

**TERVSZÁM: 31.19.453**

# RENDKÍVÜLI HÍDVIZSGÁLATI ÁLLAPOTJELENTÉS A SZÉCHENYI LÁNCHÍD KRITIKUS ÁLLAPOTÚ ELEMEIRŐL

## ÖSSZEFOGLALÓ SZAKVÉLEMÉNY



**BUDAPEST, 2019. DECEMBER 10.**

**ÖSSZEÁLLÍTOTTA:**

**HORVÁTH ADRIÁN**  
SZERKEZETTERVEZÉSI IGAZGATÓ

**NÉMETH TAMÁS**  
IRODAVEZETŐ  
HÍD- ÉS SZERKEZETTERVEZŐ IRODA

**KESZTHELYI TIBOR**  
ELNÖK-VEZÉRIGAZGATÓ

# 1 Bevezetés

## 1.1 A vizsgálat tárgya

A Budapesti Közlekedési Központ (BKK) Zrt. megbízta társaságunkat a Széchenyi lánchíd rendkívüli hídvizsgálati állapotjelentésének elkészítésével. A vizsgálat célja, hogy a tervezett felújításhoz szükséges források megszervezéséhez és a folyamatban lévő kivitelező tender elbírálásához szükséges legrövidebb ideig a Megrendelő tisztában legyen lehetőségeivel és a szükségszerűségből következő korlátaival, közben mindenképpen gondoskodni tudjon a híd biztonságos használhatóságának feltételeiről. Ennek érdekében a következő kérdésekre várja a választ:

A híd jelenlegi állapotában

- melyek a – vizsgálat célját tekintve – legkritikusabb szerkezeti elemek,
- halasztható-e az azonnali beavatkozás az anyagi források megteremtéséhez és a közbeszerzési eljárás ettől függő befejezéséhez szükséges legrövidebb ideig, avagy fenyeget-e valamilyen tönkremeneteli veszély,
- a felújítás megkezdésének az anyagi források megteremtéséhez és a közbeszerzési eljárás ettől függő befejezéséhez szükséges legrövidebb ideig melyik szerkezeti elemeket kell külön vizsgálni,
  - = ezeket milyen módon,
  - = milyen rendszerességgel,
- a felújítás megkezdésének esetleges legfeljebb egy éves halasztásáig van-e a vizsgálatokon túlmenően szükséges beavatkozás a biztonságos használat érdekében.

## 1.2 Az eddigi ismeretek híd állapotáról

### 1.2.1 Források:

- 1.2.1.1 Széchenyi lánchíd 2011. évi fővizsgálata, FŐMTERV-MS-C-Pont-TERV Konzorcium, 2011.
- 1.2.1.2 Széchenyi lánchíd és Várhegyi alagút felújítása, 2. kötet, Széchenyi lánchíd rekonsztrukciója, FŐMTERV-MS-C-ÉH Konzorcium, 2014 február
- 1.2.1.3 Széchenyi lánchíd terheléses célvizsgálata, BME Hidak- és Szerkezetek Tanszék, FŐMTERV Zrt. 2018 október
- 1.2.1.4 Széchenyi lánchíd rendszeres szemléje – MS-C-FŐMTERV Konzorcium 2018 augusztustól
- 1.2.1.5 Budapesti Széchenyi lánchíd 2019. évi fővizsgálata, ProPontis, 2019 április

### 1.2.2 A híd állapotának összefoglalása az eddigi ismeretek alapján:

A megbízás tárgyát tekintve a Lánchíd szerkezeti elemeinek a teherbírásai, illetve a biztonságos használatot egyéb tekintetben érintő állapotát kell vizsgálnunk.

#### 1.2.2.1 Alépítmény

A híd alépítményeinek, azaz a pilonoknak és a lehorgonyzó tömböknek a jelenlegi és rövidtávú teljesítőképességével kapcsolatban nem merültek fel kételyek. Részletesebben:

##### 1.2.2.1.1 Alapozás

Nincs jele, hogy a pillérek és a hídfők alapozása süllyedne, teherbírásával gond lenne. A koronasaruk beállása azonban többlet terheléseket ad a pillérek alapjaira.

##### 1.2.2.1.2 Hídfők

A hídfőkben vannak a láncok lehorgonyzó kamrái. Mindkét parti hídfő beázik, de a II. világháborúban felrobbantott pesti hídfőé különösen erősen. Az állandó nedves környezetben a láncokat lehorgonyzó szerelvényen állandósult a rozsdásodás. A kamrák szigeteléség és a környezet

páramentesítéséig ez a folyamat nem állítható le, de azonnali veszélyt mindez nem jelent a híd jelenlegi használhatóságára.

