

TAPADÁSI ÉS MOZGÁSI SÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ MEGHATÁROZÁSA SPORTPÁLYA BURKOLATON

Kocsis Gergely

BSc hallgató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: kocsisgergo98@gmail.com

Vadászné Bognár Gabriella

egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: v.bognar.gabriella@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A dolgozat célja különböző burkolatok és edzőcipők közötti tapadási súrlódási tényező kísérleti meghatározása, mely tényező értéke jelentős hatással bír a sportolók különböző térdízületi sérüléseire, jellemzően az első keresztszalag szakadásra. A vizsgálandó padlóburkolat fajtája kétféle parketta és háromféle PVC burkolat. A mérések során megállapítjuk, hogy az edzőcipő és a talaj érintkezése során milyen nagyságú erők ébrednek. A mért adatok alapján meghatározzuk a tapadási súrlódási tényező nagyságát négy burkolat és kétféle edzőcipő (egy női és egy férfi cipő) között és elemezzük a súrlódási tényezőt befolyásoló tényezőket.

Kulcsszavak: *súrlódási tényező, mozgási súrlódási tényező, tapadási súrlódási tényező, PVC burkolat*

Abstract

The aim of the paper is to determine experimentally the coefficient of friction between different floor coverings and training shoes. The value of the coefficient of friction has a significant effect on the various knee injuries of athletes, typically the anterior cruciate ligament. The type of floor covering to be tested is two types of parquet and three types of PVC coverings. During the measurements, we determine the magnitude of forces that are generated during contact between the training shoes and the flooring. From the measured data, we determine the amount of the static coefficient of friction between the four floor coverings and two types of training shoes (one for women and one for men) and analyse the factors affecting the friction coefficient.

Keywords: *coefficient of friction, static coefficient of friction, kinetic coefficient of friction, PVC flooring*

1. Bevezetés

Amióta elkezdődött a modern atletizálás elkezdődött a sportpálya burkolatok fejlesztése, amelyeken a sportolók edzenek és versenyeznek. Sok éven keresztül a sportolóktól kért visszajelzések és vélemények alapján dolgozták ki az új sport felületeket. Az új burkolatok célja az újabb és újabb rekordok támogatása. Ez vezetett a „gyorsabb” burkolatokhoz. Manapság különböző sport felületeket használnak a bajnokságokhoz, hogy új rekordokat állíthassanak fel. Viszont ezek az új felületek nem biztos, hogy az edzéshez is a legjobbak. A jobb burkolatok fejlesztésénél nemcsak a rekord felállítása a cél, hanem a sérülések lehetőségének csökkentése is igen lényeges szempont. Emiatt Németországban a hetvenes évek elején tesztelési formákat fejlesztettek ki. Ez több DIN szabvány létrejöttéhez vezetett,

amelyek lehetővé tették szabványos körülmények között összehasonlítani a különböző sport burkolatokat.

Felületi burkolatok egyik kiemelkedően hasznos tulajdonságával, azzal, hogy csökkentse a különböző ízületi vagy törési sérüléseket sokáig nem foglalkoztak.

Az ACL (anterior cruciate ligament - elülső keresztszalag) sérülés az elülső keresztszalag szakadása vagy rándulása, amely az egyik fő ínszalag a térdben. Sokan egy pattanást hallanak vagy érznek, a térdükben amikor bekövetkezik a sérülés. A térdet duzzadtnak instablnak érzik és fájdalmat okoz a terhelése a sérülés bekövetkeztével. Ez a sérülés leggyakrabban olyan sportok közben fordul elő, ahol hirtelen megállások és irányváltások vannak [5].

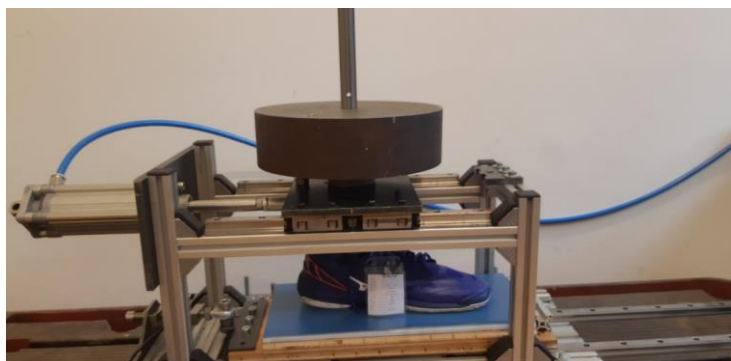
Több felmérésből kigyűjtött sérülési adatok alapján készült [1] tanulmányban összefoglalják az ACL sérüléseket a norvég kézilabda csapatban külön nőkre és férfiakra vonatkozóan. Ezekből az adatokból összehasonlították a különböző fa és műanyag padlóburkolatokat. A mérésekből és a vizsgálatokból arra következtek, hogy az ACL sérülés veszélye nőknél nagyobb a mesterséges padlóburkolatokon mint a fapadlókon, amely valószínűleg a mesterséges padlóburkolatok nagy súrlódási tényező értéke miatt jelentkezik. Másrészt a megvizsgált női sportolók térdizomzata nagyobb rugalmassággal rendelkezik, viszont kevesebb izomerőt tudnak vele kifejtetni, illetve az izomzat terheléstűrő képessége is alacsonyabb a férfi sportolókéhoz képest.

