

Innováció és fenntartható felszíni közlekedés IFFK-Konferencia, Budapest, 2009. szeptember 3-5.

Tehergépjárművek biztonságos rakomány rögzítése és a közlekedési balesetek kapcsolata

Dr.-Ing. Köfalvi Gyula

c. egyetemi docens/ Széchenyi István Egyetem/c/o International Road Transport Union Genf

IRU Közúti Biztonság Bizottság elnöke

ibbkofal@t-online.hu

Abstract:

Európában az áruk továbbításának közel 70%-át közúton, gépjárművekkel végzik. Az előbbieket követően megnövekedett szállítási feladatok nagyobb forgalomsűrűséget, nagyobb átlagos haladási sebességet, nagyobb raksúlyokat eredményeznek. Ennek ellenére a személyi sérüléssel járó közúti közlekedési balesetekben a haszongépjárművek részesedése Európa-szerte átlagosan csak kb. 15%-ra tehető, azonban a nagyobb tömegek és geometriai különbözőségek, az ún. tömeg és forma agresszivitás következtében a haszongépjárművek súlyos baleseteket tudnak okozni.

A rakomány megfelelő biztonságú rögzítése és elhelyezése folyamatosan jelenlévő kérdésköre az áruszállításban.

A különböző nemzeti baleseti statisztikák a rakomány elmozdulásából, helytelen rögzítéséből származó baleseteket általában nem tartalmazzák. Így főképpen az egyes balesetek szakértői vizsgálataiból lehet következtetni arra, hogy a tehergépkocsi balesetek mintegy 25 %-ban játszik a rakomány rögzítése és elhelyezése meghatározó szerepet.

A Németországban végzett közúti ellenőrzések során, amikor zömmel nemzetközi forgalomban résztvevő haszongépjárműveket vizsgáltak meg és arra a megállapításra jutottak, hogy mindössze 27 %-ban volt hibátlan a rakodás, 34 %-ban kisebb hibákat lehetett találni, azonban 39 %-nál meghatározó, balesetveszélyes hiányosságok voltak. Szerző egyes baleseti vizsgálati adatai szerint hazánkban előbbinél kedvezőtlenebb adatokhoz jutnánk egy széleskörű felmérés során.

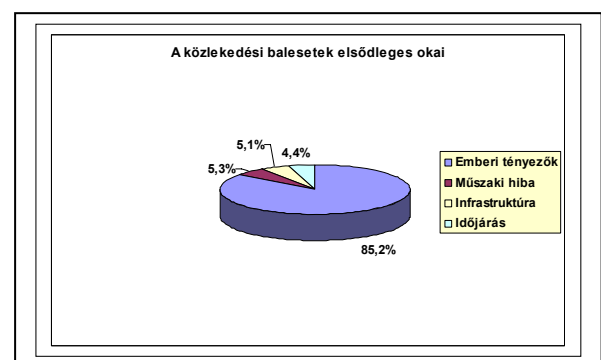
A kombinált szállítási módok szélesebb körű elterjedése különösen igényli a témakör alaposabb elemzését és vizsgálatát.

Ebben a Nemzetközi Közúti Fuvarozási Unió (IRU), mint a közúti áru- és személyszállítókát képviselő világszervezet által támogatott tanulmányban áttekintjük a közúti haszongépjármű közlekedési balesetekben elfoglalt helyzetét, különös tekintettel a tehergépkocsik egyenlőtlen rakomány elhelyezése és a rakományok nem kielégítő biztonságú rögzítési módjaiból származó közlekedési balesetek kapcsolatát és egyben ismertetjük azokat az alap minőségi követelményeket, amelyek széles körű betartásával az ilyen balesetek jelentős része megelőzhető lehessen.

1. BEVEZETÉS

Az ETAC (European Truck Accident Causation Study 2006-2007) kutatás során széleskörű, mély elemzéssel (in-depth) vizsgálták az európai tehergépkocsi balesetek meghatározó okait. A szakértői csoportok több, mint hatszáz (n=624) tehergépkocsi balesetet elemeztek Európa hét országában. (Franciaország, Németország, Magyarország, Olaszország, Hollandia, Szlovénia, Spanyolország).

A vizsgált esetek 85,2%-ban a baleset elsődleges oka valamilyen emberi tényezőre volt vezethető (tehergépkocsi-vezető, személygépkocsi-vezető, gyalogos, stb. hibájára). Az emberi mulasztások eseteknél azonban csak 25%-ban volt a tehergépkocsi-vezető a hibás fél.



1. ábra: A közlekedési balesetek elsődleges okai

Az ETAC elemzés adatbázisában az összes baleset) mindössze 1,4%-ában (9 baleset) volt a baleset elsődleges okozója a rakomány. A kilenc balesetből három esetben azonban felborult a jármű.

Az ETAC kutatás szerint a tehergépkocsik részvételével történt meghatározó főbb balesettípusok a következők:

balesetek útkereszteződésben	27 %
egyenes meneti haladás és ráfutás	20,6 %
sávváltás során	19,5 %
kanyarodás, fordulás során	11,3 %
Egyjárműves balesetek	7,6 %

A vizsgált baleseteknél az alacsony rakomány befolyásoló arány megtévesztő lehet, hiszen a sávváltásos és egyjárműves balesettípusokban második- harmadik baleseti tényezőként szerepelt a rakomány negatív szerepe is. A kutató csoportok szakértőinek egyes baleseti elemzése alapján a különben más balesettípusba sorolt eseteknél is megállapítható volt a rakomány valamilyen negatív befolyásoló szerepe, ezért általánosítható következtetésük szerint a helytelen rakomány elhelyezés és rögzítés a tehergépkocsi balesetek minimum 25-30 %-ban állapítható meg.

A rakomány elhelyezésre illetve hiányos rögzítésre visszavezethető főbb balesettípusok a következőkben foglalhatóak össze:

- Rakomány elcsúszása a rakfelületen
- A szintenként elhelyezett rakomány elcsúszik ill. részben leesik a járműről
- A rakomány teljesen leesik a gépkocsi rakfelületéről
- Az elcsúszó-leeső rakománnyal együtt a jármű is felborul
- A kritikus oldalgyorsulás túllépése következtében a teljes jármű felborul

A következő ábrákban néhány súlyos következménnyel járó rakomány elmozdulásos balesetet mutatunk be a kérdéskör veszélyességének és fontosságának alátámasztására:



2. ábra: Ívmenetben elcsúszott rönkfa rakomány



3. ábra: A hibás gázipalack rögzítés miatti rakományleesés következményei (IbB)



4. ábra A rakfelületen elcsúszott deszka rakomány (Podzuweit)



5. ábra: Sáv váltási manőver során leesett rönkfa szállítmány és felborult pótkocsi autópályán (Lastauto Omnibus)



6. ábra: A teljes járműszerelvény borulása ívmenetben (www.ladungssicherung.com)



7. ábra: Hibás rakomány elhelyezés miatti tehergépkocsi- autóbussz ütközés (IbB)

A rakományrögzítésre, balesetmegelőzésre vonatkozó hazai és nemzetközi előírások, szabványok, ajánlások szakmai rendszabályok.

A kérdéskörre vonatkozó nemzetközi, nemzeti előírások, amelyeket az elmúlt évtizedekben nyilvánosságra hoztak meglehetősen széleskörűek.

A hazai nemzetközi áruszállítást végző fuvarozók az Európaszerte érvényes EN szabványok, Európai Unió szabályozások, illetve bizonyos szakterületek speciális (pl. RID- a vasúti áruszállítás, IMO- a nemzetközi tengeri szállítást, ADR- veszélyes áruk szállítása, stb.) előírásai alapján kell hogy dolgozzanak.

Azt lehet általános érvényeséggel mondani, hogy a fejlett szállítási kultúrákkal rendelkező európai országok közül elsősorban Németországban, Egyesült Királyságban, Svédországban és Ausztriában lehetett már az elmúlt évtizedekben is körültekintő, precíz ajánlásokat, előírásokat, szabványokat találni erről a témakörrel, amely egyben azt is jelentette, hogy szemléletükben, eljárási módszereikben és a széles publikumhoz eltérő megközelítési módban továbbították.

