

# HADIUTAKON LÉTESÍTETT ÁTERESZEK ÚJJÁÉPÍTÉSÉNÉL FELHASZNÁLHATÓ PECOR OPTIMA POLIETILÉN CSÖVEK ALKALMASSÁGÁNAK ÉRTÉKELÉSE<sup>1</sup>

*Zbigniew KAMYK<sup>2</sup>*

## 1. Bevezető

A közlekedési műtárgyak mindig komoly katonai és gazdasági jelentőséggel bírtak. A műszaki csapatok, speciális felszerelésükből és kiképzésükből adódóan különösen fontos szerepet töltenek be a műtárgyak esetében bekövetkezett rongálódások javításában. Ezért a műszakiak kötelesek folyamatosan tanulmányozni a hidak, alagutak, átereszek és más műszaki létesítmények építésének és helyreállításának legkorszerűbb technológiáját. Ez segítséget nyújt – nem csak a rendszeresített, hanem az új polgári anyag és technológia ismeret lehetőségének kihasználásával – a hidak és utak ideiglenes helyreállítása, valamint a munkák hatékonyságának növelése során is. A „könnyű” szerkezetek felhasználása egy, a kis hidak, és átereszek építésére szolgáló, aránylag új, a hadseregben ritkán alkalmazott lehetőségek közül.<sup>3</sup>

A „könnyű” szerkezetek fogalma alatt hullámlemezről vagy polietilén csőből készült híd típusú műtárgyat értünk, melyek az őket körülvevő talajjal együttműködve nagyon nagy terhelést képesek elviselni. E szerkezetek technológiai előnyei valamint anyagi hatékonysága, egyaránt lehetővé tette az egész világon széleskörű alkalmazásukat mind a polgári, mind katonai műszaki feladatok megoldásában. A könnyű szerkezetek használatának fő indoka az összeszerelés egyszerűsége, a megvalósítás rövid időtartama, nehéz

---

<sup>1</sup> Fordította Fekete György alezredes, szakmailag lektorálta Havasi Zoltán mk. alezredes.

<sup>2</sup> Lt. Col. The Head of Military Engineering Department of Military Academy of Land Forces, Wrocław Poland  
Wrocławai Száratföldi Csapatok Katonai Főiskolája, Hadmérnöki tanszék, tanszékvezető

<sup>3</sup> „A hidak és átereszek jelentőségét a békefenntartó műveletek során szerzett tapasztalatok is bizonyítják. Csak Bosznia-Hercegovinában hidak szálait rongálták meg a polgárháború idején.” Padányi József: Újszerű műszaki eszközök a békefenntartásban Haditechnika XXXV. évf. 2001/4. 14. oldal

terepviszonyok közötti telepítés lehetősége, egyszerű szállítás, hosszú élettartam valamint a többszöri felhasználhatóság lehetősége. A hullámlemezből készített könnyű szerkezetek katonai alkalmazásában a leggazdagabb tapasztalattal az amerikai, a brit, a német és a kanadai hadsereg rendelkezik [1], [2], [3]. Használtak könnyű szerkezeteket földalatti óvóhelyek, átereszek, kisebb hidak, hangárok és lőszerraktárak építéséhez is. A lengyel hadseregnek ezen a téren még kevés a tapasztalata, hullámlemezt leggyakrabban óvóhelyek építésénél alkalmaztak [4], azonban már végrehajtották a polietilénből készült átereszek első vizsgálatait [5]. Lengyelországban még nem vizsgálták katonai viszonyok között a tipikus körülmények hatásait az ilyen típusú átereszek alkalmazására. Ezért döntés született ezen szerkezetek gyakorlótéri vizsgálatára.

Könnyű szerkezetű anyagok területén a legújabb eredmény az 1000 mm átmérőjű polietilén cső, mely az őt körülvevő talajjal való együttműködésnek köszönhetően képes elbírní a vasúti és közúti hidakra meghatározott terhelését.

