgásképtelenséghez vezető lánctag-, lánckerék- és tengelytörést okozva. A lánctalpas harcjármű sokszor hasznos tulajdonsága, kis ívben, de akár helyben is megforduló képessége, valamint lényegesen jobb a terepjáró képessége, ugyanakkor sokkal drágább és rövidebb az élettartama.

## GÉPELEMSÚRLÓDÁS

A csúszástényező figyelembe vételével az egymáson dörzsölődő gépelemek - különösen a fogaskerekék áttételeinek arányában érvényesülő - sebességlépcsői energiavesztéssel járnak. Ezek hatásai a  $Z_{gép}$  gépelem-ellenállásban foglalhatóak össze.

## GYORSÍTÁS

A jármű mozgatásához a kocsi teljes haladó tömegét  $m$  [kg], valamint a forgó tömegeit is gyorsítani kell. Ennek figyelembevétele a kétféle mozgást végző tömeg összevontan, jó közelítéssel a jármű haladó tömegének 10%-al történő növelésével történhet. [3]

$$m' = m \cdot 1,1 \text{ [kg]} \quad (24)$$

Ezzel a gyorsítási ellenállás:

$$Z_{gy} = m' \cdot a \text{ [N]} \quad (25)$$

A gyorsításra fordítandó teljesítmény:

$$P_{gy} = Z_{gy} \cdot v \text{ [W]} \quad (26)$$

Azonban ez az ellenállás figyelmen kívül hagyható, mert fedezése általában a mindenkori vonóerő tartalékból történik.

## KANYARODÁSI ELLENÁLLÁS

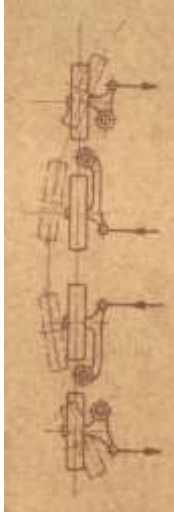
A kerekes járműveknél a csapokon elfordítható kereknek köszönhetően a kanyarodás nem okoz számottevő kormányzási ellenállást és vele többleteljesítmény szükségletet.

A lánctalpas jároszerkezet mérsékelt fajlagos talajnyomása mellett a jó terepjáró-képességgel párosuló kifejtendő nagyobb vonóerőért a lánchajtás nagyobb szerkezeti tömegével és forduláskor nagyobb ellenállással kell megfizetni.

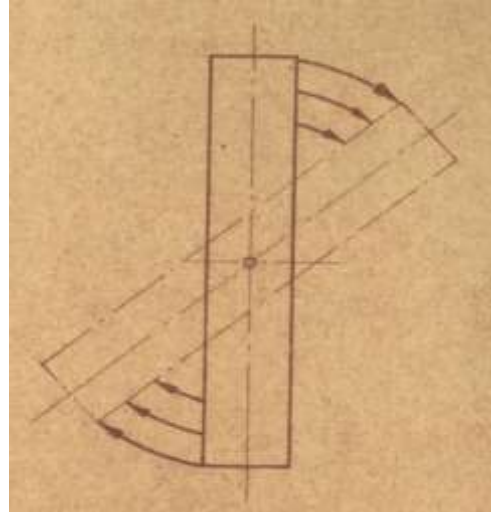
Az ideális lánctalp kanyarulatban haladva beáll a kanyarulati ívbe, oldalirányban hajlékony. Az egyes kerek megfelelően ágyazva csapokon elfordulhatnak, egymástól függetlenül rugózva. Az oldalirányban is hajlékonyan "kormányozható" láncmegoldás csekély kormányzási ellenállást jelentene, de a kivitelezés nehézségei miatt ilyen megoldás a gyakorlatban nem valósult meg. [4]

A merev lánctalpas jároszerkezet kanyarulatban talpának középpontja körül elfordul. A fordulás súrlódással jár és az erre fordított teljesítmény a motor vontatáshoz szükséges teljesítményét növeli. [6]

Mindkét láncos futómű kialakítás esetében forduláskor a lánctagok súrlódása a csapszegeken és futókerekeken megnő, miután a lánc igyekszik behajolni a kanyarulat ívébe.



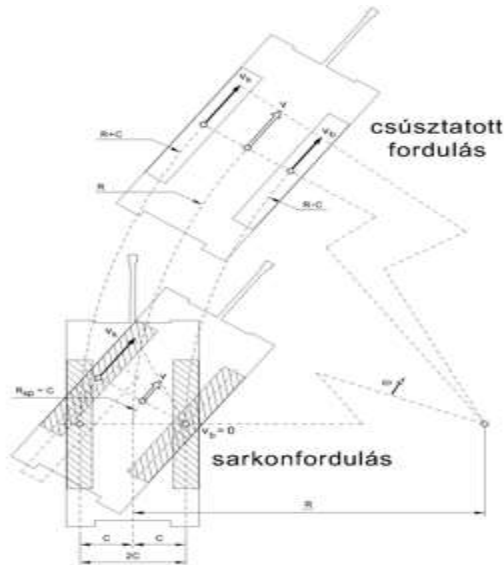
**4. ábra.** Kanyarulatban beálló lánctalpas futómű



**5. ábra.** Merevláncos futómű

A lánctalpas jármű  $\omega$  [1/s] szögsebességű kanyarodásakor végzett mozgása meghatározza a sebességviszonyokat is. A fordulására jellemző három változatként megkülönböztethető az

- ívmenet: mindkét lánc hajtott, de eltérő sebességgel, miközben a kocsi súlypontjának mozgási sugara:  $R$  [m].
- sarkonfordulás: egyik lánc fékezetten áll, a másik hajtott, miközben a súlypont mozgási sugara:  $R = C$  [m] a nyomtáv fél távolsága.
- helybenfordulás: mindkét lánc azonos sebességgel, de ellentétes irányban hajtott, miközben a súlypont mozgási sugara:  $R = 0$  [m] a kocsi  $R_{sp}$  súlypontjában van.



**6. ábra.** Harckocsi kanyarodásakor fennálló mozgásállapotok és sebességviszonyok sarkonfordulás, ill. csúsztatott fékes ívmenet esetében

Az egyenesmenetből kanyarodásba váltó  $R$  [m] járműfordulási sugarat a  $v_{\text{lánc,külső}}$  [m/s] külső lánc változatlanul állandó sebessége mellett a  $v_{\text{lánc,belső}}$  [m/s] belső lánc mindenkor sebessége határozza meg. Ezzel a kocsi ívmeneti  $v$  [m/s] sebessége mindig a két láncsebesség középértéke, amiből a kocsi kanyarulati sebességcsökkenése következik. Amennyiben üzemi okokból szükséges, lehetséges kanyarodás a jármű egyenesmeneti sebességét fordulása közben is megtartó módon, ehhez azonban elengedhetetlen a külső íven futó lánc sebességnövelése. [4] A kanyarodáskor a külső-, illetve a belső láncon fellépő ívmeneti ellenállások:

$$Z_{l\acute{a}nc,k\ddot{u}ls\acute{o}} = F_{norm} \cdot \left( f_{g\ddot{o}rd} + \frac{\mu_{tap}}{2} \cdot \frac{L}{C} \right) [N] \quad (27)$$

$$Z_{l\acute{a}nc,bels\acute{o}} = F_{norm} \cdot \left( f_{g\ddot{o}rd} - \frac{\mu_{tap}}{2} \cdot \frac{L}{C} \right) [N] \quad (28)$$