Így például a német megközelítési mód a részletes, precíz kidolgozásban és számítási módokban, az angolszász és a svéd módszerek pedig inkább közérthetőbb módon interpretálták az egyébként magas költségráfordításokkal (állami források) és magas technikai színvonalú kutatások eredményeit. Erre szolgáltató kitűnő példát a 2004-ben – elsősorban az IRU kezdeményezésére és aktív közreműködésével- kidolgozott European Best Practice Guidelines of Cargo Securing for Road Transport elnevezésű, nemzetközi kollektíva közreműködésével kidolgozott részletes szakanyag. (<http://europa.eu.int/transport/road/index.en.htm>) Ebben az anyagban inkább a praktikus megközelítés dominál, azaz inkább különböző táblázatokkal, nomogramokkal oldják meg a szükséges rögzítési módok számítási problémáit és részletesen, széleskörűen ismertetik a meghatározó áruféleségek biztonságtechnikai szempontból kívánatosnak tartott rakomány elhelyezési és rögzítési módjait és eszközeit.

A következőkben – természetesen a teljességre törekvés nélkül- ismertetjük a közúti áruszállításra

vonatkozó európai és nemzeti előírásokat. Itt célszerű arra utalni, hogy Magyarországon ezideig négy európai szabványban (EN) ratifikálták a rakomány rögzítésre vonatkozó fontosabb követelményeket.

EN 12640 Rakományrögzítés közúti járműveken, Rögzítési pontok haszongépjárműveken, minimum követelmények
 EN 12642 Rakományrögzítés közúti járműveken. Haszongépjármű felépítmények, minimum követelmények.
 EN 283 Közúti járművek ponyvainak szilárdsága, cserefelépítmények szilárdsági követelményei
 EN 284 Csereszekrény, ISO és belföldi konténerek, billenő és levehető szállító tartályok
 EN 452 Cserefelépítmények szilárdsági követelményei A-osztály / 1993/
 EN 29367-1 Ro-Ro hajókon szállított közúti járművek rögzítési helyeinek és rögzítő berendezéseinek követelményei
 EN 844-2 Rönk ill. fűrészelt fa szállítása terminológia
 EN 12462 Ponyva szilárdság követelményei
 EN 12195 1. rész Rögzítő erők számítása
 EN 12195 2. rész Műszálas hevederek
 EN 12195 3. rész Rögzítő láncolás
 EN 12195 4. rész Rögzítő drótozás
 EN 12640 Rögzítő helyek
 EN 12691-1 Csereszekrények-ponyva
 EN 12691-2 Csereszekrény- függönyponyva
 EN 12642 Felépítmények, XL Felépítmény szilárdság/ RO/RO
 EN 28367-1 (ISO 9367-1) Haszongépjárművek
 EN 28367-2 (ISO 9367-2) Félpótkocsi
 EN 2006-08 Leemelhető szállító tartályok (T.1. 10 m3)

Meghatározó nemzetközi előírások :

ADR- Veszélyes áruk szállítására vonatkozó előírás Chapter 7.1
 IMO/ILO/UNECE (Nemzetközi Tengeri Szállítás/ Nemzetközi Munkaügyi Szervezet/ENSZ közös szabályozása az áruk szállítására
 VDI 2700 Rakományrögzítés közúti járműveken
 VDI 2700: 2004-11 Közúti járművek rakományrögzítése
 VDI 2700 Blatt 17: Leemelhető szállító tartályok rakományrögzítése
 VDI 2701 Rakományrögzítés közúti járműveken: rögzítőeszköz
 VDI 2702 Rakományrögzítés közúti járműveken: rögzítő erők
 VDI 2703 Rakományrögzítés közúti járműveken, Rögzítő segédeszközök
 DIN 75410 1. Rész Rakományrögzítés közúti járműveken, Haszongépjárművek teherszállításra vonatkozó rögzítési pontjai, ún. minimum követelmények
 DIN 75410 2.rész Rakományrögzítés közúti járműveken ,Rakományrögzítés személygépkocsin, szgk-kombi, és többcélú személygépkocsin.
 DIN 75410 3. Rész Rakományrögzítés közúti járműveken, Rakományrögzítés, merev felépítményű un. transzporter kategóriájú gépjárművön.
 DIN 19695 Különböző formájú betonalapú árufeleségek szállítása és tárolása

Ausztria:

ÖNORM EN 12642 Közúti járművek rakomány rögzítése
 ÖNORM V 5750 1 rész Rakományrögzítés szállításnál. Keletkező erők.
 ÖNORM V 5750 2. Rész Rakományrögzítés szállításnál. Eljárások
 ÖNORM V 5751 Rakományrögzítés szállításnál.Segédeszközök.
 ÖNORM V 5752 Rakományrögzítés szállításnál,Szállító eszköz

ÖNORM V 5701 Tehergépkocsi és pótkocsi cserefelépítmények. Követelmények és ellenőrzés
 BGBL.Nr. 159/1960 Közúti közlekedési szabályok 1960 / Ausztria /

Európai Unió:

96/53/EK ill. 2002/7/EK direktíva

Magyarország:

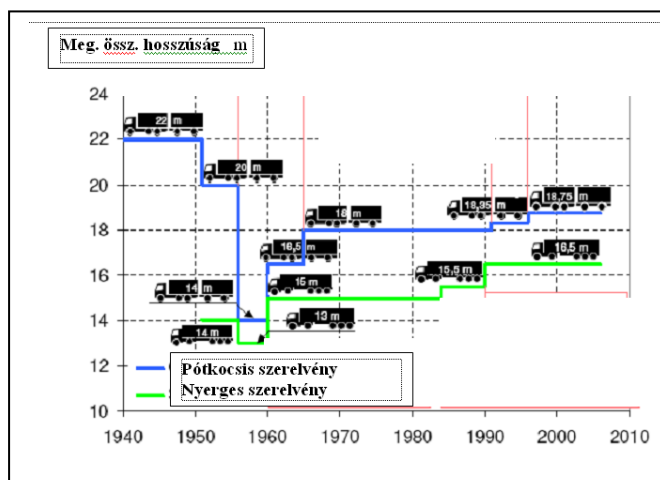
KÖHÉM 5/1990 és 6/1990 rendeletei és módosításai
 Törvény a munkavédelemről / 1993 évi XCIII.tv./
 Közlekedési balesetelhárító és egészségvédő óvórendszabály / 2/1972 / M.K.6./ KPM számú rendelet
 MSZ EN 12195-1 rakományrögzítő eszközök közúti járműveken-rögzítőerők számítása
 MSZ EN 12195-2 -Mesterséges száלבól készült rögzítőheveder
 MSZ EN 12195-3- Rögzítőláncok
 MSZ EN 12195-4 –Rögzítő acélsodrony kötelek

Közúti járművek méret- és tömeg előírásai

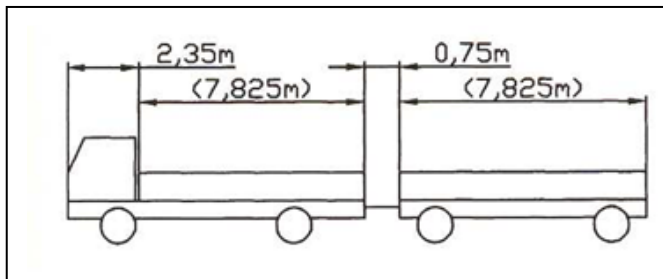
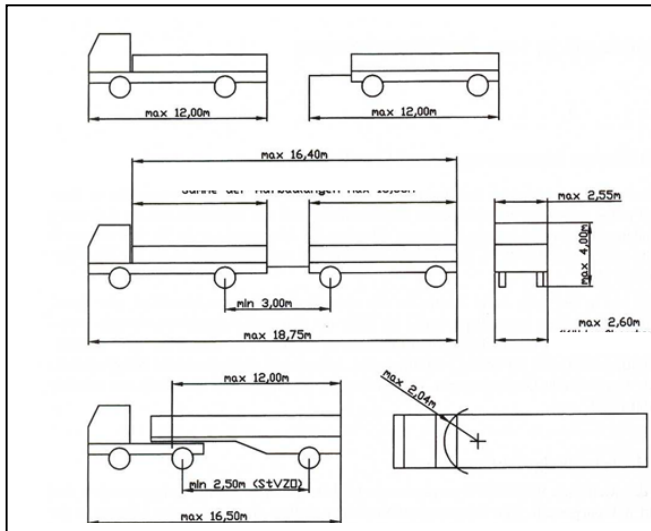
A haszongépjárművek méret- tömeg előírásai jelentős mértékben változtak az elmúlt évtizedekben. Az egyes jármű típusokra vonatkozó értékeket korábban az ENSZ legutóbb pedig az EU szakbizottságaiban, jelentő járműgyártói lobbitevékenység, illetve nemzeti érdekek mentén határozták meg.

A jelenleg (2009 május) érvényes előírásokat ebben a fejezetben tekintjük át.

A nemzetközi, európai un. alap járműtípusokra, nevezetesen a szóló tehergépkocsi , forgósámolyos pótkocsi, pótkocsis szerelvény, nyerges vontató és félpótkocsi esetére az 96/53 EK rendelet és módosítása 2002/7/EK rendelet előírása szerint a megengedett maximális méretek a következő ábrákban szemléltetjük.