A harctéri körülmények vagy a krízis helyzetek, és ezzel összefüggésben az építéshez rendelkezésre álló idő általában kikényszerítik az alábbi anyagi-technológiai korlátozásokat:

- különböző minőségű, leggyakrabban az áteresz helyszínén fellelhető talaj fedőréteggént való alkalmazásának szükségszerűségét;
- főként, és nem egyszer, kizárólag kézi talajtömörítési eljárások alkalmazását;
- az építés során bekövetkezett jelentéktelen alakváltozásokon átment szerkezet alkalmazásba vételét;
- fedőréteg vastagságának csökkentését, nem egyszer a megengedett minimális érték alá;
- az üzemeltetés során, az árokban keletkezett mélyedések feltöltésének megvalósíthatatlanságát;

- fedőréteg tömörségének, kizárólag „ejtőrúd” segítségével történő meghatározását.

A fenti feltételekből kiindulva, a következőkben leírt gyakorlótéri vizsgálatokban a harctéren fellelhető anyagok és eszközök felhasználására, és a békekörülmények között használatostól kissé eltérő technológia alkalmazására törekedtünk.

## **2. A vizsgálatok célja**

A lefolytatott kísérletek célja a „Pecor Optima” típusú PEHD polietilénből készített könnyű szerkezetű átereszek katonai célú alkalmazásának értékelése olyan megkötések mellett, melyek bizonyos mértékben eltérnek a gyártó által ajánlott elkészítési technológiától, valamint a fedőréteggént alkalmazott anyag fajtájától. A vizsgálatok általános céljának elérése érdekében a következő részletes vizsgálatok és elemzések kerültek végrehajtásra:

- az áteresz szerkezeti deformálódása valós értékeinek mérése;
- a szerkezetben fellépő feszültségek valós értékeinek mérése üzemi terhelés mellett;
- csökkentett anyagi-technológiai követelmények hatása az áteresz terhelhetőségére és szilárdságára az összeszerelés alatt:
  - a fedőréteg vastagságának csökkentése;
  - helyi talaj alkalmazása fedőréteggént;
  - fedőréteg kézi módszerrel történő tömörítése.

A katonai - harctéri ideiglenes - utak berendezésének eddigi tapasztalatai alapján megállapítható, hogy a legnagyobb szükséglet a 800-1500 mm átmérőjű csőátereszre mutatkozik. Ezért került kiválasztásra a gyakorlótéri vizsgálatokhoz az 1000 mm átmérőjű „Pecor Optima” típusú polietilén csőből készült áteresz. Elfogadtuk, hogy az áteresz tipikusan „háborús” módon kerül

felépítésre - kézi eszközökkel, gépi berendezések nélkül -, kikötöttük, hogy a gyártó által előírt technológiát betartjuk, azonban csak a minimális - vagy annál alacsonyabb-, megengedett értékek alkalmazásával. A DV 1000 típusú cső részére minimálisan megengedett fedőréteg vastagságot – 0,50 m – csökkentettük 20%-al, 0, 40 m-re. A változások a fedőrétegeként használt talaj paramétereit, és tömörítésének módját is érintették. Az átereszhez kiépítéséhez szükséges földvisszatöltésre a közvetlen közelben található talaj került felhasználásra, a tömörítés hagyományosnak tekinthető kézi eszközzel, döngölőfával került megvalósításra.