Ezekkel a kanyarodáshoz szükséges teljesítmény a külső- és a belső láncon:

$$P_{k\ddot{u}ls\acute{o}} = Z_{l\acute{a}nc,k\ddot{u}ls\acute{o}} \cdot v_{l\acute{a}nc,k\ddot{u}ls\acute{o}} [W] \quad (29)$$

$$P_{bels\acute{o}} = Z_{l\acute{a}nc,bels\acute{o}} \cdot v_{l\acute{a}nc,bels\acute{o}} [W] \quad (30)$$

valamint a teljes kocsi:

$$P_{kanyar} = P_{k\ddot{u}ls\acute{o}} - P_{bels\acute{o}} [W] \quad (31)$$

Azonban a járműhaladás szempontjából kanyarodásakor a kocsival haladási sebessége a mértékadó (szemben a lánccsebességgel). Ezért az egész járműre vonatkozó kanyarulati ellenállás:

$$Z_{kanyar} = 2 \cdot F_{norm} \cdot \left( f_{g\ddot{o}rd} + \frac{\mu_{tap}}{2} \cdot \frac{L}{R} \right) [N] \quad (32)$$

összefüggéssel (amelyben ezúttal már a kocsival tengelyére vonatkoztatott R fordulási sugár is megjelent) lehetséges. Ezzel a fordulás ideális teljesítményszükséglete a teljes járműre:

$$P_{kanyar} = Z_{kanyar} \cdot v [W] \quad (33)$$

A legnagyobb teljesítményigény sarkonfordulásakor lép fel. Ez növekedő fordulási sugárral csökken, míg végtelen nagy sugárnál, azaz egyenesben a legkisebb.

## PÁLYAEMELKEDÉS

Az  $\alpha$  [°] szögű emelkedőn haladó járművet a pályára szorító erőből

$$F_{norm} = G \cdot \cos\alpha [N] \quad (34)$$

adódik az emelkedőn fellépő gördülő ellenállás:

$$Z_{em,g\ddot{o}rd} = f_{g\ddot{o}rd} \cdot G \cdot \cos\alpha [N] \quad (35)$$

A kocsit visszahúzó  $Z_{em}$  [N] emelkedési ellenállása, azaz a lejtőmászáshoz szükséges vonóerő a kocsival súlyerejének lejtőirányú összetevőből:

$$Z_{em} = G \cdot \sin\alpha [N] \quad (36)$$

Az emelkedési ellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítmény a  $v_{em}$  [m/s] emelkedési sebességgel kifejezve:

$$P_{em} = Z_{em} \cdot v = G \cdot v \cdot \sin\alpha = G \cdot v_{em} [W] \quad (37)$$

## LEVEGŐ ELLENÁLLÁS

A gépjármű kialakítása, mérete és sebessége befolyásolja a levegő-ellenállást. A jármű alakjára jellemző  $c$  [N/N] ellenállási tényező, valamint a  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] levegő sűrűségének ismeretében a levegő-ellenállás legyőzésére fordítandó vonóerő:

$$Z_{lev} = c \cdot \frac{\rho}{2} \cdot A_{homlok} \cdot v^2 [N] \quad (38)$$

ahol,

$A_{\text{homlok}}$  – a kocszi homlokfelülete [ $\text{m}^2$ ]

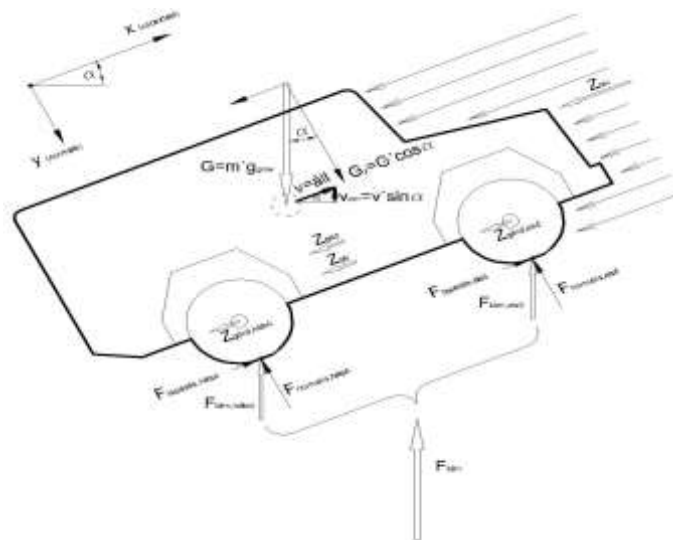
$v$  – a kocszi sebessége a mindenkori szél figyelembevételével [ $\text{m/s}$ ] [14]

A levegőellenállás leküzdésére fordítandó teljesítmény:

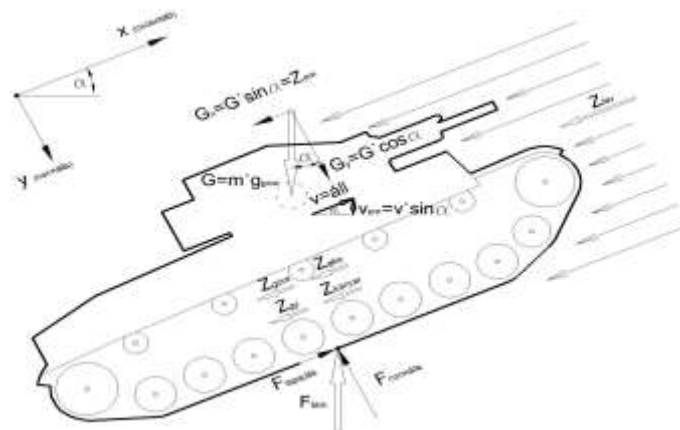
$$P_{lev} = Z_{lev} \cdot v \text{ [W]} \quad (39)$$

Jelentős lehet a légellenállása napjaink nagy sebességű kerekes és lánctalpas harcjárműinek egyaránt.

## A JÁRMŰHALADÁS ENERGIAMÉRLEGE



7. ábra. 4x4 hajtású, állandó sebességgel haladó kerekes járműre ható erők



8. ábra. Állandó sebességgel haladó lánctalpas járműre ható erők

Az emelkedőt állandó sebességgel leküzdő  $m$  [ $\text{kg}$ ] járműre ható erők mérlege a

$v = \text{áll} \rightarrow a_y = 0$  kezdeti feltételekkel

$x$  irányban:

$$F_{\text{tap}} - Z_{\text{görd}} - Z_{\text{gép}}^2 - Z_{\text{gy}}^3 - Z_{\text{kanyar}}^4 - Z_{\text{em}} - Z_{\text{lev}} = m \cdot a_x = 0 \quad (40)$$

<sup>2</sup> A mindenkori vonóerő-tartalékból történik a fedezése

<sup>3</sup> A gépezeti hatásfokkal van figyelembe véve

<sup>4</sup> Csak a lánctalpas futóműre vonatkozó ellenállás

$$\text{ahol} \quad F_{\text{tap,első}} + F_{\text{tap,hátsó}} = F_{\text{tap}} \quad (41)$$

$$Z_{\text{görd,első}} + Z_{\text{görd,hátsó}} = Z_{\text{görd}} \quad (42)$$

$$F_{\text{normális,első}} + F_{\text{normális,hátsó}} = F_{\text{normális}} \quad (43)$$

amiből a vonóerő

$$F_{\text{vonó}} = F_{\text{tap}} = Z_{\text{görd}} + (Z_{\text{kanyar}}) + Z_{\text{em}} + Z_{\text{lev}} \quad (44)$$

a jármű vontatásakor fellépő részellenállásaiból adódik össze.