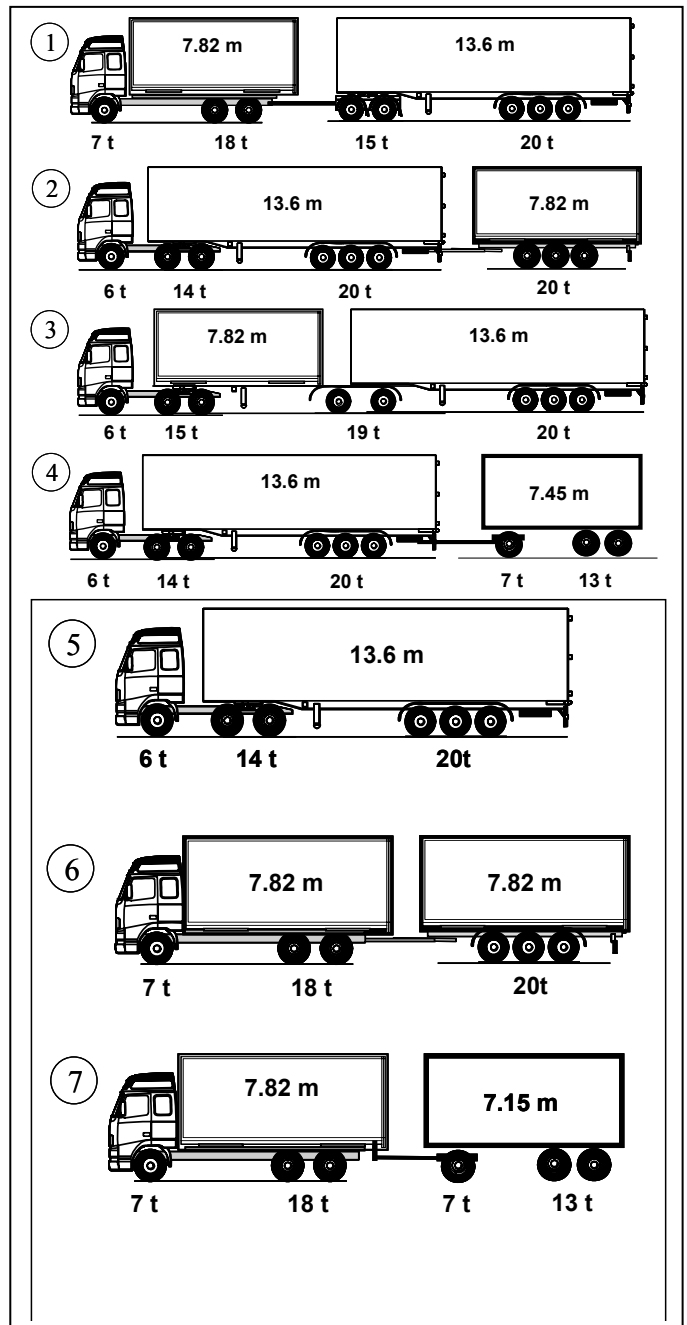
8. ábra A járműszerelvény összes hosszúságának alakulása Európában



9. ábra: Az 96/53/EK- 2002/7/EK előírás szerinti megengedett haszongépjármű méretek

(összes rakodótér hosszúság= 15,65 m, hűtőfelépítmény max. szélessége= 2, 6 m)

A következő ábrában áttekintjük a jelen idő szerint érvényes szabályozás szerint üzemelő (5-7.) , illetve a közeljövő lehetséges un. moduláris jármű kombinációira (1- 4.9 vonatkozó felépítmény méret és tengelyterhelés előírások alakulását:



10. ábra: A jelenlegi és várható megengedett tengelyterhelések és felépítmény hosszúságok Európában

A közúton történő áruszállítás igénybevételei, rakományrögzítési módok és eszközök

A rakományra ható terhelések

A közúti járművekkel történő áruszállítás során a járművek rakfelületén elhelyezett árufelések károsodását

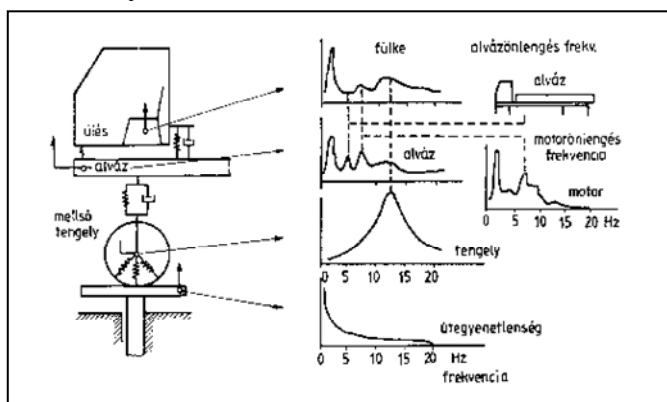
a jármű függőleges –oldal ill. hosszirányú lengései az út egyenetlenségeken történő áthaladáskor, elinduláskor, fékezéskor, valamint az ívmeneti haladás során fellépő igénybevételek okozhatják.

A XXI. század első évtizedére jellemző korszerű haszongépjárművek –különösen a távolsági fuvarozásban résztvevő járművek- már minden tengelyükön légrugózásuk, a vezetőfülke alvázhoz való felfüggesztése is csillapítja az útoldali gerjesztés negatív hatásait.

A *járműlengések* frekvenciái és amplitúdói számításokkal és kísérletekkel különösen a mai kor számítástechnikai támogatásával viszonylag jól modellezhetők és meghatározhatóak. A gépkocsiban utazó ember a függőleges irányú lengésekre általában a 4...8 Hz-es frekvenciatartományban a legérzékenyebb.

A magyarázat erre az, hogy a fej és a gyomor önlengésszáma is ebbe a tartományba esik. Ezért alakult ki az a régi gépkocsivezetői szokás, hogy üres gyomorral nem szabad vezetni. A terhelt gyomor önlengésszáma megváltozik és ezáltal elkerül a kedvezőtlen frekvenciatartományból. Ezért is lényeges a haszongépjárművek széles tömegtartományai esetében is a lengési viselkedésének optimalizálása.

A 11. ábrában a Daimler-Benz mérései alapján a tehergépjárművek különböző részeinek függőleges irányú gyorsulás és elmozdulás amplitúdó tartománya látható.



11. ábra: A jármű tengelyén, alvázán és vezetőfülkéjén kialakuló függőleges gyorsulás és elmozdulás a gerjesztő frekvencia függvényében

(Forrás: E.Göhring, DB)

A gépkocsivezetői fülkénél, amely lényegében a vezetőülésre vonatkozik jellegzetes túllendülések láthatók 1,5 és 5 Hz, 7 Hz, illetve 11 és 13 Hz közötti frekvencia-tartományokban.

Ennek előidézői a következők:

1,5 Hz-nél a felépítmény önlengésszáma,

5,0 Hz-nél az alváz hajlítási önlengésszáma,

7 Hz-nél a motor függőleges önlengésszáma,

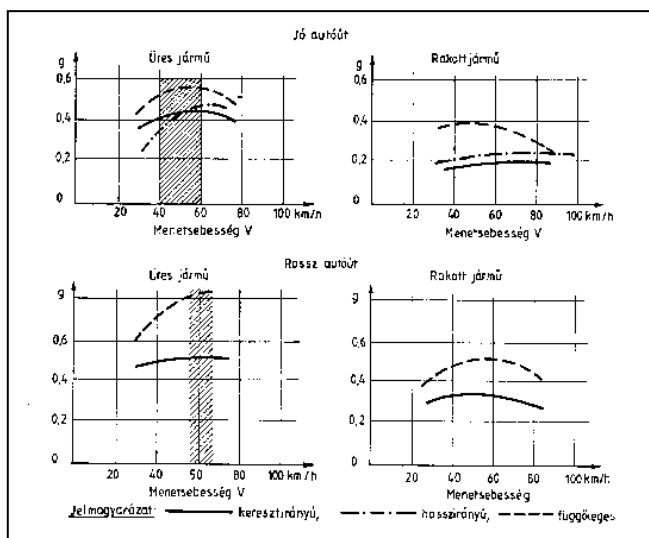
12 Hz-nél az első tengely önlengésszáma.

Az 5 és 7 Hz frekvenciák közötti a gépkocsivezetői komfortot érintő rezonanciák, hajlításra merevebb alváz, illetve felépítmény konstrukcióval, valamint a motor kritikus függőleges gyorsulásait lecsillapító motorfelfüggesztésekkel csökkenthetők, illetve a gépkocsiban ülők számára jobban elviselhető frekvenciatartományokba tolhatók át.

