

Mechanikai kockázatok, rezgés és hő ellen védő kötött textilszerkezetek fejlesztése egyéni védőkesztyűhöz

Dr. Kokasné dr. Palicska Livia
Innovatext Zrt.

Dr. Augusztinovicz Fülöp
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem, Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások
Tanszék, Akusztikai és Stúdiótechnikai
Laboratórium

Marton Józsefné
Glovita Kesztyű Zrt.

Kulcsszavak: Védőkesztyű, Rezgés elleni védelem, Hővédelem, Ergonómia

Bevezetés

Az EUREKA programban megvalósuló 3 éves kutatás és fejlesztés magyar és román kutatók közreműködésével valósul meg és olyan új egészségmegőrző textiltermékekre összpontosít, amelyek képesek megóvni a végtagok funkcionális teljesítményét extrém igénybevételek és körülmények esetén is, mindemellett viseletük kényelmes, a használat, tisztítás során is megőrzi tulajdonságukat, így biztosított a hosszú élettartamuk.

A fejlesztés tervezett szakaszai:

- Előkészítés: késvágás, szűrés és termikus kockázat ellen védő kesztyűk, rezgés csillapító és egészségmegőrző textilanyagok tulajdonságai, elméleti alapjai, meglévő állapot tanulmányozása, összegzése.

- Termékfejlesztés: textil anyagszerkezetek, kompozitok tervezése és összehasonlító vizsgálata egyéni védőeszközök és új egészségmegőrző textiltermékek prototípusaihoz.

- Technológia fejlesztés: új védőkesztyű és funkcionális harisnya/legging/stb. prototípusainak gyártása, optimalizálásuk.

- Komplex vizsgálati módszer fejlesztése.
- Javaslat esetleges szabványosításhoz, módosításhoz.

- A projekteredmények összefoglalása, terjesztése.

A felhasználásra vonatkozóan a fejlesztések a következő területekhez kapcsolódnak:

- Életminőséget javító termékek kifejlesztése mindennapos használatra.

- Egyéni védőeszköz fejlesztése speciális körülmények közötti munkavégzéshez.

1. A mechanikai kockázatok és a rezgés elleni védelem jelentősége az egyéni védőeszközöknél

A hazai kutatás középpontjában a mechanikai kockázatok és rezgés ellen védő anyagszerkezetek fejlesztése áll. Jelen cikk a hazai kutatási részeredményekről számol be.

A mechanikai rezgés az emberi kéz-kar rendszerre továbbítva a munkavállaló számára egészségi kockázatot jelent, amely függ a rezgés frekvenciájától, nagyságától, a testre ható irányától és az ember egyéni érzékenységtől. A kézben tartott motoros, pneumatikus, elektromos szerszámok (ütő-kalapáló gépek, forgó szerszámgépek, láncfűrészek, ütve-fűrők, csiszolók, kösörűk stb.) huzamosabb idejű használata súlyos periférikus és központi idegrendszeri megbetegedéseket, izom-, csont- és ízületi elváltozásokat eredményezhet. Az

Eurofound jelentése szerint három munkavállalóból egy egészségre kockázatot jelentő rezgésnek van kitéve. A rezgés hatásának kitétek aránya Magyarország esetében 35%, az arány az Európai Unió országai között itt a legnagyobb. Az érintettek nagyobb része sokszor extrém időjárási körülmények között (nagy hőségben vagy hidegben) dolgozik, ahol akár egyéb mechanikai kockázatoknak is ki van téve (szűrés, késvágás). A rezgésvédelmi irányelv (2002/44/EK irányelv) meghatározza a keletkező kockázatok kezelésével kapcsolatos minimumkövetelményeket és a beavatkozás szükségességét, pl. kötelező védőkesztyű használatát. Ezekben a hagyományos anyagok nem képesek egyszerre teljesíteni a megfelelő rezgés elleni (kar-gép) és mechanikai védelmet, valamint a kényelmet. Márpedig elsősorban a diszkomfort a felelős azért, hogy a dolgozók nem szívesen viselik az egyéni védőeszközt.