### **3. A lefolytatott vizsgálatok leírása**

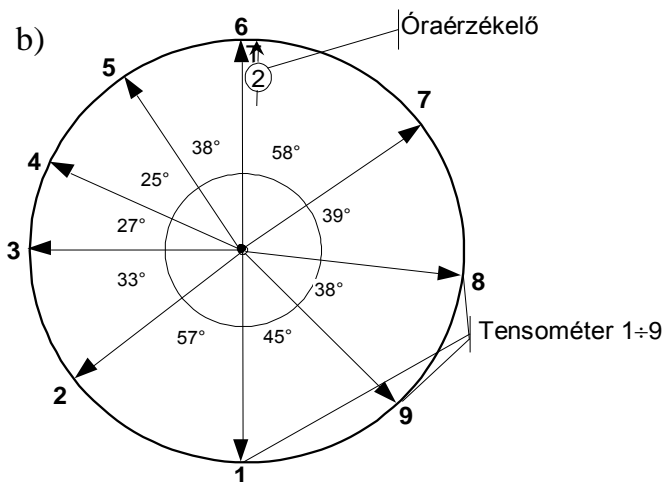
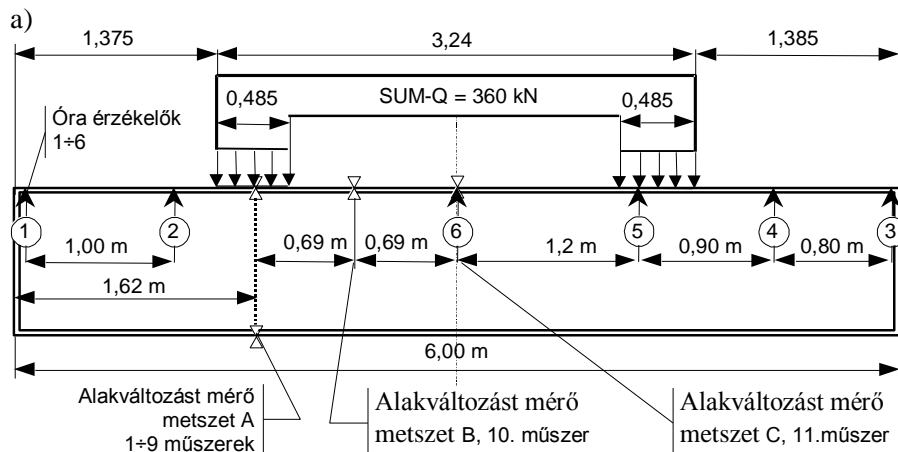
Az átereszt a Szárazföldi Csapatok Katonai Főiskola, Katona Műszaki Karának gyakorlóterén építettük meg. Az áteresz beépítése szakmai irányítás mellett, szakképzetlen katonákkal történt, ami szintén a vizsgálatok alapvető feltétele volt. A csövet közvetlenül a kiásott talajra helyezték, amely nagyszemcsés homokból állt. Az áteresz földvisszatöltésére az árok kiásásából és kiszélesítéséből keletkezett helyi talaj került felhasználásra. Arra törekedtünk, hogy a fedőréteg alját, és a csövet közvetlenül körülvevő réteget a helyi nagyszemcsés homok alkossa. A földvisszatöltés többi része kevésbé gondosan lett kiválasztva, különböző minőségű talaj, még humusz réteg is felhasználásra került. Az átereszt kézi módszerrel, lapátolással fedtük be, menetközben taposással tömörítettük a talajt, kivéve a támasztó réteget, melynek a tömörítéséhez 100x100 mm-es döngölőfát használtunk. 30 cm vastag talaj került felhordásra fedőrétegeként, melyre 10 cm vastag zúzott kőréteg lett terítve, így a fedőréteg teljes vastagsága 40 cm-t tett ki. A rézsűfelület gyepetglákkal lett beborítva, mely a talaj megfogta.

Az áteresz földvisszatöltése során folyamatosan, 15 cm-ként vizsgáltuk a talaj tömörítettségének szintjét. Mivel a műszaki alegységek nem rendelkeznek Proctor skála szerinti mérőműszerrel, ezért „ejtőrudat” alkalmaztunk, melyek

rendszeresítve vannak a hadseregben. A szonda pálcájának a talajba való teljes besüllyedésének hossza meghatározza a szállítóeszközök áthaladásának lehetőségét. Kikötöttük, hogy a tömörítést addig végezzük, amíg elérjük azt a szintet, amikor legalább 1500 db, 50 kN tengelynyomású gépjármű haladhat át az átereszen.