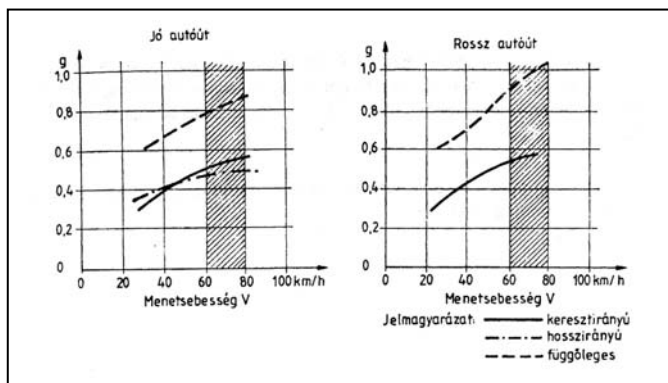
Ezeket a módosításokat már a 90 - es években gyártott tehergépkocsik vezetőfülke felfüggesztései is teljesítik .

Az *út egyenetlenségei* a járművekre menet közben hatnak és függőleges lengésekre késztetik. A külső gerjesztéstől függően ezek a gépkocsi különböző szerkezeti részeivel lengő rendszert alkotva - (az önlengés számuk közeli tartományba kerül) kritikus méretű kitérésekben jelentkezve olyan kedvezőtlen járműlengéseket eredményeznek, amelyek nem csak a menetkomfortot, hanem a biztonságot is veszélyeztetik, pl.: a „kígyózva” lengő pótkocsi!

A pálya egyenetlenségei hatására fellépő függőleges tömegerők a teher felfekvési nyomását és ezzel a súrlódási erőt is befolyásolják. Ez az egyik oka annak, hogy a nem rögzített árudarabok menet közben elmozdulnak a járművek rakfelületén.



12 ábra: Tehergépkocsik rakfelületein kialakuló gyorsulások a menetsebesség függvényében, régebbi hazai utakon (Forrás : Koller S.)



13. ábra: A pótkocsi rakfelületén ébredő gyorsulások alakulása régebbi hazai közutakon a menetsebesség függvényében (Forrás : Koller)

A 12 és 13. ábrák a tehergépkocsival és pótkocsis tehergépkocsival, különböző minőségű magyarországi utakon végzett mérések eredményeit szemlélteti. A döntően 80-as évekből származó mérések diagramjaiban jól érzékelhetően látható a függőleges, oldalirányú és hosszirányú gyorsulások alakulása a menetsebesség függvényében. A vízszintes gyorsulások, mind menetirányban, mind arra merőlegesen (oldalirány) kisebbek mint a függőleges irányú gyorsulásoknál.

A pótkocsi esetében a függőleges gyorsulások eléri az 1 g-t (a nehézségi gyorsulás $9,81 \text{ m/s}^2$ értékét). A mérési oszcillogramokban helyenként 2

g nagyságú gyorsulások is előfordultak. Jól látható, hogy 70 km/h sebesség felett a pótkocsi mind a függőleges, mind a keresztirányú gyorsulások növekvő jellegűek.

Előbbiek következtében tehát főképpen a pótkocsikon jelentkezik a rakományra ható többlet igénybevétel.

Természetesen a mai távolsági fuvarozásban meghatározó mértékben alkalmazott légrugós tengely felfüggesztések előbbieknél kisebb nagyságú feépítmény gyorsulásokat eredményeznek, azonban nem szabad megfeledkezni arról, hogy nagy számban közlekednek az utakon a fém- ugyan parabolrugós tehergépkocsik is. (különböző billenő, többtengelyes építőipari – útépítésnél használatos tehergépkocsik is.

A 90-es évek közepén a FH München (prof. U. Podzuweit) méréseket végzett a légrugós felfüggesztésű félpótkocsikon szállított árukra ható hossz- és függőleges irányú gyorsulások meghatározása érdekében.

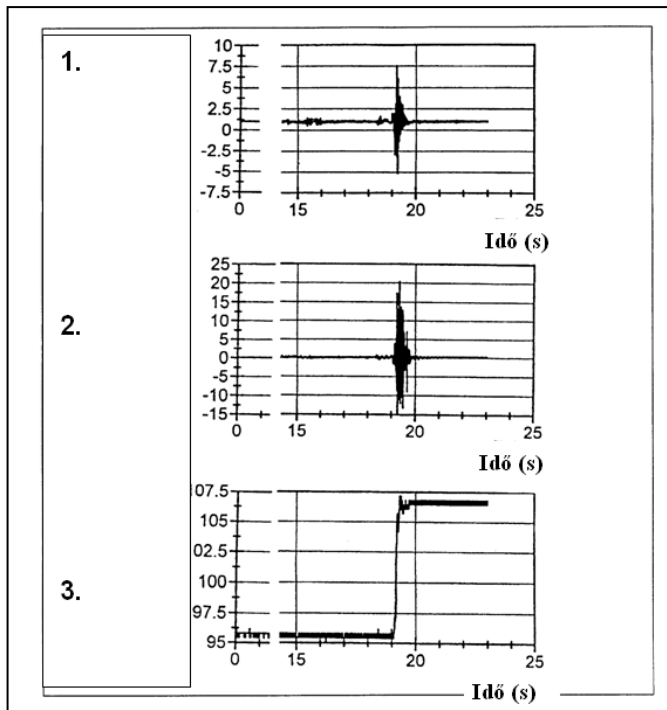
A 24 t össztömegű, 3 tengerlyes félpótkocsi, 7,5 t tömegű rakományt, BIC tartályban 1000 l vízfeltöltéssel, a félpótkocsi tengely agregátzjának tartományában helyezték el.

A súrlódó párok : fém/ szita

Sebesség : 25 km/h

Akadály magassága: 90 mm

A mérési eredmények a 14. ábrában láthatóak:



14. ábra: A függőleges- és hosszirányú gyorsulás mért értékei

1. A függőleges irányú gyorsulás a félpótkocsi hátsó agregátjának síkjában: ca. 7,5 g
2. A rakomány hosszirányú gyorsulása : ca. 20 g
3. rakomány hosszirányú elmozdulása : ca. 10 mm

A járművek indításakor, valamint hirtelen gyorsítás következtében léphetnek még fel lökészerűen jelentkező hatások, főképpen a tengelykapcsoló durvább működtetésekor. Ez a hatás azonban gyakoriságát és erősségét tekintve harmadrendű a fékezéskor fellépő erőhatásokhoz viszonyítva. A járművek fékezésekor a lassulás fejthet ki káros hatást az árura, amihez - különösen lágy rugózás esetében, amelyre az utóbbi időben széles körben elterjedt légrugózás miatt számítani kell - még ún. bólintó lengések is járnak.

Rakományrögzítés követelményei

A 1 ábra táblázatában a különböző európai országokban előírt vagy ajánlott hossz- és

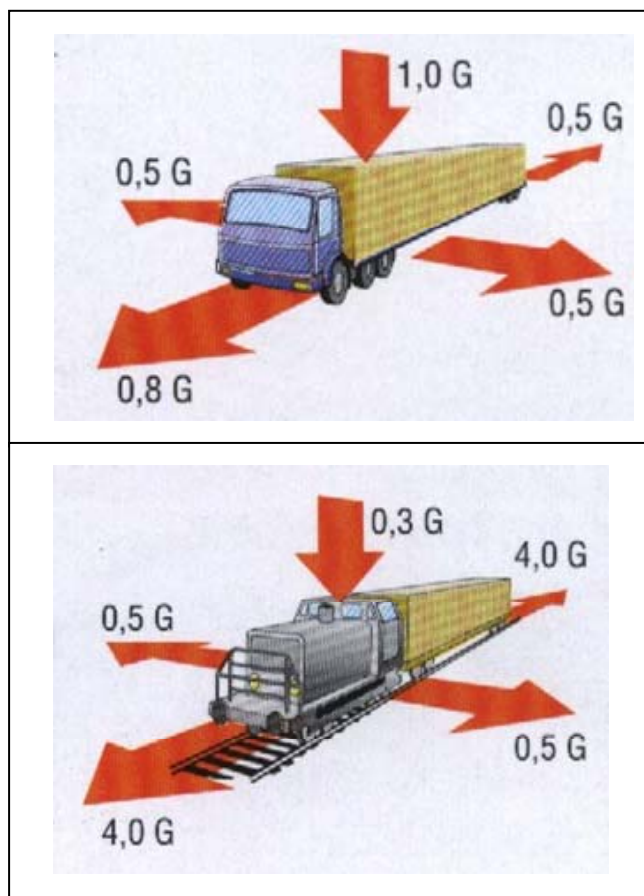
keresztirányú fajlagos rögzítési erőket foglaltuk össze.