y irányban:

$$G_y - F_{\text{normális}} = m \cdot a_y = 0 \quad (45)$$

### A VONTATÁS TELJESÍTMÉNYSZÜKSÉGLETE

A vontatás teljesítményszükségletét  $P_{\text{vontatási}}$  [W] a jármű vontatásakor fellépő részteljesítmények összege adja meg:

$$P_{\text{vontatási}} = P_{\text{görd}} + (P_{\text{kanyar}}) + P_{\text{em}} + P_{\text{lev}} \quad (46)$$

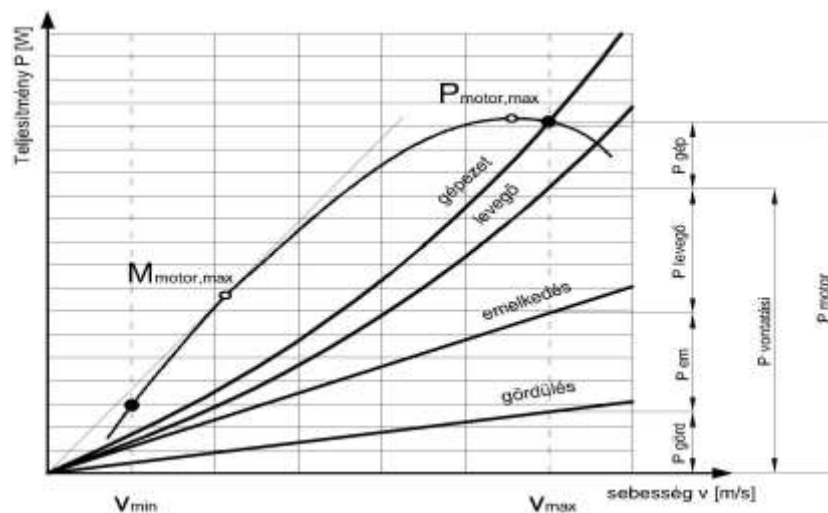
A vontatási teljesítmény két szélsőség között mozoghat:

- Sík terepen legnagyobb sebességgel történő haladás:

$$P_{\text{vontatási},v_{\text{max}}} = \frac{(Z_{\text{görd}} + Z_{\text{lev}}) \cdot v_{\text{max}}}{\eta} \quad (47)$$

Legkisebb sebességgel történő kapaszkodás:

$$P_{\text{vontatási},v_{\text{min}}} = \frac{(Z_{\text{görd}} + Z_{\text{lev}} + Z_{\text{em}}) \cdot v_{\text{min}}}{\eta} \quad (48)$$



**9. ábra.** Kerekes jármű teljesítményszüksége a sebességének függvényében

A motor  $P_{\text{motor}}$  [W] teljesítményének az ellenállások legyőzésére fordítandó  $P_{\text{vontatási}}$  [W] teljesítménynél nagyobbak kell lennie. A hajtómű belső mechanikai veszteségei, azaz a  $\eta_{\text{gép}}$  belső gépezeti hatásfok figyelembevételével. Így a belső gépezeti ellenállás

$$P_{gép} = \frac{1-\eta_{gép}}{\eta_{gép}} \cdot P_{vontatási} [W] \quad (49)$$

Amivel a kocsí vontatási teljesítményszükséglete:

$$P = P_{vontatási} + P_{gép} [W] \quad (50)$$

## MOZGÉKONYSÁG

Katonai értelemben a mozgékonyosság a szabad és gyors helyváltoztatás képességét jelenti a küldetés sikeres végrehajtásának céljából. [9] Ezért a mozgékonyosságot jellemezhetjük a harcjármű közepes sebességével és az egyszeri feltöltéssel megtett úttal. [4] A mozgékonyosság mérhető továbbá az eszköz mozgási szabadságával (a jármű mozgása során a terepjárás százalékban mért hányada) és az átlagos terepi sebességgel, vagy a terepen történő mozgás idejével. [9] A mozgékonyosság felbontható harcászati-, hadműveleti-, illetve stratégiai mozgékonyosságra. A harcászati mozgékonyosságot a harci helyzetben történő mozgás közepes sebessége határozza meg, amit jelentősen befolyásol a jármű fajlagos teljesítménye és a futómű kialakítása, azaz a terepjáró képessége. A hadműveleti mozgékonyosság alatt az egy feltöltéssel megtehető távolságot, azaz a hatótávot értjük. A stratégiai mozgékonyosság az erők nagy távolságra történő- akár - földrészek közötti - szállíthatóságát értjük közúti, légi, akár vízi úton.

## HARCÁSZATI MOZGÉKONYSÁG

Az ellenséggel való érintkezésnek két mozgékonyossági követelménye van. A jó terepjáró képesség, az ellenséges mozdulatok elkerülésének-, valamint a meglepetésből történő közeledés lehetőségének kiaknázása. A gyorsaság, a nagy sebesség, a jó gyorsulás és a hirtelen irányváltás lehetőségének birtokában megfelelően lehet reagálni az éles helyzetek gyorsan változó körülményeire. [7] Terepjáró járművek kialakításának jellemzői a fajlagos teljesítményen és a fajlagos talajnyomáson túl az első, hátsó terepszög, a lépcsőmászó képesség, a gázlóképesség, valamint az árokáthidaló képesség. [10] A süppedő, laza talajon nehézkesen létrehozható vonóerő mellett az árkok, vagy nagyobb buckák, akadályok<sup>5</sup> leküzdése is nehézséget okozhat. Ilyen esetekben előnyös a hosszabb lánctalp, de a jármű súlypontjának helyzete is befolyásolja a felfekvés minőségét. A kerekes harcjárművek árokáthidaló képessége kisebb, fajlagos talajnyomása nagyobb, mint a lánctalpasoké. Mindkét hátrány megfelelő műszaki megoldással ügyes vezetéssel kiegyenlíthető. Négykerekű, kéttengelyes terepjáró jármű árokáthidaló képessége nem haladja meg a kerék átmérőjének kétharmadát. Ellenkező esetben haladás közben a kerekek az árokba zuhannak és a jármű nagy valószínűséggel elakad. Ezért kéttengelyes jármű legfeljebb kerékátmérő szélességű árkot csak úgy küzdhet le, ha ferdén, „mérleg helyzetben” halad át rajta. Hat, szimmetrikusan elhelyezett kerekű jármű esetében a tengelyek egymástól való távolságának 4/5 – részének megfelelő árkon tud áthajtani. A jármű tömege az egyes kerekeken közel egyenletesen oszlik meg, így az nem billen meg, ha az első, vagy a hátsó tengelyek alatt egy-egy pillanatra „elfogy” a talaj. [8] Lánctalpas eszközök a kerekeseknél szélesebb árkot tudnak áthidalni. A lánctalpas jármű földsáncra, lépcsőre, gátra történő felmászásakor a lánctalp talajjal érintkező felülete csökken, a harcjármű tömege a lánctalp 1/5-1/6-od részére esik. Ez jelentősen megnöveli a fajlagos talajnyomást, aminek a

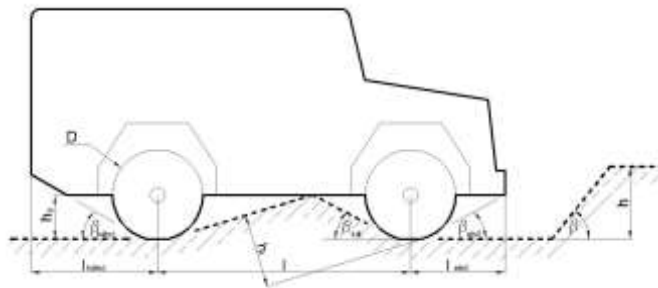
<sup>5</sup> Adott terepszakaszon egyedileg előforduló 0,25 m-t meghaladó magasságú terepalakzatok, szokásosan makroakadályok mint pl.: tereplépcsők, csatornák, gátak

következtében a lánctalp megcsúszhat. Az így, esetleg magát beásó harcjármű mozgásképtelenné is válhat (pl. amikor a haspáncél már „felül” az akadályra).