A rezgéssel összefüggő kockázatokat, a kockázatcsökkenést nehéz mennyiségileg meghatározni. A csak rezgésvédelemmel foglalkozó szakirodalom rendkívül csekély és szűkszavú, komplex igényeket kielégítő védőkesztyűk nincsenek forgalomban. Vannak különböző funkcionális és védőtextiliák a piacon, amelyek teljesítik az elvárt védelmi szintet, de kevésbé biztosítanak jó közérzetet és zavartalan használatot. Nem áll rendelkezésre megfelelő komplex mérési módszer a védőkesztyű védelmi funkciójának, alakra illeszkedésének és a kényelmes munkavégzés biztosításának vizsgálatára és az élettartamra vonatkozóan. A szabványokban előírt követelmények objektív módon mérhetők és ellenőrizhetők, ugyanakkor vannak korlátaik. A kényelemérzetet biztosító – ruházatfiziológiai – tulajdonságokra, a használhatóságra, a munkavégzés biztonságára a hagyományos vizsgálatok többnyire nem térnek ki, így a viselés megítélése szubjektív. Az ún. high-tech textilanyagok megjelenésével és a technológiai fejlődéssel olyan védőeszközök jelentek meg, amelyek vizsgálata új kihívást jelent, pl. a késvágással szembeni ellenállás mérésénél a vonatkozó szabvány (EN388) változása miatt is szükség van új módszer fejlesztésére. A projektben ezért olyan komplex mérései módszereket dolgozunk ki, amelyekkel ezek a tulajdonságok (valós körülmények között) komplex módon megállapíthatók.

A projekt első szakaszában elméleti alapotként irodalomkutatást végeztünk, hogy új ismereteket szerezzünk a késvágással, szűréssel, extrém időjárással szemben védelmet biztosító, új textil-anyagszerkezetekről, azok komplex vizsgálatához, a meglévő védőeszközök jelentős mértékű fejlesztésének elősegítéséhez, valamint új védőkesztyűk kialakításához. A 2017-ben elkészült és a

projekt honlapjáról (www.protexsafe.hu) letölthető kutatási jelentés kitért arra, hogy milyen anyagokat használnak jellemzően a felsorolt egyes igénybevételekkel szembeni védelemre. Az irodalomkutatás megállapította, hogy milyen anyagtulajdonságok befolyásolják a védelmi képességet és az ergonómiát, és áttekintette, hogy milyen mérési módszerek és vizsgálati szabványok léteznek e tulajdonságok vizsgálatára.

Összefoglalta a projekt célkitűzésében megfogalmazott textiliákkal szemben támasztott követelményeket, a termékekre és az elvárások teljesülésének vizsgálatára vonatkozó szabványokat és az alapanyagokkal szemben támasztott követelményeket.

2. A vizsgálatok kiválasztása és a vizsgálandó minták elkészítése

A vizsgálatokhoz hipotéziseket állítottunk fel az elméleti alapok alapján. A cél az, hogy optimális kombinációt alakítsunk ki összetett (kompozit) szerkezetben alkalmazott anyagokból. Ehhez megvizsgáljuk az egyes anyagok tulajdonságait és az anyagjellemzők változtatásának hatását, hogy megtaláljuk azokat, amelyek az elvárt komplex igénynek leginkább megfelelnek. Ezek az igénypontok: az anyag elvárt módon álljon ellen éles tárgyak okozta mechanikai sérülésnek, valamint a hő hatásának, és megfelelő mértékben csillapítsa a rezgést kézi szármok működtetése során, ugyanakkor a később majd abból készült termék (védőkesztyű) viselete legyen ergonómikus.

Hipotézisünk szerint:

- a kötött kelme nyersanyaga befolyásolja a késvágással szembeni ellenállást,
- a kompozitként kialakított kötött szendvicsszerkezet felső rétege megfelelő védelmet biztosíthat éles tárgyak okozta mechanikai sérülés ellen egyéni védőeszköz kialakításához,
- a kompozitként kialakított kötött szendvicsszerkezet megfelelő védelmet biztosíthat hő ellen, egyéni védőeszköz kialakításához,
- a kompozitként kialakított kötött kelmék közbelső rétegében a rezgés csillapítására alkalmazható üreges kelme és szilikon is,
- az anyagtulajdonságok vizsgálatával és a mérési adatok alapján kialakítható az elvárt igényekhez rendelt optimális anyagszerkezet.