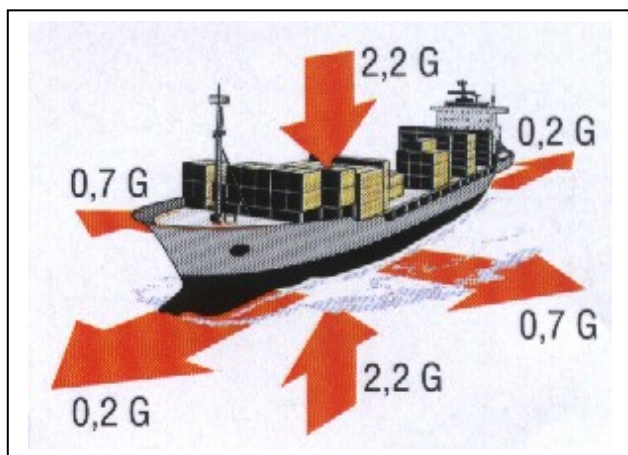
Ország	Egyesült Királyság	Svédország	VDI 2702 Németország	BC Németország	Bliánus Németország	Bliánus Németország	SL Egyéb országok	ÖNORM Ausztria
Meneirány	1,1G	1,0G	0,8G	1,0G	1,0G	1,2G	0,5G	1,0G
Hátrafelé	0,8G	0,5G	0,5G	0,5G	0,6G	0,8G	-	0,5G
Oldalirány	0,8G	0,5G	0,5G	0,5G	0,6G	0,8G	-	0,5G
Felfelé	1,1G	-	1,1G	1,1G	-	-	0,5G-1,2G	1,1G
Lefelé	1,1G	-	1,1G	1,1G	-	-	0,5G-1,0G	1,1G

1 ábra: Az előírt vagy ajánlott hossz- és keresztirányú rögzítési erők Európában

A táblázatbeli különbözőségekből jól érzékelhetőek a nemzeti előírások közötti különbözőségek és ezáltal különböző biztonsági szint.

A biztonságosnak tartott hossz- függőleges és keresztirányú rögzítési erőket ábrázolja a német VDI 2700 akánlás szerint, különböző szállítási módok és eszközök esetében – közút-vasút- tengeri szállítás esetében a 16. ábra.





2 ábra: A különböző irányú szükséges rögzítési erők a főbb közlekedési alágzatokban történő áruszállítás során

(Az itt bemutatott fajlagos rögzítő erőt az un. c tényezővel határozzuk meg.)

A tengeri szállítás során különösen a hajó dőléséből és bólintásából származó lengései következtében kell ilyen irányban nagyobb rögzítő erő igényével számolni.



3 ábra: A tengeri szállítás során fellépő igénybevétel előidézői

A tengeri szállításra vonatkozóan az IMO/ILO (Nemzetközi Tengerészeti Szervezet és Nemzetközi Munkaügyi Szervezet) külön előírásokat fogalmazott meg, amelyeket az ENSZ WP 24. Kombinált szállítás szakbizottságával együttesen hozták létre.

A tengeri szállítánál figyelembe veendő, rögzítő erőket három, különböző tengerrészre vonatkoztatva határozták meg.

Tengertípus	Előre ható rögzítő erő (dinamikus hatás)	Oldalirányban ható rögzítőerő(dinamikus hatás)	Hátrafelé ható rögzítőerő(dinamikus hatás)
Keleti-tenger	0,3 g (+/- 0,5 g)	0,3 g (+/- 0,5 g)	0,5 g
Északi-tenger	0,3 g(+/- 0,7 g)	0,3g(+/- 0,7 g)	0,7g
Óceáni hajózás	0,4g(+/- 0,8 g)	0,4g(+/- 0,8 g)	0,8g

A függőleges irányú erőhatást általánosan 1,0 g (+/- 0.8 g) értékben veszik figyelembe. (Forrás: CTU-Packlinie – Németország)

A közúti áruszállításban a különböző rakomány rögzítési módok révén tehát azt lehet mondani, hogy a maximális fékezési lassulás fellépése esetén 0,8G (tehát a teher 80 %-a) nagyságú rögzítőerő előre, 0,5G-t hátrafelé, oldalirányban pedig 0,5G biztosítóerő szükséges. Ezen utóbbi értéket a rakomány felbillenésére történő biztosítás esetében 0,7-re kell növelni.

A rakomány elhelyezés és rögzítés alap követelményei

A rakomány mérete-tömege- és érzékenysége szerint a megfelelő szállítójármű kiválasztása.

A rakomány súlypontjának lehetőség szerint a jármű hossz tengelyében, a lehető legalacsonyabban kell elhelyezkednie.

A megengedett jármű összes-tömeget, az egyes tengelyterheléseket nem lehet túllépni. A

kormányzott tengelyre vonatkozó minimális tengelyterhelést nem lehet csökkenteni.

Részterhelésnél gondoskodni kell a tengelyenkénti egyenletes teherelosztásról.

A rakományt úgy kell egymás mellé helyezni, rögzíteni, hogy a szokásos menetviselkedéskor fellépő erők hatására ne tudjon elcsúszni, elgördülni, leesni, vagy a jármű felborulását okozni. A maximális fékhatás, a szűk kitérésű manőverek valamint az előre nem látható rossz út-és időjárási körülmények a szokásos menetviselkedéshez tartoznak. A rakományrögzítésnek tehát ilyen körülmények között is hatásosnak kell lennie.

5. A haladási sebességet a rakománynak, az út-és forgalmi viszonyoknak és a jármű menettulajdonságainak megfelelően kell megválasztani.

Rakományrögzítési módok

Rakományrögzítési módok

Alakzáró rögzítés (a rakomány érintkezik a gépkocsi homlok- vagy oldalfalával ill. a kitámasztó elemekkel)

Súrlódási erőzáró kapcsolat(a rakomány és a rakfelület vagy rakomány-rakomány közötti súrlódási erő biztosítja a rögzítő erőt)

Anyagzáró kapcsolat(pl. hegesztés)

Egyéb

Rakományrögzítő eszközök

A tehergépkocsi rakományainak rögzítésére a következő biztosító eszközök szolgálnak:

- amegerősített gépkocsi homlok- oldal és hátfal,
- mélyített rakodófelület / esetleg lefedett /
- koszorúképzésre alkalmas rakományok,
- rakoncák,
- rögzítő csúszósínek / heveder-kötél-záró rakoncákkal kombinálva/
- rögzítési helyek / szilárd ill. mozgatható /
- feszítőcsörlők / hevederek ill. kötelek kombinációjával/
- konténerrögzítők,
- biztosító eszközök / ékek, rögzítőfák stb. /
- súrlódási tényezőt növelő alátétek ill. betétek,
- láncok, kötelek / természetes anyagu, műanyag-ill. acélkötelek /
- hevederfeszítők

-heveder ill. élvédők,

-kitöltő anyag / pl.: felfújható zsák /

-ponyvák és hálók

Ezeket a biztosító eszközöket a későbbiekben ismertetett elvek alapján a rakomány tömegének, nagyságának, érzékenységének, stb. megfelelően kell kiválasztani.

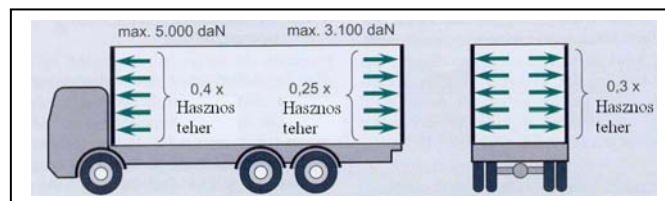
A rögzítőeszközökre vonatkozó általános követelmények :

Minden rögzítőeszközt el kell látni egy minősítő etikettel, amelynek tartalmaznia kell :

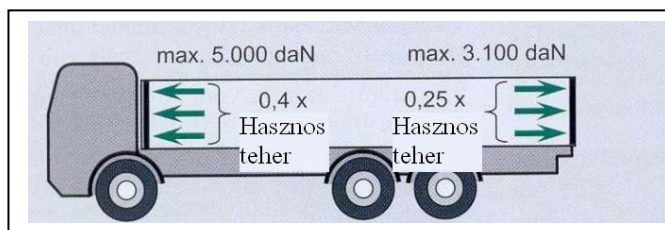
- gyártó megnevezését
- gyártási dátum / év, hónap /
- megengedett húzóerő Fmeg ill. LC / daN / értékét
- előírás: „ Nem emelés, csak feszítés ! „