Kerekes terepjárművek hossz- és keresztirányú makroakadály leküzdő képessége a Mieczyslaw Gregory Bekker vezetésével kidolgozott áthatolási (Vehicle Slope Elevation - VSE) függvény segítségével írható le. A VSE függvény a haladási sebességét figyelmen kívül hagyva a jármű és a terepakadály geometriai adatai:

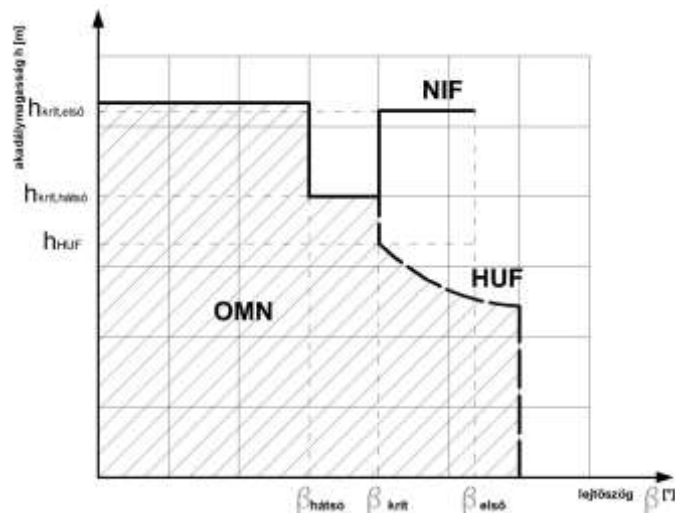
- $l$  [m] tengelytávolság,
- $l_{\text{első}}$  [m] első, illetve  $l_{\text{hátsó}}$  [m] hátsó kinyúlás,
- $D$  [m] kerékátmérő és -szélesség,
- $h_g$  [m] hasmagasság,
- nyomtávolság,
- $\beta_{\text{első}}$  [°] első-, oldalsó- és  $\beta_{\text{hátsó}}$  [°] hátsó terepszög,
- $b$  [°] tereplépcső hajlásszög
- $h$  [m] tereplépcső magassága

között létesít kapcsolatot.



**10. ábra.** Négykerekű jármű és a terepakadályok jellemzői

A módszerrel meghatározható a kereszt- és oldalirányú hasfelütközés- (Hang Up Failure - HUF), illetve az orr és farfelütközés (Nose In Failure – NIF) határgörbéje, azaz hogy mekkora akadálnál érinti a jármű alváza és első-, valamint hátsó kinyúlása a talajt. A jármű geometriai adataiból előállított HUF és NIF függvények összeadása eredményezi a teljes áthatolási görbét.



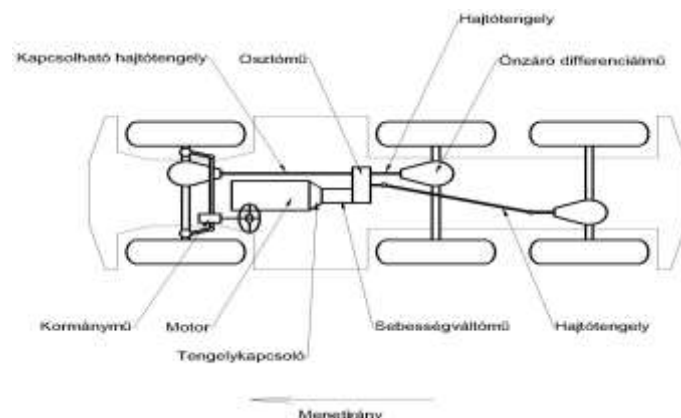
**11. ábra.** Terepjáró jármű áthatolási (VSE) görbéje

A függvény alatti terület mutatja a jármű akadályleküzdő képességét, azon akadályok lejtőszögeinek és magasságainak tartományát ahol a jármű haladása közben még nem akad el. Minél magasabb a VSE függvény, annál jobb a jármű akadályleküzdő képessége. A függvény alatti terület meghatározásával kapott makroakadály mobilitási szám (Obstacles Mobility



Number - OMN) önmagában is alkalmas arra, hogy a járműveket makroakadály leküzdő képességük szerint minősítsük, rangsoroljuk. [11]

A talajt borító növényzet is befolyásolhatja a terepi mozgást. A növényzet benövési sűrűsége, állaga, valamint a hó, jég és az időjárás különböző mértékben nehezítheti az előrejutást. A fagypont körüli hőmérsékletű hó például jobban tapad, ami vonóerő szempontjából ugyan előny, de a lánctalpakra, kerekre is azonnal ráfagyva már akadályt is jelenthet, akár mozgásképtelenséghez is vezethet. A hirtelen irányváltás és a gyorsítás tekintetében a kerekes járművek előnyben vannak, de a legtöbb lánctalpas eszköz képes helyben megfordulni, míg a kerekesek erre jellemzően képtelenek. [7] Megjegyzendő, hogy a két világháború közötti és az azt követő időszak kerekes páncélozott járműveinek jeletős hányada két vezetőállással volt felszerelve az esetleges gyors menetirány-váltás céljából. A harcjárművek élettartamuknak csupán 3 %-át üzemelik vízben. Kételtű járművek esetén emiatt nem érdemes növelni a szerkezet bonyolultságát, így a karbantartási és javítási időt, valamint a kapcsolódó költségeket. Vízi sebesség kérdése másodlagos. Értéke legalább 8 km/h. Gondot okozhat a hermetikus zárás megvalósítása mellett a vízi stabilitás is hullámzaskor, vagy tüzeléskor keletkezett billenések esetén. Lánctalpas, úszó járműveknél a mozgó lánctalp szolgáltatja a vízi meghajtást. A hajtás rossz hatásfokú, alacsony sebesség elérésére képes, igaz egyszerű kialakítású és ellenálló az ellenséges behatásokkal, valamint a víz károsító hatásaival szemben. A könnyen sebezhető hajócsavarokat a vízsugaras hajtómű zárt csatornáiban elhelyezve nagyobb vízi sebesség érhető el. Az úszóképes kerekes járművek bizonyos szerkezeti elemei (pl. fékszerkezet) a víz hatásával szemben érzékenyek, vízmentessé kell azokat tenni. A nagy tömegű jármű úszóképessége csak segédfelszerelések alkalmazásával biztosítható, mert a fő méretekből adódó vízkiszorítás nem elégséges az úszáshoz. [8]