A tapasztalat azt mutatja, hogy kézilabda játékok során a sportsérülések döntő része a sportcipő és a pályaborítás között jelentkező súrlódási tényezőnek nem a túl kicsi, hanem a túl nagy értéke miatt következett be. Ezért szükségessé vált a sportcipők és a pályaborítások közötti súrlódási tényező meghatározása és a pályaborításoknak az e tényező alapján történő minősítése is. Gyártótól függően, anyagát és talpmintázatát tekintve sokféle női és férfi sportcipő létezik. A padlóburkolatok és a sportcipők közötti súrlódási tényező kérdésével számos irodalom foglalkozik (pl. [2, 3, 4]).

A dolgozat célja, hogy megvizsgáljuk adott műanyag ill. parketta burkolat és egy adott férfi ill. női sport cipő közötti tapadási és mozgási súrlódási tényező értékét. A mérési adatokat kiértékeljük és összehasonlítjuk a sportpálya burkolatokat súrlódási tényező szempontjából a kétféle cipő esetén.

2. A súrlódási tényező mérése

A vizsgálataink során két cipőfajta tekintünk, egy férfi és egy női változatot. A pályaborítás minták közül két szalagparketta minta (jelölésük: P1 és P2) és kétféle többrétegű műanyag borítást (jelölésük: V2 és V3) kívánunk vizsgálni. A súrlódás tényező megállapításához az előzőekben ismertetettől eltérő mérési elvet szemléltet az 1. ábra.



1. ábra. A mérőeszköz

A mérőberendezést a Gép- és Terméktervezési Intézet műhelyében építette meg Potyka Attila, az intézet munkatársa. Nem a sebességet tartjuk állandó értéken, hanem egy közel állandó erő kifejtésére beállított munkahengerrel igyekszünk elcsúsztatni egymáson a nagy nyomóerővel összeszorított sportcipőt és pályaburkolatot.

A pályaburkolat egy-egy darabját (a P1 vagy a P2 jelű parkettát), illetve egy merev falra felragasztott többrétegű elasztomer anyagú pályaburkolat darabot (V2 vagy V3 jelűt) a berendezés nyugvó alapperejében rögzítjük, e fölé helyezük azt a cipőt tartó, függőleges helyzetű bordás tengelyt, amely a bordás hüvelyben, tengelyirányban szabadon elmozdulhat, de az elfordulása a bordás tengelykötések alakzáró tulajdonsága miatt gátolva van. A bordás tengely felső részén helyezkedik el a súlyterhelést adó tömeg. A bordás hüvelyt egy igen kis ellenállású gördülővezetékekkel támasztott asztal hordozza, annak vízszintes irányú elmozdulását engedve és irányítva.

Az asztal mozgását egy előre beállított nyomású levegővel táplált pneumatikus henger végzi, amelynek típusa: Aventics PRA-DA-050-0100-0-2-2-1-1-1-BAS. A munkahengerben a levegő nyomását egy **0,01bar** leolvasási pontosságú nyomásmérővel állítottuk be két értékre, **2bar** és **3bar** értékekre.

A munkahenger dugattyúrúdjának lökethossza $s = 0,1m$.

A munkahenger átmérője: $d = 0,05m$

A kör keresztmetszetű munkahenger dugattyújának a felülete: $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0,05m)^2}{4} = 0,00196m^2$

Az alkalmazott nyomás: $p_1 = 2bar = 2 \cdot 10^5 Pa$

$p_2 = 3bar = 3 \cdot 10^5 Pa$

A munkahenger nyomóerejének a számítása: $F = pA$

A képletbe behelyettesítve az értékeket:

p_1 nyomáshoz $F_1 = p_1 A = 2 \cdot 10^5 Pa \cdot 0,00196m^2 = 392 N$

p_2 nyomáshoz $F_2 = p_2 A = 3 \cdot 10^5 Pa \cdot 0,00196m^2 = 589 N$

A kiszámolt értékek elméleti erők. A gyakorlatban a tömítéseken és vezetőgyűrűkön fellépő súrlódás miatt 5% veszteséggel számolhatunk. Tehát a munkahenger nyomóereje **372N** ill. **559N**.