A hipotézisek bizonyítására kísérleti tervet készítettünk, amelyben a kísérleti minták összeállításához az alábbi paramétereket változtattuk:

- a kötött kelme nyersanyaga,
- az egyszínoldalas kötött kelme kötésszerkezete,
- a kötött kelme felületi kialakítása,
- a kompozitrétegek száma,
- a szendvicsszerkezet rétegvastagsága,
- a szendvicsszerkezet belső rétegének anyaga,
- a szendvicsszerkezet belső rétegeként alkalmazott üreges kelme fajtája,
- a szendvicsszerkezet belső rétegeként alkalmazott szilikon vastagsága,
- a szendvicsszerkezet belső rétegeként alkalmazott szilikon kialakítása.

A kísérletekhez 10 db kötött kelméből és 23 db kompozitból álló mintán végeztünk méréseket:

- éles tárgyak okozta ellenállás vizsgálatához (körkéses és TDM késvágás módszerrel),
- hővel szembeni ellenállás vizsgálatához,



1. ábra. A rezgészsillapítás céljára hurkosított kelmék

- ergonómiai, kényelmet befolyásoló jellemzők vizsgálatához (légáteresztés, összenyomhatóság, vastagságmérés).

A Glovita Kesztyű Zrt. a kísérleti mintákat 100% Kevlar és Dynetex fonalból, egyszínoldalas kötésmóddal készítette el, nagyfinomságú SFG típusú kötőgépen. Plüss és hurkosított kivitelben is készültek minták, hogy a kelmék felülete terjedelmesebb legyen (1. ábra).

A feltételezés szerint a különböző méretű és megnyiségű hurkokkal kialakított felületréteg a térbeli kiterjedés következtében növelheti a rezgészsillapítást. Amennyiben a hurokréteg kimutathatóan képes a rezgés csillapítására, akkor a következő fejlesztési szakaszban további kísérleteket végzünk a hurkos felületek optimális kialakítására és esetleges kitérésére (párnázás), valamint olyan különleges tulajdonságú fonalak alkalmazásával is fogunk kísérletezni, melyek speciális kezelés hatására terjedelmessé válnak.

3. Vizsgálati módszerek és eredmények

3.1 Mechanikai vizsgálatok

A késvágással szembeni ellenállás szintjének megállapítása az EN 388:2016 szabvány szerint történt (I. táblázat). A vizsgált két kötött kelméből 2–2 próbadarabot vágunk ki. A 2. ábrán látható mérőműszeren elvégzett öt mérés eredményeiből számított átlagértékek alapján a minták késvágással szembeni ellenállásának teljesítményszintjei: 5 és 4.

I. táblázat. Az EN 388:2016 szabvány szerinti késvágással szembeni ellenállás teljesítmény szintjei

Vizsgálat / Védelmi szint	1. szint	2. szint	3. szint	4. szint	5. szint
Késvágással szembeni ellenállás (indexszám)	1,2	2,5	5	10	20



2. ábra. A késvágás mérőműszere az INNOVATEX Zrt. laboratóriumában



3. ábra. Éles tárgyak okozta vágás mérőműszere az MSZ EN ISO 13997:2000 szabvány szerint (TDM vizsgálat)

Nagy ellenállású kötött kelméknél a vizsgálat során a penge életlenné válhat, ezért megállapítottuk az éles szélek (kések, fémleapok egyes részei, fémforgács, üveg, pengét tartalmazó szerszámok) okozta vágás elleni védelmet az MSZ EN ISO 13997:2000 szabvány előírása szerint is. Az INNOVATEXT Zrt. laboratóriumában a 3. ábrán látható mérőműszer beszerzése a projekt támogatásával vált lehetővé, a műszer magyar fejlesztés eredménye. Az elvégzett vizsgálatok alapján a minták vágásvédelmi teljesítményszintje: B.

II. táblázat Az EN 388:2016 szabvány szerinti vágásvédelem (N) teljesítményszintjei

A szint	B szint	C szint	D szint	E szint	F szint
2	5	10	15	22	30

Ahhoz, hogy a végső célként fejlesztendő védőeszköz az EN 407 szabványnak megfelelően tanúsítható legyen, a mintának egyéb mechanikai jellemzők tekintetében is teljesítenie kell a szabványban előírt követelményeket, azaz legalább 1-es teljesítményszinten kell megfelelnie az EN 388 kopásra és továbbszakító erőre vonatkozó szakaszainak. Ennek megállapítására a következő mechanikai vizsgálatokra került még sor:

- Kopásállóság vizsgálata az MSZ EN 388:2016 szabvány 6.1 szakasza szerint. Vizsgáló műszer: Nu-Martindale (gyártó: James H. Heal).