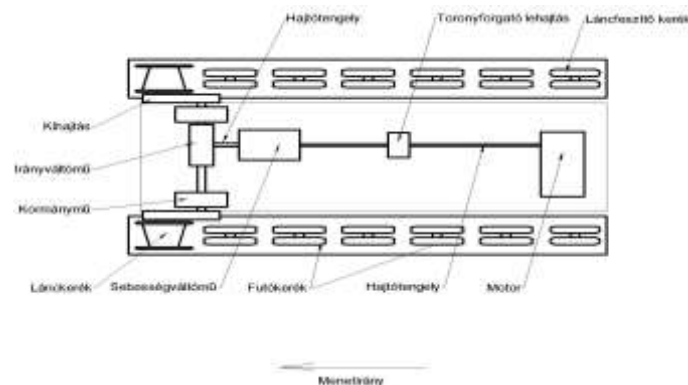


**12. ábra.** Hat kerék meghajtású jármű hajtáslánc vázlata

Kerekes járművek esetén az önzáró differenciálművek szerepe jelentős. A differenciálmű feladata az egy hídon elhelyezett kerekek között nyomaték elosztása, ívmenetben a kerekek közötti fordulatszám-különbség létrehozása a csúszás (farolás) és tengelytörés elkerülése érdekében. Épített útról letérve a nem homogén talajon az egy hídon elhelyezett kerekek között elosztott nyomaték következtében az egyik kerék kipöröghet, míg a másik megállhat. Ezt az általánosan alkalmazott bolygóműves differenciálműveknél a differenciálzár bekapcsolásával megakadályozható. A jármű rugózásának jósága nem csak a menetteljesítményt, hanem a kezelők és a szállított deszant harckészségét is fokozza. Hullámos terepen folytatott meneteknél a fellépő zavaró lengések összetalálkozhatnak a jármű saját lengésével és a rugóút csillapítása elégtelenné válhat és a jármű „felütközik”. Az ún. kapcsolt tárolós rugózás<sup>6</sup> a terepakadályok leküzdését gyakorlatilag sebességkorlátozás nélkül teszi lehetővé. A tökéletesített rugózási

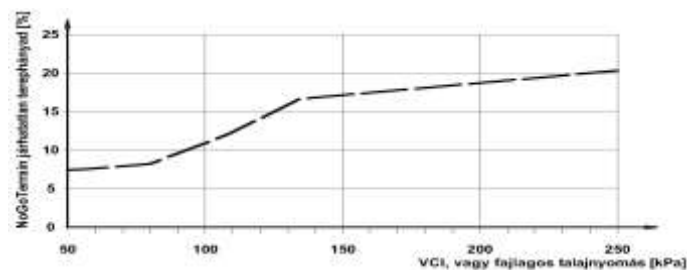
<sup>6</sup> lökésgátló nélkül működik, a futógörgőket himbakarok kapcsolják össze és a rezonanciajelenségeket kiküszöbölik

rendszerek alkalmazása módot ad a fajlagos teljesítmény fokozására, így nagyobb harcászati mozgékonyt eredményezhet, aminek a páncéltörő fegyverek találati valószínűségének csökkentése lehet a következménye. A lánctalpak keréknél nagyobb súlya a jármű teljes tömegének akár 6-8%-a is lehet. A hatásfoka elsősorban a hajtogatási veszteségek miatt kisebb. A lánctalppal szerelt jármű sebessége korlátozott, nagy a rugózatlan tömege és mozgási tehetetlensége. Ugyanakkor meghajtása gyakran az összkerék-hajtásos kerekes járművéknél kevésbé helyigényes, mellette azonban az állandóan hajtogatott láncszemek a nagy erőhatások és a talajszennyeződés miatt jobban kopnak, korróziójuk nagyobb. A hátrányok bizonyos csökkentésére már a második világháború alatt is alkalmaztak gumibetétes lánctalpat.



13. ábra. Első hajtású lánctalpas jármű hajtáslánc vázlata

A jármű harcászati mozgékonytága talaj támasztó képességét és a járműre jellemző fajlagos talajnyomást együttesen figyelembe vevő VCI<sup>7</sup> értékkel (VehicleCone Index = Jármű Kúpos Index) és a NoGoTerrain mutatóval (terep, amin a jármű mozgásképtelenné válik) is jellemezhető. Minél magasabb a VCI értéke, (vagy a talajnyomás) annál kevésbé mozgékony a jármű.



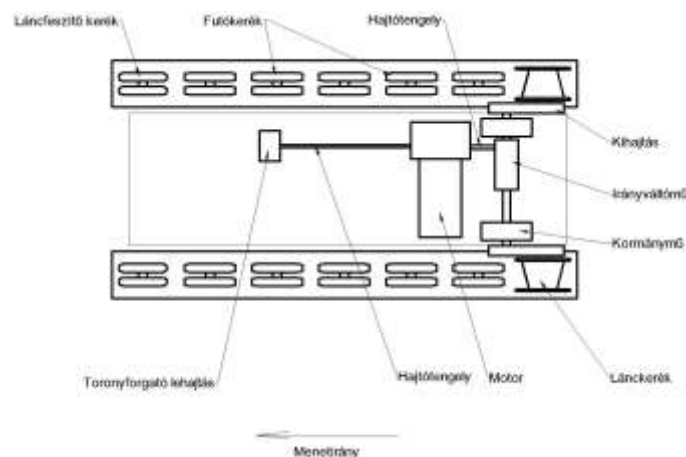
14. ábra. VCI a NoGoTerrain függvényében

A jármű mozgékonytágát nagyban befolyásolja a különböző talajokon történő vonatási, manőverezési körülmények (mint a száraz, nedves, homokos, vagy akár havas talaj, különféle terepakadályokon, árkokon, növényzettel borított, lejtős terepen). A kisebb VCI érték nem csak jobb laza-, akár növényzettel fedett talajon megvalósítható mozgékonytágot jelent, hanem jobb lejtómászó-, és terepakadály leküzdő képességet is. A mozgékonytág szempontjából a lánctalpas jármű kínál jobb megoldást több célú - küldetése során különféle terepeken, a bonyolult felszínen tevékenykedő - felépítmény szállítására, mert a lánctalp a keréknél nagyobb felfekvő felülettel rendelkezik, így kisebb VCI-t eredményez. Ha a katonai műveletek épített utakra korlátozódnak a kerekes járművek kiemelkedő mobilitást és utazósebességet mutatnak, de amikor terepre, nedves-, havas talajra kerülnek, mozgékonytáguk jelentősen lecsökken. [9]

<sup>7</sup> A talaj ellenállását jellemző érték a kúpos penetrométer mérőkúp alakterületére vetített terhelés N/m<sup>2</sup>-ben mérve