A súrlódási erőt egy erőmérő cella méri, és a jelet továbbítja az erősítő és adatgyűjtő számítógépnek. A rögzített két értéksor az eltelt idő másodpercekben és a mért súrlódási erő értéke Newtonban.

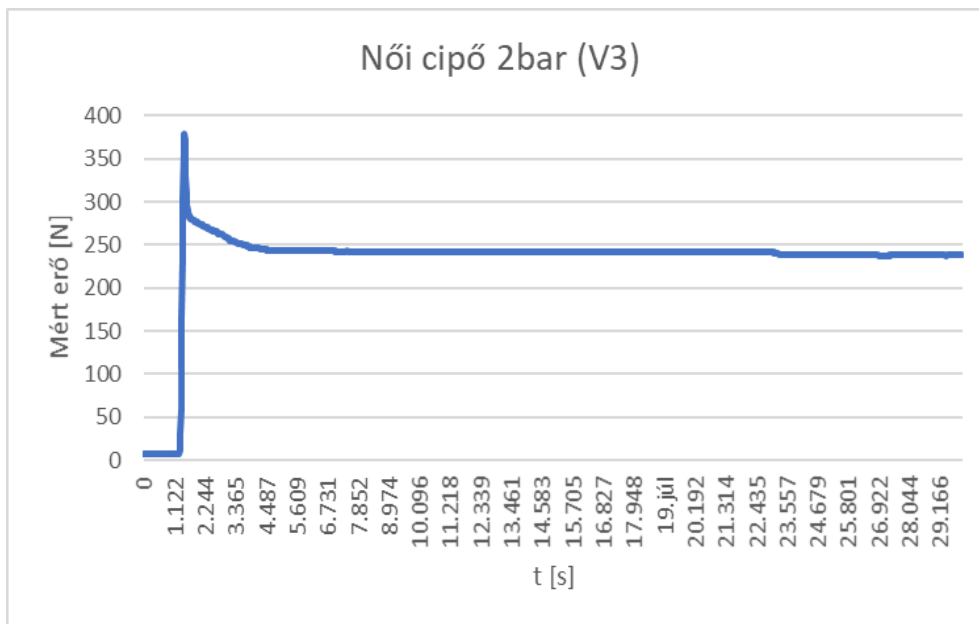
A sportoló tömegét helyettesítő tömeggel terhelt cipőt egy pneumatikus henger mozgatja az éppen vizsgált pályaborításon, előre beállított nyomású levegővel. A cipő kialakuló legnagyobb sebességét a nyomás és a terhelő tömeg nagysága együtt egyértelműen meghatározza. A sebességet igyekszünk a pályán előforduló valós értékek felé vinni. A nagysebességű mozgásoknál 0,02s-os mintavételi gyakoriságot alkalmaztunk. Az adatgyűjtést az erőmérő egységhez tartozó adatgyűjtő végezte.

Az $m = 39 kg$ tömeggel terhelt női cipő mozgathoz szükséges erő változását az idő függvényében mérjük. Ha a hengerben a nyomás $p_2 = 0,3MPa$ volt, a dugattyú $s = 100 mm$ löketének videofelvételéből adódott a cipőknek az egyes pályaborításokon történő mozgásához tartozó időszükséglet. A sportcipő közelítő sebessége $3bar$ nyomás értéknél $\sim 0,4 \frac{m}{s}$.

A mérésekhez a PCE-DFG N 5K típusú erőmérő cellát használtuk. A mérések során két nyomás értéket alkalmaztunk a dugattyú mozgathoz:

$p_1 = 2 bar$ és $p_2 = 3 bar$.

Mind a két sportcipővel 5-5 mérést ismételtünk valamennyi burkolaton a munkahengeren **2 bar** és a **3 bar** nyomások alkalmazásával, így összesen 80 mérés adatait rögzítettük (l. 2. ábra) és értékeltük ki.