A vizsgált „Pecor Optima” átereszbe – megépítése után – egy elmozdulást és alakváltozást mérő műszer került telepítésre. Az állandó terhelés mellett lefolytatott vizsgálatok során mérésre került (1. ábra):

- az áteresz függőleges átmérőjének változását, 6 metszetben;
- az áteresz felületének alakváltozását 11 mérőpontban.



1. ábra  
Mérőpontok elhelyezkedése a vizsgált átereszben

a) áteresz hosszirányú metszete, a mérőpontok felett átlósan elhelyezett terhelések vázlatával,

b) Mérőműszerek (tensométerek) elhelyezkedése az „A” metszetben

A függőleges elmozdulás mérése az áteresz teljes hosszúságában, egyenletesen, a legjobban leterhelt pontok figyelembevételével került végrehajtásra. Az áteresz belsejében hat darab TGL típusú, 2 cm-es alapú és 0,01 mm-es pontosságú óraérzékelő került. Ezek lehetővé tették az áteresz függőleges átmérőjének a változás mérését.

Az áteresz felépítményének elváltozását mérő pontok három mérőmetszetben lettek elhelyezve. Az alapvető mérőmetszet 9 mérőműszerrel (tensométerrel) az árok tengelyében került elhelyezésre, amely fölött a lánctalpas terhelés lett beállítva (1. ábra). TFS-5 típusú, 5 mm alapú, 120 Ω ellenállású és  $k = 2,15$  együtthatójú mérőműszer került alkalmazásra.

A mérőműszerek (tensométerek) lehetővé tették a kerületi torzulások  $\sigma$  mérését. A kerületi ellenállást a következő képlettel fejezzük ki:

$$\sigma = \varepsilon \times E \quad (1)$$

ahol:  $\varepsilon$  – egységnyi eltorzulás,  $E$  – Young együttható, polietilén áteresz esetében  $E = 200$  MPa.



2. ábra

A terhelés II módszere

fölött (a jármű motorja ezek fölött a kerekek fölött található – 2. ábra)

Az áteresz terheléséhez 360 kN összsúlyú önjáró aknarakó (SUM) került alkalmazásra. A vizsgálatok során kétféle terhelési módszer került alkalmazásra:

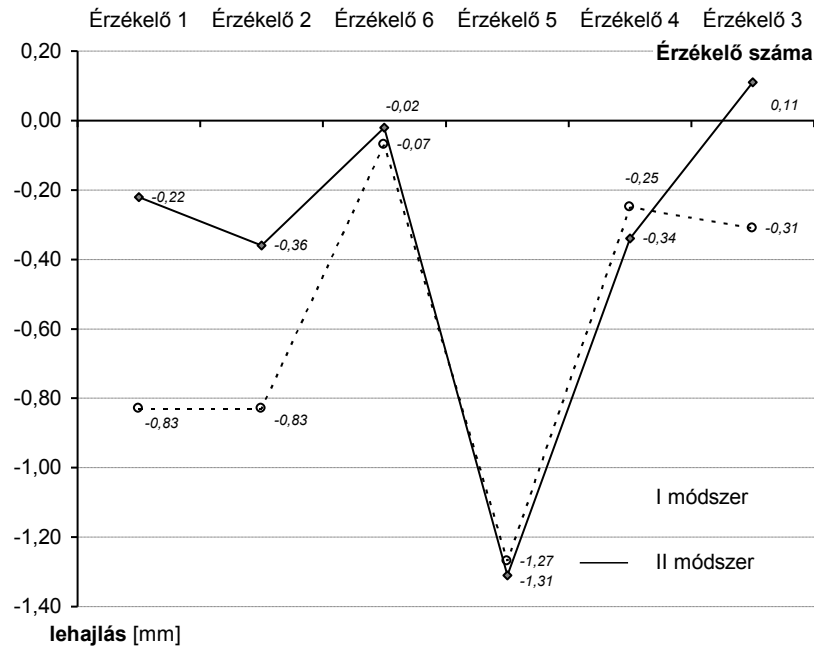
- I módszer – az áteresz egyenletes terhelése a jármű áteresz tengelyével szimmetrikusan való felállításával;
- II módszer – aszimmetrikus terhelés, a jármű az első pár meghajtó kerekével áll az áteresz tengelye