## HADMŰVELETI MOZGÉKONYSÁG

Napjaink fegyveres konfliktusainak tapasztalata szerint a nagy sebességű, kötélekben történő menetek a műveletek 70-90%-t teszik ki. A legtöbb haderő felfedezte a kerekcs járművek előnyét a hadműveleti mozgékonyaság terén. Ha úton történő járőrözés, terület ellenőrzés a feladat, - amikor a terepi tevékenység kevesebb, mint az általános mozgás fele - a kerekcs jármű gazdaságossága növekszik, fölénye egyértelmű. Ennek az oka a nagy, úton megtehető távolságok és a gyalogság gyors követésének lehetősége. Előnye a kevesebb üzemanyag töltés céljából történő megállás és a lánctalpasokéhoz képesti nagyobb menetsebesség. A kerekcs járművek nagyobb távolságokat tudnak leküzdeni azáltal, hogy a kezelők nem szenvednek el olyan nagy rázkódást, mint a lánctalpas járművön, ezáltal kevésbé fáradnak ki az utazás során. A harckocsik nagy távolságokra történő szállítására kerekcs harckocsi-szállítókat alkalmaznak. Ez hézagpótló megoldás, aminek legnagyobb hátránya a magas költsége és a szállítóoszlop esetlenebbé és sebezhetőbbé válása. A 30-as években a nehéz kerekcs harcjárművek jelentős talajnyomását kiegészítő hernyótalp felszerelésével igyekeztek csökkenteni. Ez a megoldás napjainkra már teljes feledésbe merült a nagy eszköz és időigénye miatt. Egyes szakértők szerint még a 8x8 kerékképletű, változtatható keréknyomású kerekcs harcjárművek tömegének sem érdemes meghaladnia a 22–23 t össztömeget, hiszen nagyon összetett és költséges kialakítással járna. Az olyan jármű, amely 80mm körüli homlokpáncélt, 30mm oldalpáncélt, 100mm fegyverzetet hordoz, csakis lánctalpas alvázon lehet. Mégis találunk példát 30 t körüli kerekcs eszközökre, igaz azok önjáró lövegek, amiknek a harcászati mozgékonyaság nem az elsődleges feladatuk. Kerekcs az önjáró tüzérség egyik kulcs feltételének, a jó hadműveleti mozgékonyaságuk érdekében. [7] Ha a jármű küldetésének döntő hányadában (> 60%) terepen tevékenykedik, és az össztömege meghaladja a 10 tonnát, a lánctalpas jármű alkalmasabb a feladatra. A páncélozott kerekcs járműveknél a tömeghatár 16-18 tonna körül vonható meg. [8] A 20 tonna össztömeg feletti, de 60%-nál kevesebb terepi igénybevétel esetén a lánctalpas kialakítás szükséges, mert a legjobb - közel korlátlan - mozgékonyaságot biztosítja bármilyen időjárás- és terepviszonyok esetén. [9]



**15. ábra.** Hátsó hajtású lánctalpas jármű hajtáslánc vázlata

## STRATÉGIAI MOZGÉKONYSÁG

Napjaink lánctalpas eszközeinek tömege 3,5 és 65 tonna között van. A kerekcs harcjárművek tömege 3,5 és 35 tonna között mozog, de a legtöbb a 20 t alatti kategóriába esik. Csupán 10%-uk nehezebb. A lánctalpas járművek közel fele a kisebb tömeg kategóriába, a többi nehezebb, 35-65 tonna közé esik. A felépítésükből adódóan kisebb méretű kerekcs járművek nagy távolságokra történő szállítása kisebb rakfelületet és kevesebb üzem-, valamint kenőanyagot

fogyasztást igényel, azaz kisebbek a szállítványozási szükségleteik, ami nagyobb stratégiai mozgékonytágot eredményez. [7] A csapatok mozgékonytágnak növelése repülőgépekkel, helikopterekkel történő szállítással jelentős, így a légideszantok fejlesztésének mindinkább fontos elemévé válik a harcjárművekkel történő ellátásuk, azaz a légi gépesítés. Ezért egyre nagyobb hangsúly helyeződik a páncélozott járművek légi szállítása, terepre történő deszantolására. Így, az ejtőernyős alakulatok - harcjárművekkel történő felszerelésének köszönhetően - sikeres harci tevékenységeket hajthatnak végre, akár nagyobb mélységben is. A légideszant csapatokat támogató harcjárműveknek alkalmasnak kell lenniük szállító repülőgép, illetve helikopter belső terében történő szállításra. Ennek megvalósítását a megfelelően kis méretű és tömegű - akár hibrid hajtású és a kompozit páncélzattal rendelkező - harcjárművek teszik lehetővé a kerekes és lánctalpas kategóriában is.

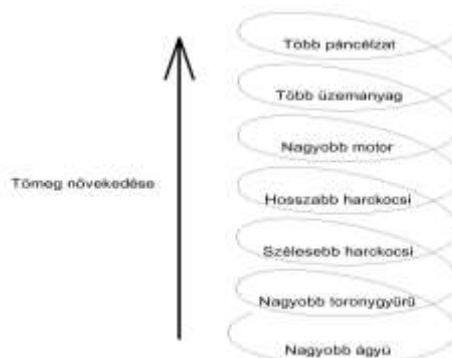
A repülőeszközökkel szállítható hasznos teher nagysága a szállítóeszköz terhelhetőségétől és a célba juttatás módjától függ:

– belsőteres helikopteres szállítással	10-14 t
– helikopterrel függesztve	12-16 t
– szállító repülőgép ejtőernyősdeszant-módszerével	16-32 t
– szállító repülőgéppel leszállósávra	19-78 t
– repülőtérré légiszállítható	78-100 t

Az alapharckocsi deszantolási lehetőségét nagymértékben befolyásolja a rendelkezésre álló légi szállító kapacitás, valamint az alkalmazott harckocsi méret- és tömegjellemzői. Azok jelentős csökkentésével a korszerű konstrukciós és anyagszerkezeti megoldások bevezetésével egy deszantolható alapharckocsi valósulhat meg. [12]

## TÚLÉLÉS

A lánctalpas járművek kialakítása jóval tömörebb (kompaktabb), mint a kerekeseké. A tömörebb felépítés az egyszerű felfüggesztésnek és kocsitesten belül egymáshoz közel elhelyezett (védett) hajtáslánc elemeknek tulajdonítható. Azonos tömegű kerekes és lánctalpas járművek összehasonlítása során a kerekes járművek esetén a hajtáslánc és a felfüggesztés által kitöltött térfogat többszöröse a lánctalpasokénak és sérülékenyebb. A túlélés szempontjából vizsgálva a nagyobb méret észrevehetőbb, könnyebben eltalálható és megsemmisíthető. A méret növekedés a tömeg növekedését, valamint a jármű mozgékonytágnak és mozgathatótágnak csökkenését vonzza magával a tömegspirál ábrán jól érzékelhetően.



16. ábra. Tömegspirál [13]

Egy harcjárműnél a tüzérő növelése nagyobb ágyú beépítését vonzza magával, ami nagyobb toronygyűrű átmérőt igényel. Ezáltal a kocsi szélessége (és hosszúsága) <sup>8</sup> nőni fog, ami a tömegének növekedésével jár. A megnövekedett tömeg miatt a mozgékonyaság szinten tartását egy nagyobb, erősebb motor beépítésével lehet elérni, ami több üzemanyagot fogyaszt. A nagyobb motorhoz erősebb hajtáslánc tartozik. A megnövekedett méretű hajtástér páncélzata is növekedik, ami komoly súlytöbbletet eredményez. Feltételezhetjük még azt is, hogy az így kialakított kocsit vastagabb páncélzattal óvjuk az esetleges lövedék becsapódástól, ami szintén az össztömeget növeli. A méret és a tömeg jelentős növekedése a mozgékonyaság rovására történik.