2. ábra. A mért erők értéke női cipő és V3 felület esetén **2 bar** nyomásra

3. A mérési eredmények kiértékelése

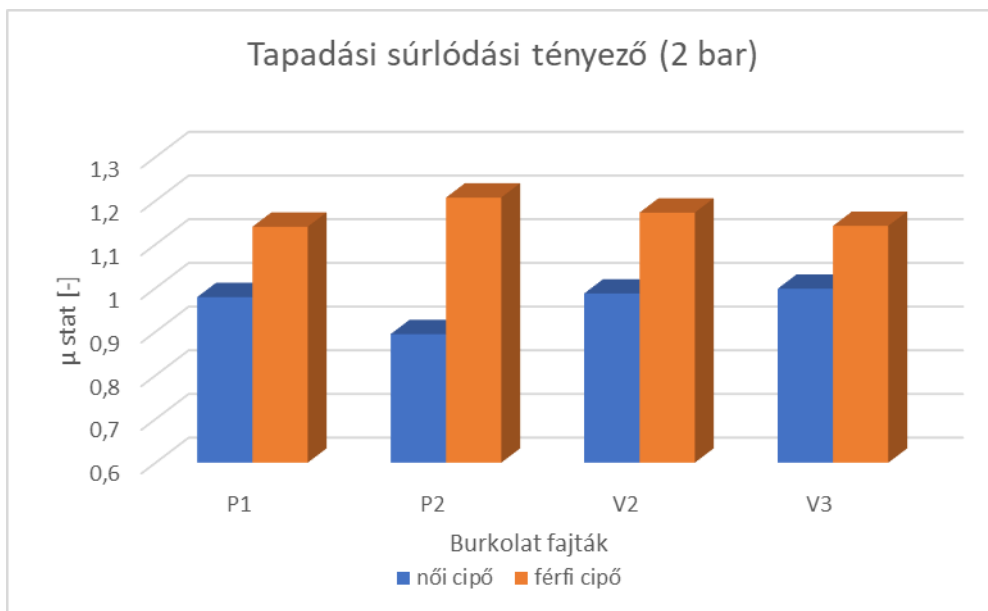
A súrlódási tényező az érintkező felületek anyagminőségétől függő empirikus mennyiség. Coulomb törvénye szerint a súrlódási erő egyenlő a súrlódási tényező és a felületre merőleges nyomóerő szorzatával:

$$F_s = \mu F_n. \quad (1)$$

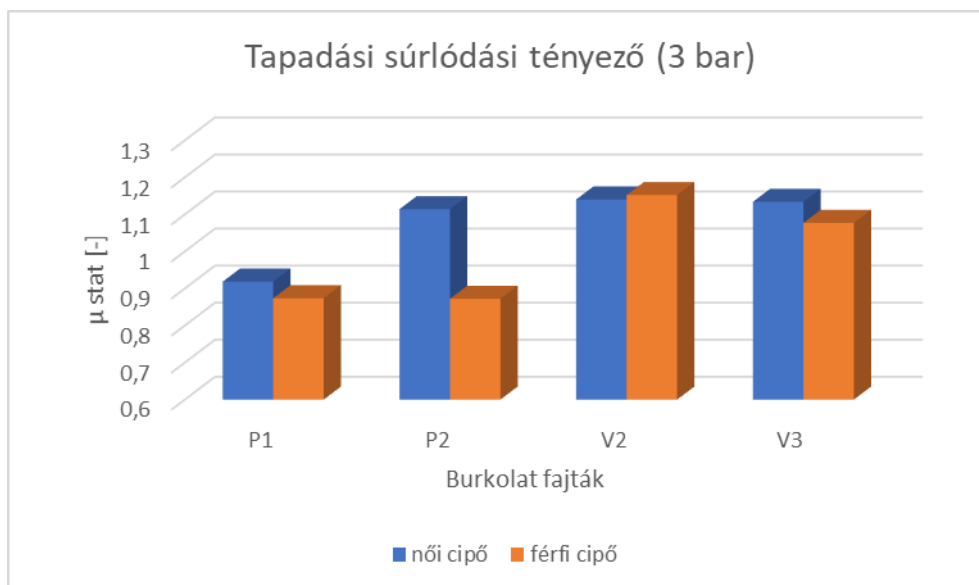
A mérésünk során a felületre merőleges erőt a terhelő m tömegeből számított súlyerővel egyenlőnek vesszük, azaz

$$F_n = mg = 39kg \cdot 9,81 ms^{-1} = 382,6 N. \quad (2)$$

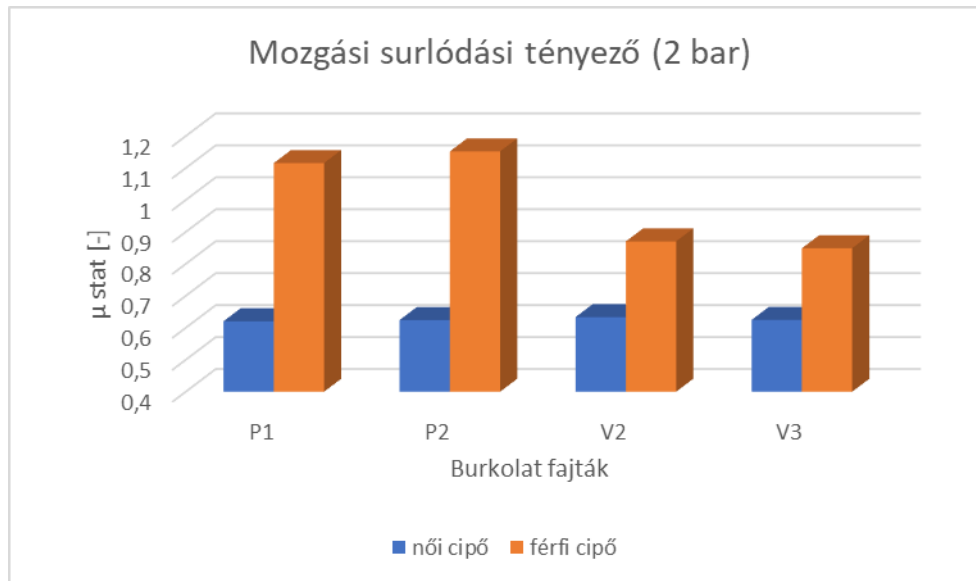
Az erő-idő diagramokból jól megkülönböztethető a tapadási (statikus) és a mozgási (kinetikus) súrlódási erő. A mozgási súrlódási tényező a tapadási/nyugvó súrlódási tényezőnél általában kisebb. A tapadási súrlódási erő mindig akkor lép fel, amikor két test egymáshoz képest elmozdulni igyekszik.