A terhelés merőleges elhelyezése mind a két módszer esetében egyforma volt, és maximális terhelést biztosított az "A" metszetre, ahol a cső teljes kerületén mérőműszerek (tensométerek) kerültek elhelyezésre (1b. ábra). B és C metszetekben csak az áteresz belsejének tetejére lettek felragasztva a műszerek, az alapvető üzemi terhelésnek kitett felületen kívüli terhelés hatásának összehasonlítása céljából. A 0,485 x 4,80 m méretű lánctalpakkal rendelkező jármű által, az áteresz feletti talajra ható erő 77,32 kN/m<sup>2</sup>-t tett ki.

A terhelés minden alkalommal 15 percre maradt a mütárgyon, a mérések a felállás pillanatától kezdve 5 perces időközönként kerültek végrehajtásra. Mivel jelentős eltérések nem mutatkoztak a mérési eredményekben, így a vizsgálat nem lett meghosszabbítva. A terhelés után a mütárgy 30 percre tehermentesítve lett.

#### **4. A vizsgálatok eredményei**

Az egységnyi deformálódás és behajlások mérési eredményei lehetővé tették a vizsgált tulajdonságok összehasonlítását különböző terhelési módszerek és meghatározott megszorítások alkalmazása mellett. A két terhelési módszer eredményei összehasonlító diagramok formájában kerültek ábrázolásra. Az áteresz alakváltozásának mérése során a maximális függőleges elváltozás a keresztmetszetben 1,31 mm-t tett ki. Ezt az elváltozást az 5-ös számú óraérzékelő regisztrálta, mely közvetlenül a lánctalpas (SUM) jármű alatt volt elhelyezve. Az átmérő függőleges elváltozásának folyamata mind a két terhelési módszer esetén hasonló jelleget és méreteket mutat (3. ábra). Mind a két módszer esetében a maximális lehajlások ugyanazokban a pontokban jelentkeztek.



3. ábra

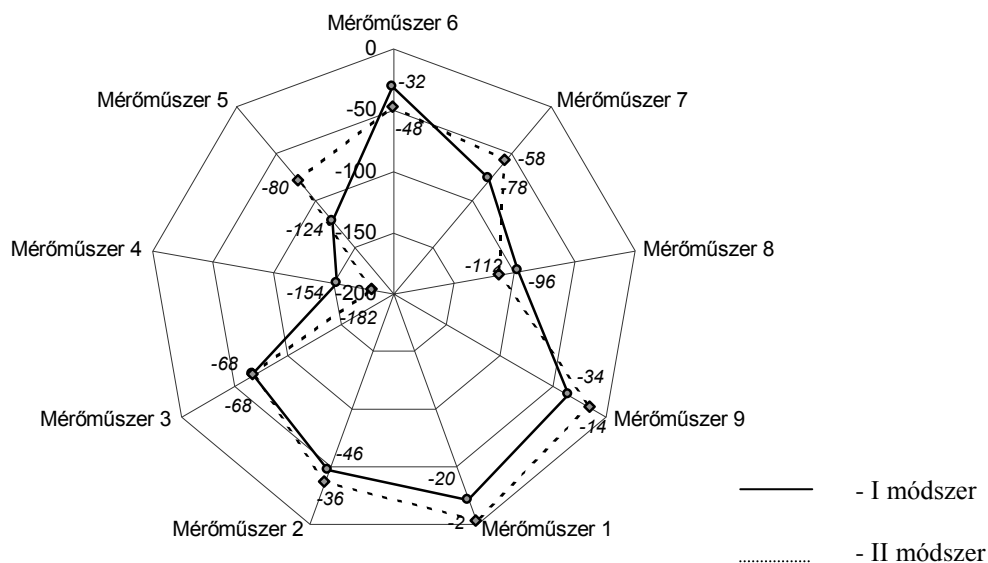
Az áteresztetőpont lehajlás összehasonlítása statikus terhelés mellett. Az érzékelők az áteresztető hosszanti metszetében kerültek elhelyezésre az 1a) ábrának megfelelően