Lánctalpas járművek helyben képesek megfordulni. Ez a különleges 180°-os irányváltás megnöveli a túlélés esélyét beépített területen, városban, akár összeszűkülő utakon. A lánctalpas eszközök által kínált kisebb körvonal, jobban kihasznált térfogat, fokozott manőverezési képesség és a jobb lövedékekkel szembeni védelem összességében nagyobb túlélési esélyt biztosít a kerekes harcjárművekkel szemben. [9]

## VÉDELEM

Egy „tömörebb” építésű jármű esetén nagyobb az esély hogy nem veszik észre, nem találják el. Régebben a kerekes járművek építése nem volt annyira tömör, és magasabb felépítésűek voltak, mint a lánctalpasok. Ez napjainkra jelentősen megváltozott. Az ellenséges tüzérségi tüzrel szemben mégis mindkét járműtípus hasonlóan sérülékeny. Általánosságban elmondható, hogy a kerekes járművek sebezhetőbbek kisebb kaliberű fegyverek, gránátok, repeszek és aknák által. Mindezt a kevésbé ellenálló fűvott gumis futómű és a sérülékenyebb felfüggesztés eredményezi. A kerekes járművek napjainkban már képesek mérsékelt távolságokat megtenni csökkentett sebességgel találat esetén öntömítő, vagy laposan is gurulni képes kerekeknek köszönhetően. A legtöbb aktív védelmet nyújtó eszköz, eszközrendszer - mint a ködgránát, infra- és lézerbesugárzás érzékelők, zavaró-berendezések, védőrakéták - nem kialakítás függőek, azaz nem számít, hogy kerekes, vagy lánctalpas járműre szerelik fel. Mégis a nehezebb védelmi rendszereket 25 t meghaladó össztömegű járművekre tanácsos felszerelni, ugyanis 25 t tömeg felett 1 tonna növekmény már nem játszik különösebb szerepet. [7]

A passzív védelmet biztosító eszközöket - mint a köténypáncél, gumilapok, láncsor, vagy az érkező lövedékek semlegesítésére robbanó elemeket tartalmazó reaktív páncélzatot a kocsitestre szerelik. A reaktív páncélzatot csak abban az esetben érdemes felszerelni, amikor a többlettömegre nem érzékeny a jármű. A vastag páncélzat egyszerűen nem áll rendelkezésre kerekes járművek esetén a tömegkorlátozás miatt. Nem lenne létjogosultsága a 20 – 25 tonnás kerekes járművek esetében a nehéz gépágyúknál erősebb fegyverekkel szembeni védelemnek. A 6 x 6 és 8 x 8 kerekkepletű járműveknek megvan az az előnye aknarobbanással szemben, hogy egy vagy két gumi sérülésekor a jármű még mindig mozgásképes marad. Ez lehetetlen 4 x 4 hajtású jármű esetén. Bizonyos esetekben a lánctalpas jármű is azonnal mozgásképtelenné válhat aknára futás következtében, például láncszakadást követően. Az előrelátó tervezésnek köszönhetően a könnyű kerekes harcjárművek has alatti védelme nagyobb is lehet nehezebb társaiknál.

---

<sup>8</sup> Harckocsiknál az L/2C (láncfelfekvésű hossz/nyomtáv) arány eszményi értéke 1,5 – 1,8 közötti tartományban javasolt. Ez alatt a kocsi irányítása, egyenesben tartása nehézkessé válik, felette a kanyarodás túlzott kormányerőt igényel.

## NYOM

A nehéz gépjárművek jellegzetes nyomot hagynak a – különösen a nedves – talajon. Hiába kisebb a lánctalpas eszközök fajlagos talajnyomása, szerkezeti kialakításuk miatt az irányváltások jelentősen roncsolják a felső talajréteget, beleértve az azt borító növényzetet is. A kerekes jármű csökkentett súrlódási és gördülési ellenállás következtében a hangforrása jóval kisebb, így ellenség „zaklatására” alkalmasabb, hiszen a lánctalp járása még mindig zajos, nagy távolságból is jól hallható. A kerekes futómű járása - a kisebb zaj mellett - kevésbé rázó, a futóműben kevesebb egymáson gördülő fém-fém kapcsolatnak köszönhetően. A lánctalp fejlesztéseknek köszönhetően, mint például a gumibetétes görgős lánccsap, a lánctalpas járművek zaja is csökkent, de közel sem a kerekes járművek szintjére.

## TÜZERŐ

A kerekes járművek tömegének növekedését jelentősen befolyásolja a fegyverzet. Ezért könnyebb fegyverzettel vannak felszerelve, mint a lánctalpasok. A futóműveknek elő stabilizáló, puhító, csillapító szerepük van, így a menet közbeni célzott tüzelés könnyű fegyverekkel egyszerűbb lehet, mint lánctalpasoknál. [7] A lánctalpas alvázak a mozgékonyság szempontjából vizsgálva kevésbé érzékenyek a nehézfegyverzet hordozására. Néhány nehéz, 25-30 t össztömegű kerekes harcjármű 105-120 mm-es ágyúval van felszerelve. Ezekben az esetekben a jármű stabilitása nem megnyugtató, ami talán a tervezési határt elérését jelzi. Nagyobb teljesítményű, pl.: 140mm-es ágyú kerekes járműre történő építése teljesen elképzelhetetlen. A tüzelési visszahatás akár 50 t járműtömeget is igényelhetne. Az elektromágneses ágyúk könnyebbek lehetnek a lőporral működőknél és nem okoznának elsütésükkor akkora visszahatást, de a kiegészítő felszerelések, mint a generátor, a hűtő- és egyéb berendezések térfogatigénye nagyobb, mint a lőporos lövedékeké. Az önjáró tüzéség által alkalmazott kerekes alvázak esetén menet közben nem történik tüzelés, csak álló helyzetben, „kitalpalva”. Tüzelés közben a visszaható erőket a hidraulikus stabilizátorok felveszik. Ezáltal a taktikai mozgékonyságuk meglehetősen korlátozott. Mivel a csapás helyétől távol vannak felállítva, nem igényelnek komolyabb páncélzatot.

## ÜZEMBEN TARTÁS, KÖLTSÉGEK

A harcjárművek üzemben tartását az üzemanyag felhasználás, a megbízhatóság és a fenntartási-, javítási költségek jellemzik. A jelentős számú polgári célú járműalkatrészből álló kerekes katonai járművek általában olcsóbbak és sokkal megbízhatóbbak, mint a lánctalpasok. [7] Oka a kisebb karbantartási- és a kevesebb különleges pótalkatrész igénye. Fogyasztásuk hagyományosan gazdaságosabb a kisebb súrlódási veszteségű fűvott gumiabroncsú futóműnek és a lágyabb felfüggesztésnek köszönhetően. A kerekes járművek más költségbeli előnnyel is rendelkeznek. Olcsóbb az üzemeltetésük, a kevesebb fogyasztás kisebb üzemanyagtartályt igényel és nagyobb hatótávot nyújt. Napjainkra azonban a kerekes harcjárművek sokkal „katonásabbak” és ezért az előnyük lassan csökken. Figyelembe kell tartanunk azt a tényt is, hogy a kerekes járműveket általánosan nagyobb részben utakon alkalmazzák, míg a lánctalpasokat terepen. Ezért a kerekes járműveket kiválóan alkalmasak támogató szerepkörben, ahol megtett távolság nagy és elsődlegesen úton történik. [9] A lánctalpas futómű előállítás költségesebb, élettartama kisebb (3-5000 km), üzemanyag fogyasztása és karbantartási igénye nagyobb, mint a kerekes járműveknek.

A kerekes eszközökre történő kiképzés sokkal egyszerűbb és gyorsabb a hétköznapi járművezetési, műszaki ismeretek és –gyakorlatnak köszönhetően, valamint a 100 km-enkénti javítási költsége csupán negyede - ötöde a lánctalpasokénak. [8]

## A KEREKES ÉS LÁNCTALPAS JÁRMŰVEK FELOSZTÁSA AZ FELHASZNÁLÁSUK TERÜLETEI SZERINT

A kerekес és lánctalpas járművek alkalmazását jelentős mértékben befolyásolja a küldetés fajtája és a bevetési terep minősége. A vizsgálatok kimutatták, hogy a 20 tonnát meghaladó össztömeg mellett a lánctalpas kialakítás kiválóan alkalmas a taktikai, nagy mozgékonyaságú szerepkörre. Nagyobb túlélést biztosít az olyan vállalkozásokban, ahol a terepjárás meghaladja a menetek 60%-át és időjárás független, korlátlan terepi mozdulatok szükségesek.