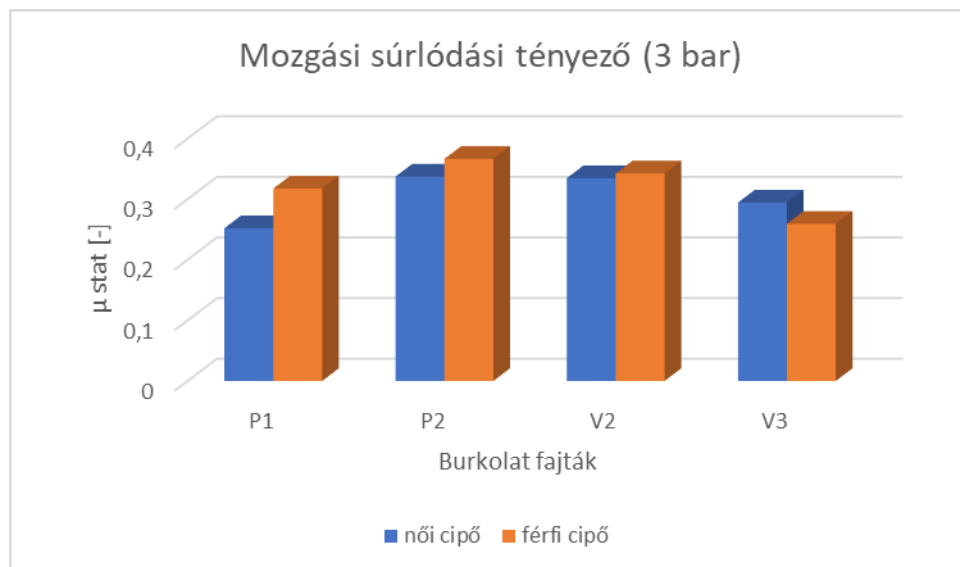
3. ábra. A tapadási súrlódási tényező p_1 nyomáson



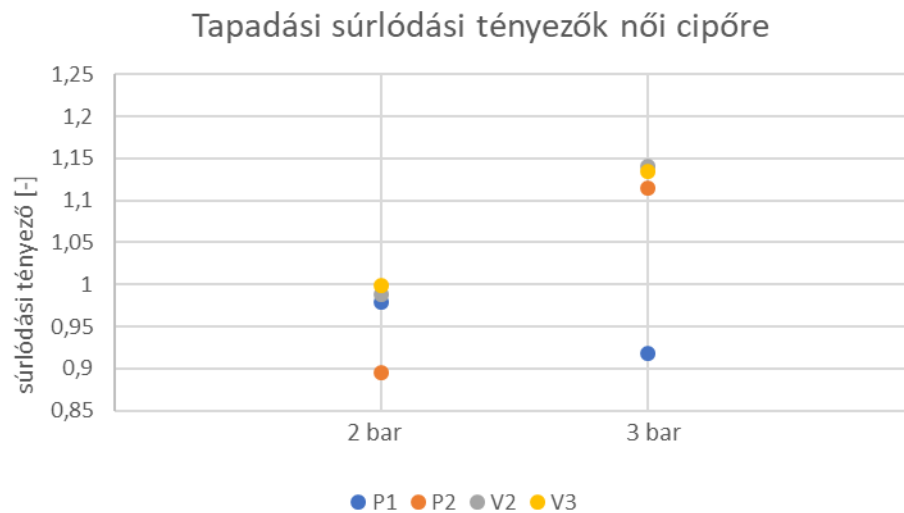
4. ábra. A tapadási súrlódási tényező p_2 nyomáson