- Továbbszakító erő vizsgálata az MSZ EN 388:2016 szabvány 6.4 szakasza szerint. Vizsgáló műszer: INSTRON 4301 szakítógépj.

Az elvégzett mérések alapján a fejlesztés alapkelméi teljesítik a mechanikai védelmi tulajdonságokra vonatkozó szabvány követelményeit.

3.2 Termikus vizsgálatok

A hővel szembeni ellenállás vizsgálataira az MSZ EN 407:2004 szabvány vonatkozik. Ez a szabvány a termikus kockázatok (hő és/vagy tűz) elleni védőkesztyűk tesztelési módszereit, általános követelményeit, a hővel szembeni védelmi szintjeiket és a jelölésüket határozza meg. A teljesítmény megítéléséhez csak azokat a vizsgálatokat kell elvégezni, amelyek a tervezett felhasználási területen előfordulhatnak. Esetünkben az MSZ EN 407:1995 6.3 szakasza szerint vizsgáltuk a kelmék égési tulajdonságát (4. ábra).

Az égési időtartam [s], az utánlángolási időtartam [s] és az utánizzási időtartam [s] alapján a vizsgált Kevlar fonalból készült kelmék teljesítményszintje: 4, a többi minta nem volt megfelelő. Az MSZ EN 702:1998 vizsgálat



4. ábra. Az égési viselkedés vizsgálata az MSZ EN 407:1995 6.3 szakasza szerint

alapján e kelméknél a kontakt hővel szembeni védelem szintje: 1, a láng általi hőátadás szintje: 3.

3.3 Ergonómiához kapcsolódó vizsgálatok

A kényelmi tulajdonságok megítéléséhez megvizsgáltuk a kompozit szerkezetek légáteresztő képességét (az MSZ EN ISO 9237:1999 szabvány szerint), vastagságát, valamint az összenyomhatóságát, hogy következtessünk a szerkezet ergonómiai komfortot leginkább befolyásoló tulajdonságára. Az eredmények alapján rangsoroltuk a mintákat, a rangsorolt relatív értékeket az optimum számításnál vettük figyelembe.

4. A kísérleti minták rezgéscsillapítási tulajdonságainak vizsgálata

A kar géprezgés okozta egészségügyi kockázatának vizsgálatánál a rezgés kibocsátás és a rezgésterhelés egyaránt értékelendő. Vizsgálódandó, hogy a gépkezelőt erő rezgésterhelés meghaladja-e a napi megengedett expozíciós határértéket. A szerszámgépek okozta terhelés és az indukált rezgés spektruma meghatározó az egészségügyi kockázatok és a lehetséges egészségügyi károsodások szempontjából. A kézi szerszámgépek rezgés kibocsátása többnyire a 10–1000 Hz frekvenciatartományba esik, lehetséges azonban, hogy az eszköz teljes rezgésterhelése nem haladja meg a határértéket, azonban a használat során a kéz-kar rendszer szempontjából fontos frekvenciákon (50–150 Hz) túlzott terhelés lép fel. Egyes szerszámgépeknél alacsony frekvenciákon jelentkezik a legmagasabb rezgésgyorsulás.

A késvágási ellenállásra és az égési viselkedésre vonatkozó vizsgálatok kiértékelésével megállapítottuk, hogy melyik minta felel meg jobban az elvárásoknak. Eszerint – más-más alkalmazási területre szárván – a Kevlar és a Dynetex anyagú kötött kelme is szóba jöhet a kifejlesztendő kesztyűk külső rétegeként. A kesztyű kialakításánál a kényelmet szolgálja a belés, ennek a belső, kéz felőli rétegnek mindenképpen puha, kellemes tapintásúnak kell lennie (erre megfelel pl. a pamutból készült kötött belés). Hipotézisünk szerint a rezgéscsillapító réteget e két réteg közé lehet elhelyezni.