A szállító járműre vonatkozó szilárdsági követelményeket a következő haszongépjármű részekre vonatkozóan ismertetjük:

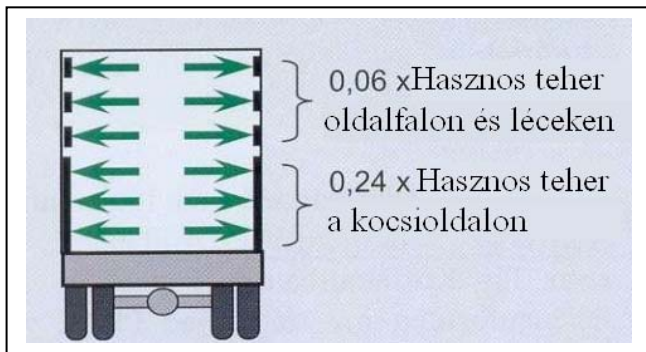
- Homlokfal
- Oldalfal
- Ponyva
- Rakfelület
- Rakoncák, rögzítő helyek



a) Dobozos (zárt) felépítmény szilárdsági követelményei



b) Oldalfalak (ponyvás felépítmény nélkül) szilárdsági követelményei



c) Oldalfalak és ponyvás felépítmény szilárdsági követelményei

4 ábra: A DIN EN 12642 előírás szerinti homlok- oldal-hátfal szilárdsági követelmények

Az EN 12642 XL előírásban az un. megerősített homlok –oldal és hátfal követelményeket foglalták össze. (2006)

	DC 9.5	EN 12642 L	EN 12642 XL
Homlokfal	13.500 daN	5.000 daN	13.500 daN
Oldalfal (standard)	8.100 daN	8.100 daN	10.700 daN
Oldalfal (boks)			13.500 daN
Hátfal	8.100 daN	3.100 daN	8.100 daN

18. ábra: A homlok-oldal-hátfalra jelenleg érvényes európai szilárdsági követelmények

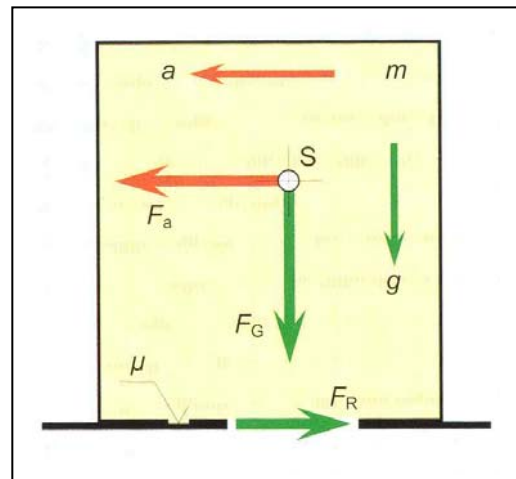
A korábbiakban már ismertetett különböző irányú rögzítő erőknél figyelembe vett fajlagos un. gyorsulás tényező- t „C,, definiálja a DIN EN 12195-1 előírása

$$C = a/g$$

képlettel (dimenzió nélküli számként)

Ez lényegében a $c = 0,8$ (előre), $c = 0,5$ oldal (billenésre $0,7$), $c = 0,5$ (hátra) értékeket jelent.

A rakomány rakfelületen, vagy egymáson történő csúszása:



5 ábra Rakományegységre ható erőhatások csúszás során

A tömegelő:

$$F_a = m \times a$$

A súlyelő:

$$F_G = m \times g$$

Mivel $c = a/g$

$$F_a = m \times c \times g = c \times F_G$$

A súrlódási erő:

$$F_R = \mu \times F_G = \mu \times m \times g$$

Pótlólagos rögzítés szükséges csúszásra:

Előre $\mu < 0,8$

Oldalra $\mu < 0,7$

Hátra $\mu < 0,5$

Tartó erő definíció: mivel a súrlódásból származó (ill. visszabillentő nyomaték) együttesen nem elegendő a rakomány elmozdulásának megakadályozására, ezért pótlólagos tartóerő létrehozása szükséges.

$$F_h = F_a - F_R$$

Mivel: $F_a = m \times c \times g = c \times F_g$

$$F_R = \mu \times F_G = \mu \times m \times g$$

A tartó erő:

$$F_h = m \times g (c - \mu)$$

A szükséges tartóerő csúszásra :

Előre $F_h = \mu \times g (0,8 - \mu)$

Oldalra $F_h = \mu \times g (0,5 - \mu)$

Hátra $F_h = \mu \times g (0,5 - \mu)$

Az elcsúszás feltétele :

$$\mu \leq c$$

Előbbi összefüggés szerint viszonylag gyorsan megállapítható a rakomány csúszásának határértéke, ehhez azonban ismerni kell a rakomány és a rakfelület közötti súrlódási tényező nagyságát.

Hosszirányban például akkor biztosított a rakomány amennyiben a súrlódási tényező nagysága min. 0,8 értékű. ($\mu = 0,8$)

Összefoglalva azt lehet mondani, hogy amennyiben a súrlódási tényező hosszirányban kisebb, mint 0,8, oldal – és hátra irányban 0,5, abban az esetben pótlólagos rögzítési módot is kell alkalmazni a csúszás elkerülése érdekében.

Amennyiben az egymásra helyezett rakomány egységek nem csúsznak el egymáson, abban az esetben az egész rakatot egyetlen egységnek lehet tekinteni.

A rakomány rakfelületen történő billenése:

Ahol:

F_a- súlyerő

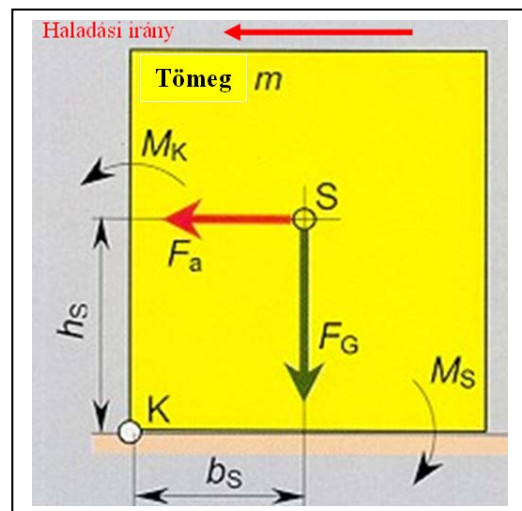
F_a- tömegeerő

M_k- billentő nyomaték

M_s- súlyerő visszatérítő nyomatéka

K-billenési él

m-rakomány tömeg



20. ábra: Erő- és nyomaték viszonyok billenés során

A billentő nyomaték:

$$M_k = F_a \times h_s$$

A visszatartó nyomaték:

$$M_s = F_g \times b_s$$

A billenés nem következik be, amennyiben

$$M_s \geq M_k$$

Rakomány rögzítése szükséges billenés ellen amennyiben:

Előre $b_s/h_s < 0,8$

Oldalra $b_s/h_s < 0,7$

Hátra $b_s/h_s < 0,5$

A szükséges tartóerő nagysága billenésre:

Előre :

$$F_{HE} = \frac{m \cdot g \cdot h_s}{e_h} \left(0,8 - \frac{b_s}{h_s} \right)$$

Oldalra :

$$F_{HO} = \frac{m \cdot g \cdot h_s}{e_h} \left(0,7 - \frac{b_s}{h_s} \right)$$

Hátra :

$$F_{HH} = \frac{m \cdot g \cdot h_s}{e_h} \left(0,5 - \frac{b_s}{h_s} \right)$$

Ahol:

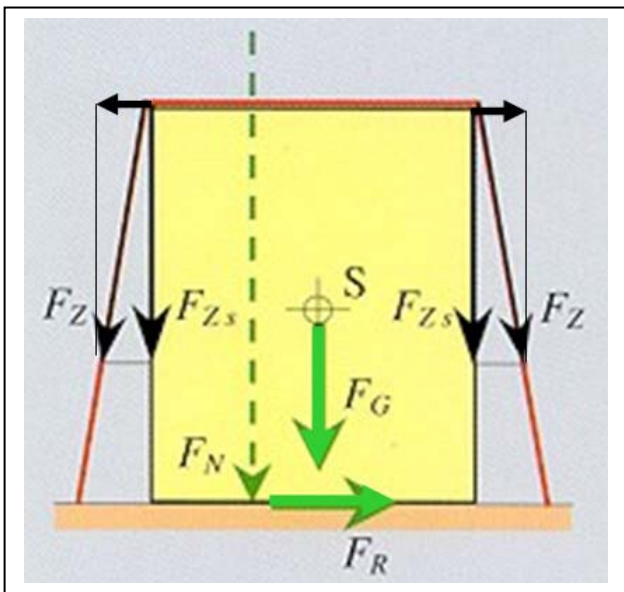
F_h – tartóerő

E_h – tartóerő távolsági mérete

A leszorításos rögzítés fizikai alapjai:

A leszorításos rögzítés ellenőrzése csúszás esetében.