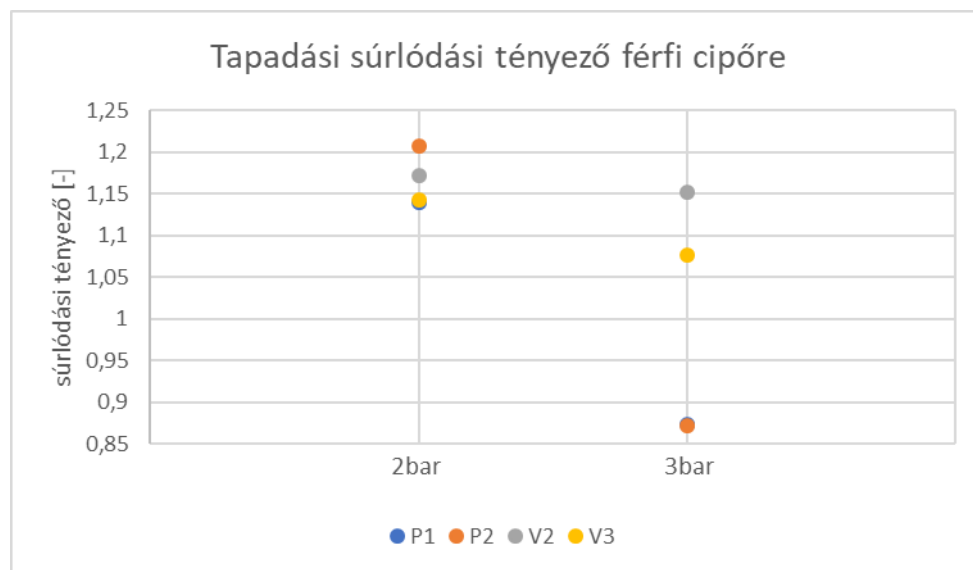
5.ábra. A mozgási súrlódási tényező p_1 nyomáson



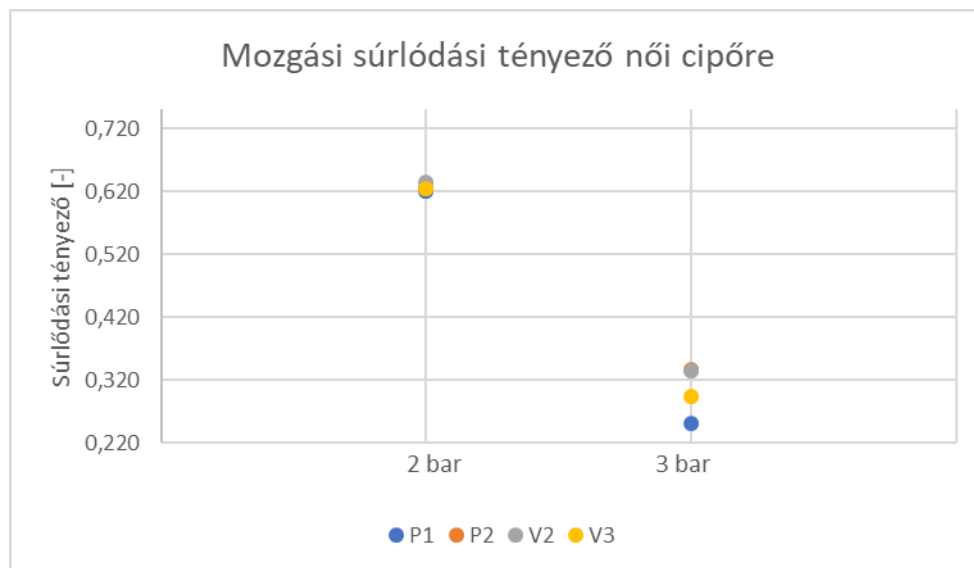
6.ábra. A mozgási súrlódási tényező p_2 nyomáson



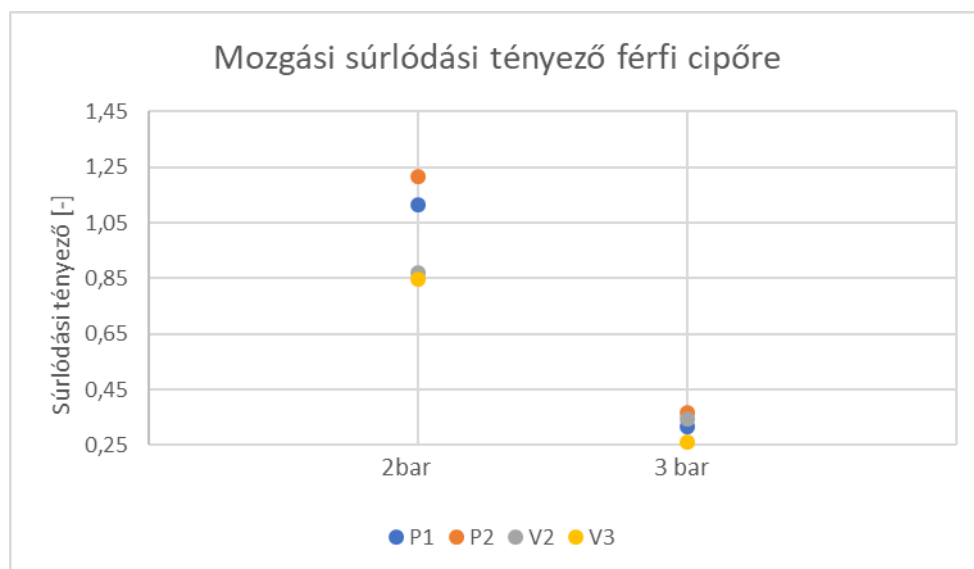
7.ábra. A tapadási súrlódási tényezők a négy burkolaton és a két nyomáson női cipőre