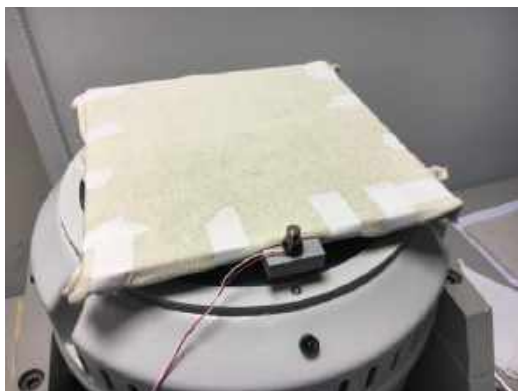
A legalkalmasabb rezgéscsillapító réteg kiválasztása érdekében lefolytatott egyeztetések során a következő javaslatok születtek:

- A belső réteg mindenképpen pamut kötött kelme legyen.
- A potenciális külső rétegek közül vizsgáljuk a különböző felületi kialakítással terjedelmesített kelmékkel megvalósított kombinációkat.

• Rezgésszigetelő rétegeként kipróbáljuk a két üreges kelme, valamint különböző vastagságú öntött szilikon gumit.

A szendvicsszerkezetek vizsgálatát a [2] szabvány előírásai alapján, a 2018 januárjában kelt kutatási részjelentésünk [1] 2.1 szakasza szerinti módszerrel végeztük, azzal az eltéréssel, hogy a vizsgálandó anyagok valóságoshoz közelebbi üzemállapota érdekében a terhelő tömeget egy 200×200×25,6 mm méretű, 8 kg tömegű nyomólap szolgáltatta. A rezgésszigetelés mértékét az alaplapon és a nyomólapon elhelyezett, kalibrált rezgésérzékelők által mért frekvenciaátviteli függvény szolgáltatta. (Ennek értelmében 1-nél nagyobb rezgésátviteli erősítést, 1-nél kisebb érték pedig csillapítást jelent.)

A vizsgáló berendezést a mért textíliával az 5. ábra szemlélteti. Megjegyezzük, hogy a pöndördő szélű egyszínoldalalaskelmék okozta gyakorlati nehézségre és a méréssorozat időszükségletének csökkentésére tekintettel a szendvicsszerkezetek felrakása fordított sorrendben történt: a gerjesztési (azaz alsó, a rázóasztal felőli) oldalon helyeztük el a minden mérésnél közös pamutrétet, majd a rezgésszigetelő, és végül a külső réteget. A mechanikai reciprocitás tétele értelmében ez nem befolyásolhatja a mérések eredményét.



5. ábra: Vizsgálati textilréteg elhelyezése és rögzítése az alaplapon

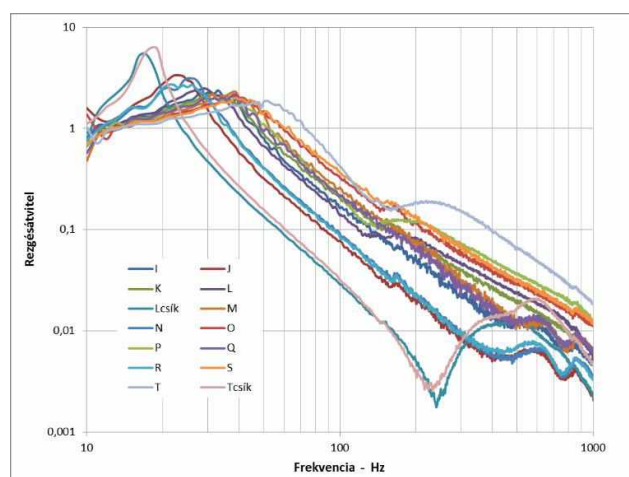
A nyomólap által képviselt mechanikai feszültség (egységnyi felületegységre eső erő) még ebben az elrendezésben is jelentősen elmarad a kész kesztyűk rezgésszigetelési tulajdonságainak mérésére szolgáló eljárás feszültségértékeitől. Ott ugyanis 50 N előtolási erő oszlik meg kb. 20 cm²-nyi tenyérfelületen, ami 25 kPa-nak felel meg. Ez az érték a teljes felületen alkalmazott szendvicsszerkezetek 2 kPa, a csíkokra vágott anyagnál 4 kPa statikus feszültségével áll szemben. A terhelőlap tömegét azonban nem lehet jelentősen növelni, mert az alkalmazott rázóasztal nem viseli el annak súlyát.