A mért, függőleges elmozdulások lényegesen kisebbek voltak a megengedettnél, valamint az áteresztető felépítményének deformálódása a terheléses vizsgálatok során megegyezett az előre jelzettekkel. Az áteresztető függőleges átmérője csökkent, míg vízszintes átmérője nőtt. A merőleges metszet minimális mértékben ellapult, az átmérő maximális csökkenése 0,13 %-a volt az eredeti méretének.

Az áteresztető belső felületének egyéngnyi deformálódási mérése alapján meghatározásra került a felületen fellépő feszültség, a két statikus terhelési módszer esetére. A feszültség diagramok a 4. és 5. ábrán kerültek ábrázolásra.



$\delta$  [kPa]



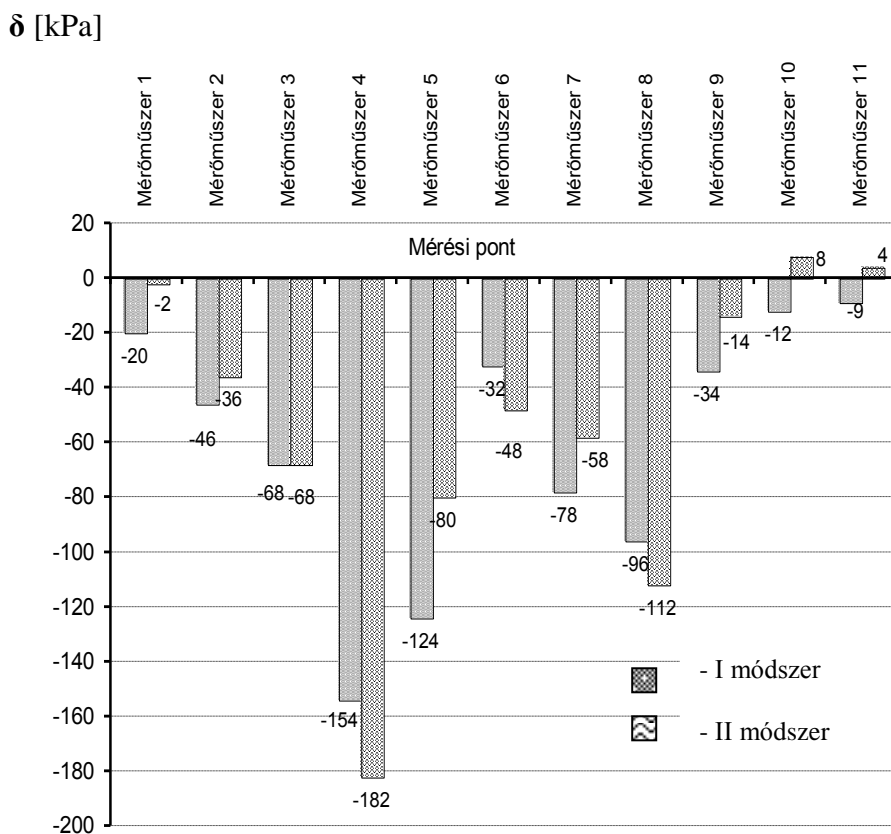
4. ábra

Az átereszt felületén fellépő felületi feszültségek diagramja az A metszetben, két terhelési módszer alkalmazásakor. Mérőműszerek elhelyezése az 1a) ábrának felel meg