	Lánctalpas jármű	Kerekес jármű
Változatos terephez alkalmazkodás	x	
Terepi mozgékonyaság	x	
kiváló lejtómászó képesség	x	
Magas utazósebesség		x
Szállíthatóság		x
Karbantartási költségek		x
Térfogat, kezelőtér	x	
Kormányozhatóság, fordulási sugár	x	
Plusz tömeggel történő terhelhetőség	x	
Arokáthidaló-, lépcsómászó képesség	x	

**3. táblázat.** Lánctalpas és kerekес terepjáró járművek mozgékonyaságának összehasonlítása [9]

Alkalmazási területek	Járműcsalád					
	Könnyű (20 t alatt)		Közepes (20 - 50 t)		Nehéz (50 t felett)	
	kerekес (4x4 5 t felett, 6x6 10t felett)	lánctalpas	kerekес (8x8)	lánctalpas	kerekес	lánctalpas
támadó, ellentámadó súlyponti műveletek	-	-	t	t	-	F
saját csapatok, baráti erők kiszabadtása	-	-	t	t	-	F
támogatás nyújtás humanitárius segélyszállítmányok kísérete háborús, vagy erősen fenyegetett területen	F	-	F	-	-	F
békefenntartó műveletek esetén az ellenálló góccok felszámolása	-	-	-	F	-	F
humanitárius segélyszállítmányok kísérete	F	-	-	-	-	-
védett területek humanitárius védelme	F	F	-	-	-	-
védett területek megerősítése	-	t	t	F	-	t
baráti erők mozgásának védelme, ellenség feltartása, -üldözése	-	F	t	F	-	F
felderítés	F	-	F	-	-	-
célpont meghatározás, -megjelölés közvetett tüzelésre	F	F	-	-	-	-
másodlagos célok védelme, védekezés irányítása	F	F	F	-	-	-
területvédelem, érdekefenntartás	F	F	F	F	-	-
városi harc	-	t	t	t	-	-
közvetett tűz támogatása, műveletek követése támadásban és az ellenséges betörés megállítása	-	t	F	F	-	-

**4. táblázat.** A kerekес-, illetve lánctalpas alvázal épített járműcsaládok jellemző katonai alkalmazási területei [7]

Jelmagyarázat: F – fő tevékenység, t – támogató tevékenység

Az 50 t feletti össztömegű „nehéz” katonai harcjárműcsalád tagjai kizárólag lánctalpas alvázal rendelkeznek, jellemzően nehéz harcokcsik. A közepes járműcsaládot alkotó eszközök

túlnyomó része lánctalpas, azonban itt már megtalálhatóak a 8 x 8 alvázon (25 – 35 t) változatos felépítménnyel rendelkező kerekes harcjárművek, mint nehéz tüzérség, önjáró rakétavető, vagy lövészpáncélos. A könnyű járműcsaládot alkotó eszközök jelentős része 4 x 4 (5 – 9 t), illetve 6 x 6 (10 t felett) kerékképletű kerekes harcjármű. Feladataik közé tartozik a felderítés (gépágyúval felszerelve), a gyalogság szállítása, páncélelhárítás és légvédelem (távírányítású rakétarendszerrel felszerelve), gyalogság támogatása (rövidtávú aknavetővel felszerelve).

## ÖSSZEGZÉS

A kutatások eredményei azt mutatják, hogy nincsen egy kizárólagos feltétel, ami választ tudna adni a kerekes-lánctalpas járművek közötti választásra minden szóba jöhető katonai alkalmazásban, harci helyzetben és küldetésben. Hiszen ami mindenre jó, az a tapasztalatok szerint igazán semmire sem alkalmas. Az eszköz bevetésének körülményeitől, a vele szemben támasztott követelményektől a terep jellegétől és a jármű jellemzőitől együttesen függ a megfelelő felfüggesztéssel ellátott jármű kiválasztása. A lánctalpas futómű tömegét a könnyűfém szerkezeti anyagok – pl. az Al-ötvözetből készült futógörgők – csökkenthetik, élettartamát a gumiba ágyazott lánc-csapszegek növelhetik. A kerekes járműveknél a széles profilú szuperballon és lipszoid abroncsok kedvezőbb fajlagos talajnyomást eredményezhetnek. A kerekek egyedi, független felfüggesztése torziós rugózása vált általánossá. A lánctalpas futómű előállítási költségei magasabbak és az élettartam növeléssel sem éri el a kerekes járművek hasonló értékeit. A lánctalpas jármű egyértelműen drágább, de harcászati alkalmazás szempontjából mégis előnyösebb. A kerekes páncélozott harcjárműveket a nyugati hadseregek – mint például a brit és a francia haderők – kis számban és csupán felderítő és rendfenntartó szerepkörben, míg a szovjet haderő - túlnyomóan - a gépesített gyalogság szállítóeszközeként alkalmazta. A könnyebb motorizált erők előnye a gyors, nagy távolságokban kifejtendő hadmozdulatokban rejlik. A kerekes erők kisebb szállítási kapacitást igényelnek, mint a lánctalpasok által uralt vegyes, kerekes - lánctalpas egységek. A kerekes eszközök könnyebbek és szállítmányozási igényük is kisebb. Az összehasonlító vizsgálat szerint a terepjáró járműveknél 10 t járműtömeg alatt a kereket, 20 tonna felett pedig kifejezetten a lánctalpat javasolt.

### Felhasznált irodalom

- [1] A terepjáróképesség növelésének újabb irányai, Haditechnikai Szemle Hetedik évf. 1973 január – március
- [2] Dr Ilosvai Lajos Gépjárműmechanika előadásvázlat BME Gépjárművek tanszék 2012.
- [3] Kovácsházy Ernő A gépjárműtervezés és méretezés elvei Tankönyvkiadó Budapest 1952.
- [4] Turcsányi Károly (szerk.) Nehéz harckocsi Összehasonlító értékelések, műveleti alkalmazások és a magyar Tas tervezése. Püldo Kiadó 2008.
- [5] Tracks Versus Wheels  
[http://www.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/eng8171](http://www.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/eng8171)  
[letöltés ideje 2013.12.06.](#)
- [6] Kovácsházy Ernő Lánctalpas járművek hajtóműve Járműfejlesztési intézet Budapest 1951.
- [7] Lutz Unterseher, Wheels or tracks? Project on Defense Alternatives, Briefing Memo #16, July 2000 (revised December 2001)



- [8] Lőrincz István-Poór István: Lövészpáncélosok, Páncélos lövészek Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1971.
- [9] Paul Hornback The wheelVersusTrack Dilemma ARMOR – March – April 1998 p. 33-34.
- [10] Bonhardt Attila – Sárhidai Gyula – Winkler László A Magyar Királyi Honvédség Fegyverzete Zrínyi Kiadó, Budapest 1994.
- [11] dr. Turcsányi Károly, Vartman György Járművek akadályleküzdő képességének összehasonlítása a VSE módszer alkalmazásával Haditechnika 2003/3 p.14-19.
- [12] Turcsányi Károly – Hegedűs Ernő A légideszant II. Püedlo kiadó 2009.
- [13] I.F. B. Tytler, N. H. Thomson, B. E. Jones, P. J. H. Wormell and C. E. S. Rylie Vehicles and bridging Brassey's Defence Publishers London 2000.
- [14] Közúti járműrendszerek BME Gépjárművek tanszék 2010.