Ebben a rakományrögzítési módnál a leszorításból származó pótólágos normális irányú erővel a súrlódási erő nagyságát növeljük meg.



21. ábra: A leszorítás során keletkező erőhatások(ideális eset)

A súrlódási erő:

$$F_r = \mu \times F_n$$

A függőleges irányú un.normál erő :

$$F_n = F_g + n \times 2 \times F_{zs}$$

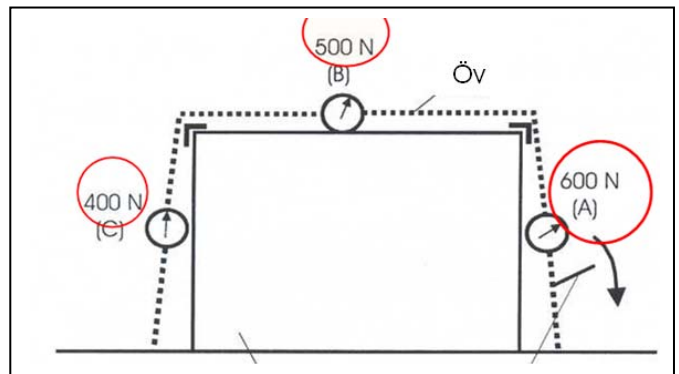
Ahol :

F_g – súlyerő

F_n – normál erő(súlyerő+ leszorító erő)

F_{zs} – függőleges leszorító erő

A fenti ábrában bemutatott leszorítás egy idealizált esetet mutat, amelyben nem vettük figyelembe azt a tényt, hogy a ilyen hevederrel történő leszorítás során nem lehet mindkettő rakomány oldalon ugyanakkora nagyságú függőleges irányú erő komponenssel számolni, mivel a heveder és a rakomány közötti súrlódás miatt – az érintkezési szög tartományában- a feszítő szerkezettel ellentétes oldalon kisebb erő alakul ki.



22. ábra: A kétoldali leszorító erők nagysága
(Forrás: Podzuweit 2003)

Előbbi hatás jellemzésére a DIN EN 12195-1 számú előírásban az un. feszítőerő átadási tényezőt (k) vezették be:

Feszítő erő átadási tényező (k)	Súrlódási viszonyok
1,5	Ismeretlen (heveder)
1,5 < k < 2	Jó súrlódási viszonyok
<u>K=2</u>	Mindkét oldalon van feszítő szerkezet

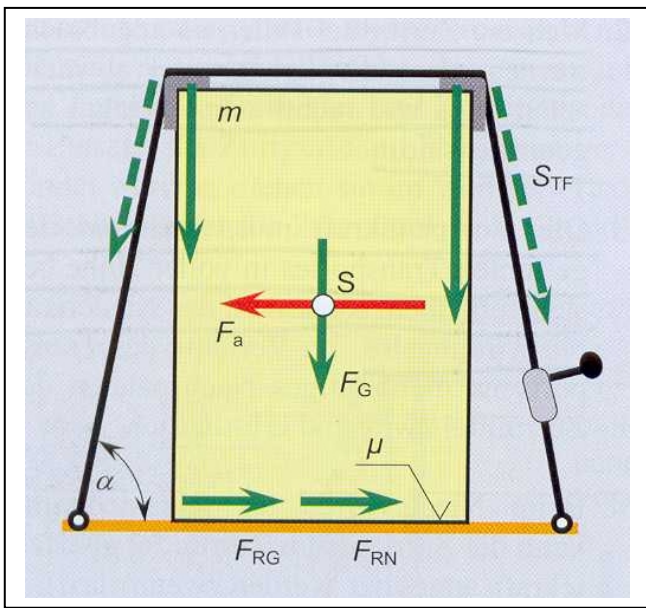
23. ábra: A feszítőerő átadási tényező és a súrlódási viszonyok összefüggése

A különböző feszítő erők nagysága és jelölése

Elérhető feszítőerő (STF – etiketten jelölve)
(Standard Tension Force)
(ez lényegében a hevederre a feszítő szerkezettel
kifejthető max. húzó erőhatást jelenti)

SHF kézi erővel 50 daN elérhető (Standard
Hand Force)

Feszítőerő max (LC) (Lashing Capacity)
(a hevederre kifejthető max. meg. húzóerőt jelenti)



23. ábra: A rakomány két oldalán a különböző nagyságú leszorító erők

A leszorításos rögzítés szükséges hevederszám meghatározása:

A szükséges súrlódási erő:

$$F_{RG} = m \times g \times (c - \mu) \quad (1)$$

A leszorítással létrejövő súrlódási erő:

$$F_{RN} = k \times n \times STF \times \mu \times \sin \alpha \quad (2)$$

(1)=(2)-ből

Szükséges hevederszám (csúszásra):

$$n = \frac{m \cdot g}{k \cdot S_{TF} \cdot \sin \alpha} \left(\frac{c}{\mu} - 1 \right)$$

A heveder előfeszítését az un. feszítő szerkezettel lehet , kézi erővel létrehozni. A standard kivitelre általában 250 daN feszítő erő érhető el. Az un. hosszabított kiviteleknél átlagosan 500 daN feszítő erővel lehet számolni , mintegy 50 daN kézi erő esetében.

A következő táblázatban a normál és a hosszabított feszítő szerkezettel elérhető feszítő erőkre vonatkozó szükséges heveder számot mutatjuk be. Jól érzékelhető, hogy a normál kivitelnél szükséges 8 hevederrel szemben , az ugyan költségesebb hosszabított feszítő szerkezet révén már 4 hevederrel megoldható a rakomány biztonságos rögzítése.

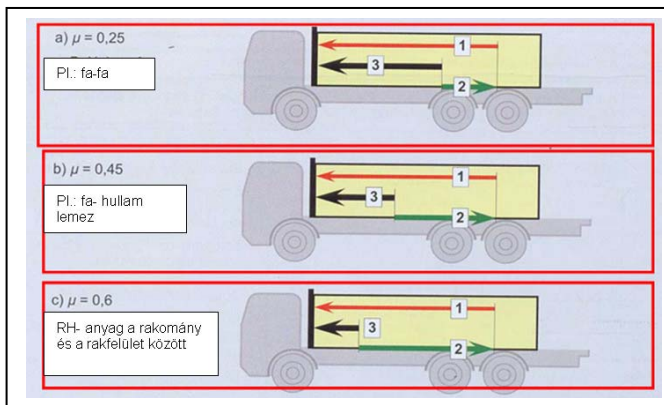
	Normal feszítő szerkezet STF=250 daN, k=1,5	Hosszított feszítő szerkezet STF=500 daN, k=1,5
Azonos feszítőerő	3000 daN-hoz 8 heveder	3000 daN-hoz 4 heveder
Azonos hevederszám	8 heveder ≈3000 daN feszítőerő	8 heveder ≈6000 daN feszítőerő

24. ábra: A normál és a hosszított feszítő szerkezet közötti különbség

A leszorításos rakomány rögzítés másik sarkallatos pontja a rakomány és a rakfelület között kialakuló súrlódási tényező nagysága.

Közismert, hogy a tapadási és a csúszó súrlódási tényező között különbség van, utóbbi hátrányára. Előbbi ok miatt a rakományrögzítési számításokban a kisebb , csúszó súrlódási tényezőt célszerű – a magasabb szintű biztonság elérése érdekében- a számításoknál figyelembe venni.

A 25. ábrában a tömegelő, súrlódási erő és a szükséges rögzítő erők nagyságát szemléltetjük különböző rakomány-rakodófelület súrlódási tényezők esetében.