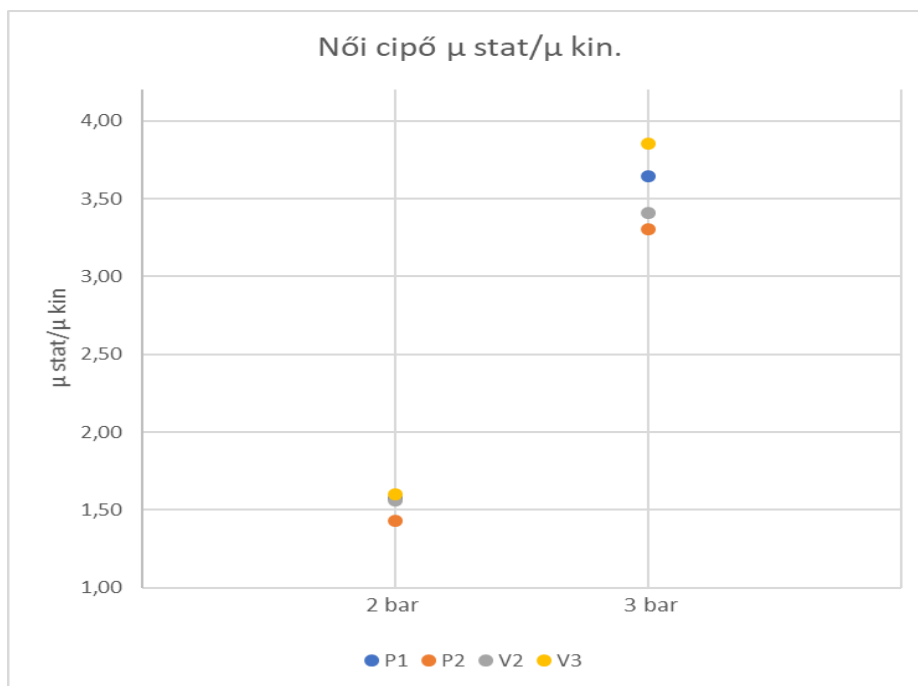
8.ábra. A tapadási súrlódási tényezők a négy burkolaton és a két nyomáson férfi cipőre



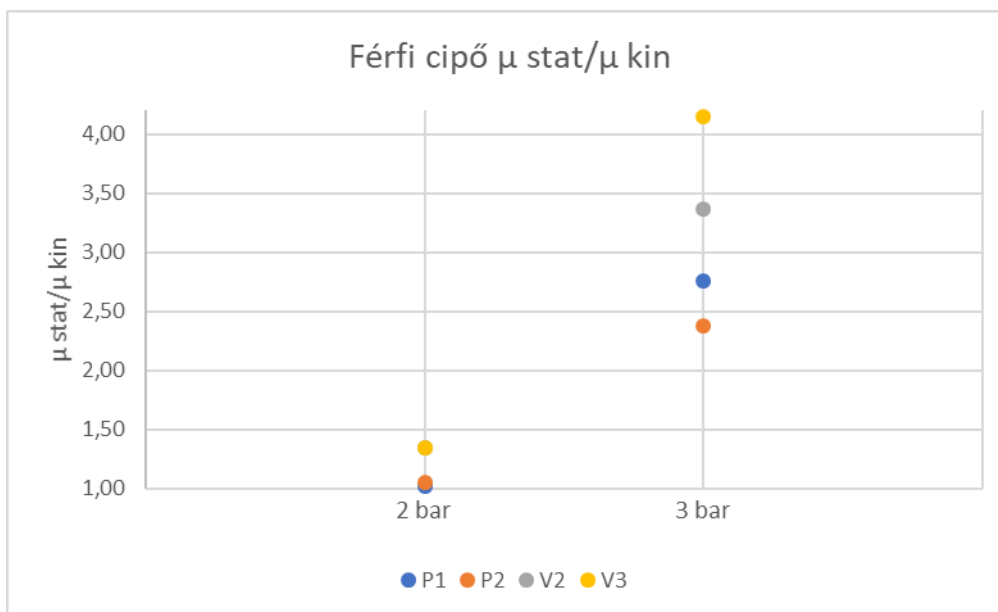
9.ábra. A mozgási súrlódási tényezők a négy burkolaton és a két nyomáson női cipőre