A mért egységnyi deformálódások következtében fellépő feszültség hasonló értékekkel és lefolyással rendelkezett mind a két terhelési módszer esetében, és mind a két esetben a 4. számú mérési pontban érték el a legmagasabb, 154 és 188 kPa-nak megfelelő értéket. Az első módszer eredményeinek elemzése alapján megállapítható, hogy a szimmetrikus terhelés ellenére a szerkezetben jelentkező feszültség aszimmetrikus (4. ábra). Ennek oka lehet a fedőréteg egyenetlen tömörítettsége, vagy a terheléshez használt jármű egyenetlen súlyelosztása. A maximális deformáció hatására létrejött feszültségek a második módszer alkalmazása során léptek fel, amikor a lánctalpas eszköz a legnagyobb teherátadási helyzetben lett az átereszt fölé állítva. Ennek ellenére - a mérési eredmények alapján - a különbségek nem voltak jelentősek.

Jelentős különbségek - a terhelés hatására -, az áteresztő alakjában bekövetkezett változások a mérési metszetek változtatásával figyelhető meg. A „B” és „C” metszetek (10 és 11-es mérőműszerek), melyek kívül estek a terhelés közvetlen hatósugarán nagyon kicsi változásokat mutattak az áteresztő alakjában (5. ábra). A legnagyobb elváltozás az áteresztő keresztmetszetének felső negyedében észlelhető, mely a szerkezet aszimmetrikus változását eredményezi. Az áteresztő keresztmetszetében a 3-as és 8-as mérőműszerek szintén nem összehasonlítható eredményt mutattak a két oldalon. Az áteresztő metszetének alsó felében (1,2,9-es mérőműszerek) a feszültség jelentősen kisebb, mint a felsőben, és a szerkezet alján elhelyezett 1-es mérőműszer mutatja a legkisebb feszültséget.

Az áteresztő polietilén felszínének alsó felületén szimmetrikus terhelés mellett húzó feszültségnek kellene megjelennie. Most azonban a mérési eredmények nyomást mutattak ki. A kapott eredmény azt bizonyítja, hogy az áteresztő csöve nem az alapvető teherviselő eleme az áteresztőnek. Ez annak feltételezésnek a helyességét bizonyítja, hogy a „könnyű” szerkezetekből kialakított áteresztő esetén a valós teherviselő elemet, a talajból készített természetes felépítmény alkotja.



5. ábra

Az áteresz felszínén fellépő maximális feszültségek diagramja, statikus terhelés mellett, a két alkalmazott módszer esetében

## 5. Összegzés

Figyelembe véve azt a tényt, hogy a vizsgálatok során nagyon kis értékeket észleltünk az áteresz átmérőjének változásában, a polietilén felszínén keletkező feszültségekben, megállapítható, hogy a Pecor Optima áteresz megfelelő teherbírást mutatott, és biztonságosan elviseli a katonai forgalomból adódó terheléseket, az építés „hevenyészett” körülményei ellenére is. A polietilén csőből készült átereszek alkalmazása hadiutakon, manőverezési, utánszállítási és evakuálási útvonalak helyreállítása lehetőségének vizsgálata érdekében lefolytatott vizsgálatokból szerzett gyakorlati tapasztalatok lehetővé teszik az alábbi végkövetkeztetések levonását:

1. Polietilén csőből készült „könnyű” szerkezetek alkalmasak átereszek építésére és újjáépítésére úgy a hadszíntéren, mint krízis helyzetekben, mert lehetőséget biztosítanak, bonyolult körülmények között, az építés gyors megvalósítására, nehéz gépek alkalmazásának szükségszerűsége nélkül, mind a szállítás, mind az összeszerelés időszakában.
2. Könnyűszerkezetek alkalmazásával történő átereszek építéséhez, de főleg kis hídjellegű műtárgyak ideiglenes helyreállításához lehetőség nyílik az úgynevezett helyi anyagok felhasználására. A tömörítéséhez egyszerű, kézi módszerek alkalmazhatóak.
3. Harci körülmények között, az építés időtartama, a felhasználható anyagok, és az alkalmazott építési technológia korlátozott volta miatt megvan az alkalmazás alapja, annál is inkább, mert az így megépített átereszek megfelelő teherbírásúak, és biztonságosan alkalmazhatóak a hadiutakon, mind kerekes, mind lánctalpas járművek részére.
4. A közúti műtárgy ideiglenes volta lehetőséget biztosít a gyártó által ajánlott technológiától való bizonyos fokú eltérésekhez, különösen a következő területeken:
  - korrózió elleni védelem;
  - a talaj átfagyásának mértéke;
  - megengedett deformáció horizontálisan és vertikálisan;
  - minimális vastagságú fedőréteg alkalmazása az építkezés helyszínén fellelt anyagokból;
  - a tömörítettség foka.
5. Lehetőség van az átereszek alkalmazására csökkentett vastagságú fedőréteggel. Ennek nagy jelentősége lesz akkor, amikor nem lesz

lehetőség az áteresz felett keletkezett „kátyúsodás” azonnali helyreállítására.

Mivel a Lengyel Hadseregben nincs rendszeresítve elegendő modern szerelhető és helyettesítő híd, ezért a műszaki tiszteknek megfelelő ismeretanyaggal kell rendelkezniük a polgári életben alkalmazott modern technológiák kihasználásának lehetőségeiről. Hullámlemezből és polietilénből készült csőelemek alkalmazása lehetőséget biztosít az átereszek és kisebb hídjellegű műtárgyak megépítésére, krízishelyzetekben és harchelyzetben egyaránt.

Lengyelországban a teljes közúthálózaton körülbelül 29 ezer közúti híd van, melyek átlaghosszúsága 17 méter. Ebből a nagy számból következik, hogy ezeknek a kis hidaknak a helyreállítása hullámlemezből és polietiléncsőből készült szerkezetek segítségével nagyon gazdaságos lehet.

### **Felhasznált irodalom:**

1. Abdel-Sayed G., Bakht B., Jaeger L. G., Soil-Steel Bridges. Design & Construction. McGraw-Hill, Inc., 1993.
2. Bulson P. S., Buried Structures, static and Dynamic Strength, London, New York, Chapman and Hall, 1985.
3. Vaslestad J., Janusz L., Zastosowanie konstrukcji z blach falistych w inżynierii wojskowej. Doświadczenia polskie i zagraniczne. Zeszyty Naukowe Poglądy i Doświadczenia, WSO im. T. Kościuszki, Wydanie specjalne, Materiały na Konferencję Naukową „Inżynieria Wojskowa Problemy i Perspektywy”. Wrocław-Szklarska Poręba 22-24 listopada 2000 r. s. 267-274.

4. Kamyk Z., Janusz L., Zastosowanie blach falistych do budowy konstrukcji nośnych schronów i ukryć. Zeszyty Naukowe Poglądy i Doświadczenia, WSO im. T. Kościuszki, Wydanie specjalne, Materiały na Konferencję Naukową „Terroryzm chemiczny i biologiczny - działania wojsk i instytucji pozamilitarnych w sytuacjach kryzysowych”. Wrocław-Szklarska Poręba 22-24 kwietnia 2002 r. s. 245-258.
5. Wysokowski A., Badania odporności zmęczeniowej przepustów ze stali karbowanej i tworzyw sztucznych w skali naturalnej. IV Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy projektowania, budowy i utrzymania mostów małych”, Wrocław 2 i 3 grudnia 1999, s. 380–392.
6. Grabowski L., Sitarek M., Ciszewski T., Kamyk Z., Zabezpieczenie drogowo-mostowe wojsk w działaniach bojowych. cz.I. Warunki i właściwości. Praca naukowo-badawcza WIW/404, WSO im. T Kościuszki, Wrocław 1995.