25. ábra: A rakományra ható erők különböző μ tényezők esetében

Az alkalmazott jelölések:

- 1- tömegerő
- 2- súrlódási erő
- 3- maradó, rögzítéssel kialakítandó tartó erő

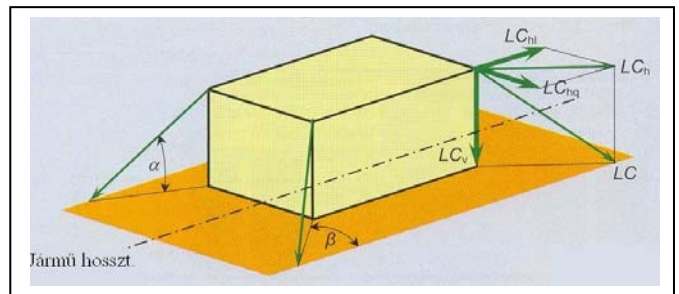
Az előbbieken bemutatott három esetre, különböző súrlódó párok és súrlódási tényezők esetére vonatkozóan ismertetjük a rakomány-rakfelület között kialakuló (elmozdulás ellen ható) különböző nagyságú súrlódási erők és 19200 daN nagyságú előre irányuló tömegerő mellett a gépkocsi homlokfal igénybevételét. (FD)

	Erohatás előre FO (daN)	Súrlódási tényező (μ)	Súrlódási erő FR (daN)	Homlokfal igénybevétele FD (daN)
a	19200	0,25	6000	13200 → X
b	19200	0,45	10800	8400 → X
c	19200	0,6 (RHM)	14400	4800 → OK

26. ábra: A számítás táblázatos összefoglalása

A homlokfal terhelése az a- b esetekben 13.200 ill. 8400 daN > 5000 daN (azaz nagyobb a homlokfal megengedett teherbírásáná, ezért nem megfelelő)

A c. esetben a homlokfal terhelése kisebb a megengedett határ értéknél 4800 daN \leq 5000 daN, tehát megfelelőnek minősíthető a hosszirányú elmozdulás szempontjából.



27. ábra: A ferde lekötözés jellemző szögei és erő-komponensei

Ahol:

- α - függőleges rögzítőeszközzög
- β - vízszintes rögzítőeszközzög

A függőleges leszorító komponens

$$LC_v = LC \times \sin \alpha$$

A vízszintes komponens

$$LC_h = LC \times \cos \alpha$$

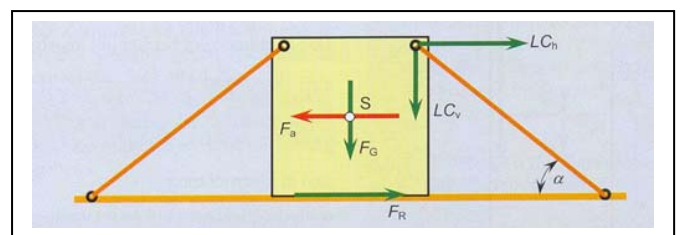
Vízszintes komponens hosszirányban

$$LC_{hl} = LC \times \cos \alpha \times \cos \beta$$

Vízszintes komponens keresztirányban

$$LC_{hq} = LC \times \cos \alpha \times \sin \beta$$

A ferde lekötözés erőviszonyai vízszintes elcsúszás esetében:



28. ábra: Ferde lekötözés csúszásra

Ahol:

- LC_h- vízszintes feszítő erő komponens
- LC_v- függőleges feszítő erő komponens
- α - függőleges hajlásszög
- β - vízszintes hajlásszög

Szükséges biztosító erő csúszásra:

$$FH = m \cdot g \cdot (c - \mu) \quad (1)$$

Tényleges tartó erő:

$$FH = 2 \times LC_v \times \mu + 2 \times LC_h \quad (2)$$

„2” = 2 - 2 rögzítő eszköz irányonként
(1) = (2) –ből

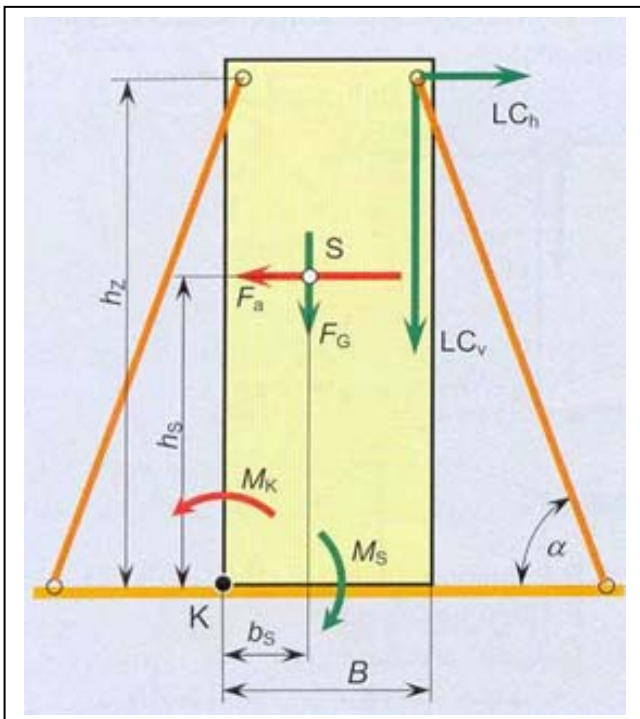
Hosszirányban

$$LC = \frac{m \cdot g \cdot (c - \mu)}{2(\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \sin \beta)}$$

Keresztirányban

$$LC = \frac{m \cdot g \cdot (c - \mu)}{2(\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cos \beta)}$$

Átlós lekötözés ellenőrzése billenésre :



29. ábra: Átlós lekötözés nyomaték és erő viszonyai

A billentő nyomaték:

$$M_K = F_a \times h_s$$

Visszatérítő nyomatékok:

$$M_{S_l} = F_G \times l_s + 2 \times LC_v \times L + 2 \times LC_h \times h_z \quad (1)$$

$$M_{S_q} = F_G \times b_s + 2 \times LC_x \times B + 2 \times LC_{hq} \times h_z \quad (2)$$

(1) = (2) –ből

Feszítő erő hosszirányban:

$$LC = \frac{m \cdot g \cdot (c \cdot h_s - b_s)}{2(B \cdot \sin \alpha + h_z \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta)}$$

Feszítő erő keresztirányban:

$$LC = \frac{m \cdot g \cdot (c \cdot h_s - l_s)}{2(L \cdot \sin \alpha + h_z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta)}$$

Összefoglalás:

A rakomány tengelyterhelési és stabilitási követelményeknek megfelelő elhelyezése, valamint a különböző nemzeti és nemzetközi előírások szerinti rögzítése alapvető feladat a közúti fuvarozásban résztvevők számára.

Előbbiek kielégítő színvonalú elvégzéséhez azonban elengedhetetlenül szükséges a problémakör többszintű ismerete a gépkocsivezetőktől- a rakodást irányítókon keresztül a speditőr és fuvarozó cégek diszpensei és irányítóik számára. Ezt azonban csak folyamatos, megfelelő szintű és gységestematikára alapuló oktatás után lehetséges.

Irodalom :

1. Accident of Heavy Vehicle, IRU-Genf, 2000
2. CTU – Packrichtlinie i.d.F. Verkehrsblatt – Dokument Nr: B 8087-02/99
3. EWG/ 89/392 /direktíva/
4. European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport. European Commission, DG/Tren Brussel, 2004

5. *Franz, K.:* Der kombinierte Verkehr und seine Sicherheit, Internationale Tagung für Strassentransport und Verkehrssicherheit 3.-4. September 1992 Budapest
6. *Franz, K.:* Lkw-Fahrzeugaufbauten, technische Möglichkeiten, GDV-Transport Schadens-verhütungstagung , Duisburg 2007
7. European Truck Accident Causation /ETAC , IRU-EU/DG Tren Brussel, 2007
8. Eurostat- Statistics 2007, CARE database 2007
9. *Felföldi L.:* Anyagmozgatási Kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
10. *Felföldi L.:* Rakodástechnika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
11. *Koller, S.:* Forgalmotechnika , Tankönyvkiadó, Budapest, 1982.
12. *Kőfalvi Gy.:* Közlekedési ismeretek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2008.
13. *Kőfalvi, Gy.:* Sicherheit im Nutzfahrzeug-Verkehr, IRU-Bericht, Helsinki 1998
14. Laden und Sichern, BGF Frankfurt am Main 2005.
15. MSZ EN 12195-1 rakományrögzítő eszközök közötti járműveken- rögzítő erők számítása
16. MSZ EN 12195-2 - Mesterséges szálból készült rögzítő heveder
17. MSZ EN 12195-3 - Rögzítő láncok
18. MSZ EN 12195-4 – Rögzítő acélsodrony kötelek
19. *Podzuweit, U.:* Ladungssicherung- Zur Festigkeit von Stirnwaenden, VKU Nr.12 2007
20. *Podzuweit, U.:* Niederzurrtechnik, Expert Verlag Renningen 2008
21. *Podzuweit, U.:* Ladungssicherung im Gütertransport , Hussverlag München 2002
22. UN/ GRRF / Trans/WP. 29, 1998
23. Eurostaat Statistik www. Eurostaat.com
24. Road Accident Statistics CARE- Database EC DG TREN E3 – 06/07/2007
25. Eurostat- Statistics 2007, CARE database 2007