10.ábra. A mozgási súrlódási tényezők a négy burkolaton és a két nyomáson férfi cipőre



11.ábra. A tapadási és a mozgási súrlódási tényezők aránya női cipőre



12.ábra. A tapadási és a mozgási súrlódási tényezők aránya férfi cipőre

4. Következtetések

A 80 mérés eredményeiből 3 olyan volt, amely jelentősen eltért a hasonló körülmények között mértéktől. Ezeket az értékeket elhagytuk. Ott 5 érték helyett 4 értékkel számoltuk az átlagértéket. A 3-12. ábrákból az alábbi következtetéseket vontuk le:

- A tapadási súrlódási tényező ($\mu_{stat} = 1,1 - 1,2$) mindig nagyobb volt, mint a mozgási súrlódási tényező ($\mu_{kin} = 0,85 - 1,1$), ez várható volt.
- Férfi cipőre a tapadási súrlódási tényező ($\mu_{stat} = 1,1 - 1,2$) nagyobb, mint a női cipőre a tapadási súrlódási tényező ($\mu_{stat} = 0,9 - 1,0$) **2bar**-on.
- **3bar** -on pont fordítva a női cipőre nagyobb egy kicsit a tapadási súrlódási tényező ($\mu_{stat} = 0,9 - 1,14$) mint a férfi cipőre ($\mu_{stat} = 0,87 - 1,15$).
- Férfi cipőre a mozgási súrlódási tényező ($\mu_{kin} = 0,85 - 1,15$) jelentősen nagyobb, mint a női cipőre ($\mu_{kin} = 0,62 - 0,63$) a mozgási súrlódási tényező **2bar**-on.
- **3bar**-on a férfi cipőre egy kicsit nagyobb a mozgási súrlódási tényező ($\mu_{kin} = 0,26 - 0,37$) mint a női cipőre ($\mu_{kin} = 0,25 - 0,34$).
- Női cipőre a tapadási súrlódási tényező minden felület esetén kisebb **2bar**-on, mint **3bar**-on.
- Női cipőre a mozgási súrlódási tényező ($\mu_{kin} = 0,62 - 0,63$) jelentősen nagyobb **2bar**-on mint **3bar**-on ($\mu_{kin} = 0,25 - 0,34$) minden felületre. Továbbá **2bar**-on valamennyi burkolat esetén közel azonos értéket mértem.
- Férfi cipőre a tapadási súrlódási tényező **2bar**-on nagyobb, mint **3bar**-on (pont fordítva mint a női cipővel).
- Férfi cipőre a mozgási súrlódási tényező jelentősen nagyobb **2bar**-on, mint **3bar**-on.
- A tapadási és a mozgási súrlódási tényezők hányadosa **2bar**-on jelentősen kisebb, mint **3bar**-on mind a női, mind a férfi cipőre valamennyi burkoló felület esetén. Ez a hányados **3bar**-on akár 3-4 körüli érték is lehet.
- Női cipőre a parketta burkolatokat ajánlhatjuk, mivel ezeken a felületeken kisebb a súrlódási tényező, tehát a térd ízületeket kevésbé terheli meg. Férfi cipőre ezzel szemben inkább a PVC burkolat ajánlható, mivel ezen kaptunk kisebb súrlódási tényező értékeket.

5. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., Bahr, R.: Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball, *Scand J Med Sci Sports* 2003, 13: 299–304 <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00329.x>
- [2] Goff, J. E., Boswell, L., Ura, D., Kozy, M., Carre, M. J.: Critical shoe contact area ratio for sliding on a tennis hard court, *Proc IMechE Part P: J Sports Engineering and Technology* 226(7) 2017,1–10.

- [3] Clarke, J., Carré, M. J., Damm, L., Dixon, S.: Understanding the influence of surface roughness on the tribological interactions at the shoe–surface interface in tennis, *Proc IMechE Part J: J Engineering Tribology* 226(7) 2012, 636–647. <https://doi.org/10.1177/1350650112444694>
- [4] Clarke, J., Carré, M. J., Richardson, A., Yang, Z., Damm, L., Dixon, S.: Understanding the traction of tennis surfaces. *Procedia Eng* 2011; 13: 402–408. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.05.105>
- [5] ACL Injury-Symptoms and causes: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/acl-injury/symptoms-causes/syc-20350738> A letöltések dátuma: 2019.11.2.