A kétségtelenül jelentős eltérés ellenére úgy véljük, hogy az alkalmazott mérési eljárás a legalkalmasabb anyagok kiválasztására megfelelő lehet, de a valóságos üzemi körülmények között elérhető rezgésszigetelés mértékét majd csak a szimulált terheléssel végzett kesztyűvizsgálatokkal lehet hitelt érdemlően megállapítani.

5. Összefoglalás

Az első szakasz irodalomkutatása és a rezgés csillapításának megítélésére végzett elővizsgálatok után kísérleti tervet készítettünk, és meghatároztunk 9 kísérleti paramétert és azok változóit a vizsgálati mintákhoz.

Subjektív módon megvizsgáltunk a hazai kereskedelemben nem kapható, későválas és rezgés ellen védő kötött egyéni védőkesztyűk kialakítását, hogy



6. ábra. Kevlar kelmékkel megvalósított szendvicss-kombinációk rezgésátviteli függvényének összehasonlítása

következtetéseket vonjunk le a fejlesztéshez. Felkutatunk különböző üreges kelméket és rezgéscsillapításra alkalmas anyagokat, melyeket a kompozit szerkezetű mintákhoz használtunk fel. A Glovita Kesztyű Zrt. a kísérleti terv szerint különböző szerkezetű és összetételű kötött mintákat gyártott, amelyekhez felhasználtak a projekt támogatásával beszerzett szériázó eszközt is.

A kísérleti mintákon elvégzett összetett vizsgálatok eredményeit Kesselring-módszerrel rangsoroltuk. Az elvégzett kísérletekből és vizsgálatok eredményeiből a következő következtetést vontuk le:

- A fejlesztendő egyéni védőkesztyű és kar-/láb-szárvédő prototípusát a felhasználási területüket figyelembe véve Kevlar és Dynetex alapanyagból fogjuk készíteni, pamut béléssel és a vizsgált rezgéscsillapító réteggel.

- A rezgés csillapítására alkalmas az üreges kelme, érdemes több fajtát is kiértékelni.

- A rezgéscsillapításra alkalmas lehet a szilikon-gumi, de laptermékként nem képes teljesíteni az elvárt ergonomikus tulajdonságot.

- Tovább vizsgálandó az, hogy hogyan lehet a szilikonréteget optimális módon az összetett szerkezetben használni.

- Olyan területen, ahol az égési viselkedéssel szembeni ellenállás elvárt követelmény, csak a Kevlar alapanyag alkalmazható.

- A rezgéscsillapítás és a felületmódosítás (plüss és hurkosított kötött kelme) között nem találtunk szignifikáns összefüggést.

A komplex vizsgálatok kiértékelésével meghatároztuk a prototípusok jövőbeni fejlesztéseihez alkalmas 7 kompozitszerkezetet, amelyeket a projekt utolsó szakaszában fogunk értékelni.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatásával, az EUREKA programban beadott EUREKA_16-2016-0017 azonosító számú pályázat keretében folyik. A projekt konzorciumvezetője az INNOVATEX Zrt., partnerei a Glovita Kesztyű Zrt. és a BME. A pályázatban román részről a IASI Egyetem és két román gyártó cég vesz részt.

Irodalomforrás

1. PROTEXSAFE – Funkcionális textiltermékek és egyéni védőeszközök kifejlesztése mechanikai, rezgés, termikus kockázatok elleni védelemhez és életminőség javításához. EUREKA-

- 16 program, BME témaszám: 47093. BME kutatási részjelentés a 2017. évben végzett kutatómunkáról.
2. ISO 10846 szabványsor, Part 1 to Part 5. Acoustics and vibration – Laboratory measurement of vibro-acoustic transfer properties of resilient elements.
3. ISO 9052-1:1989. Acoustics – Determination of dynamic stiffness. Part 1: Materials used under floating floors in dwellings. Part 2: Materials used for vibration and sound insulation of equipment in buildings
4. ISO 10819: 2013. Mechanical vibration and shock – Hand-arm vibration – Measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand
5. G.P. O'Hara, Mechanical properties of silicone rubber in a closed volume, Technical Report ARCLB-TR-83045, US Army Armament Research and Development Center, Watervliet N.Y., December 1983. Letöltve: 2019. január 9.
6. Yun, H., Jang, S., Seo, C., & Lee, J. (2011). The effect of vibration reduction on the anti-vibration gloves made of different materials. *Epidemiology*, 22(1), 1-2.