#### 1.2.2.1.3 Pillérek

A pillérek teherbíróképessége megfelelő. Kőburkolatuk már károsodott és károsodik a városi levegő agresszív szennyezőanyagainak hatására, de ez egyelőre nem jelent közvetlen vagy sürgősen megoldandó feladatot.

#### 1.2.2.1.4 Tartozékok

A pillérek alatt, az azokat megkerülő járdákat látszólag acél öntvények tartják. Ezek valójában díszek. Legtöbbjük bekötése erősen károsodott, korrodált. Ezek a helyek nehezen megközelíthetők, gyakorlatilag megbontás nélkül nem javíthatók. Az öntvények leesése fenyegető, de valószínűleg csak a pillérek környezetében tartózkodókra nézve. Hajók a pilléreket ennyire nem tudják megközelíteni.

#### 1.2.2.2 Felszerkezet

##### 1.2.2.2.1 Főtartó

A Széchenyi lánchíd pályaszerkezetét két láncre függesztett acél rácsos tartó merevítőgerendák tartják. A láncok 76%-a az 1913-15-ös átépítés eredeti anyaga, de 24%-ban 1947-49-ben gyártott elemei is vannak, amelyek a második világháborús robbantásban megsérült és használhatatlanná vált szerkezeteket pótolják. A merevítőgerendákat újragyártották a helyreállítás során. Az acélszerkezetek korrózióvédelme a kocsipálya fölötti 1,5-2 méter magasságig – beleértve a pályaszint alatti szakaszokat is – hiányos, feladatát alig-alig tudja betölteni. Az összetett szelvények lemezei között megjelent a duzzadó leveles rozsda. A láncokban ez már akadályozza a láncok kötélszerű viselkedését, ami miatt az iránytörések környezetében a láncfejek nem tervezett hajlító igénybevételeket szenvednek el. A duzzadó rozsda megtartja a nedvességet, abban jelen van az olvasztósó, ezért ezek a helyek a környezetük gyorsuló korróziójának kiindulópontjai és fenntartói egyben. A láncokat alkotó lemezek keresztmetszetének csökkenése különösen a lehorgonyzó kamrákba vezető szűk lánccsatornában jelentős, bizonyos helyeken eléri a 10-15%-ot is.



1. ábra Leveles rozsda a lánccsatornában

Ezekon a helyeken a korrózióvédelem nagy szakaszokban már nem tölti be a szerepét, az állandó nedvesség és az oldatban jelenlévő só az acélszerkezet gyorsuló romlását okozza. Ezt a gyors romlást a híd felújításának tervezésének 2013. évi megkezdése óta eltelt időben határozottan



megfigyeltük. A kiviteli tervhez készített statikai számítás szerint szerkezet a ma ott közlekedhető közúti járműforgalomra, azaz személygépkocsikra és a BKK megrendelésére közlekedő néhány busztípusra szabványos biztonsággal megfelel. A gyalogos tömegteherre a szerkezet szabványos biztonsága nem megfelelő, állapota megtűrtnek tekinthető. Közvetlen tönkremeneteli veszély, a használatot akadályozó körülmény egy éven belül nem áll fenn.

#### 1.2.2.2.2 Pálya

A merevítőgerendák közötti kereszttartókra öt hossztartó támaszkodik. Ezek a hossztartók tartják a vasbeton pályalemezt. A pályaszerkezet alulról csak állványról vagy alpin technikával vizsgálható. A kéthavi rendszerességű vizsgálatokban így ezek a részek csak csónakból, távcsővel, és a pillérek körüli vizsgálójárdáról szemrevételezhetők. Az előzetes vizsgálatok is kimutatták, hogy a szélső főtartók felső öve és gerince nagyon nagy, akár 30%-os keresztmetszetcsökkenést szenvedett. Feltételezhető, hogy ezeknek a teherbírása kritikus lehet.



2. ábra Szélső hossztartó súlyos korróziós károsodása (POVIX HÍD Kft. felvétele)

A vasbeton lemezek alsó felületén sok helyen messziről is látható a rozsdás vasalás. A legutolsó mérések szerint a betonban minden határértéket messze meghaladó a kloridion tartalom, ami a betonacélok elektrolitikus korróziójának alapvető okozója. Ez a folyamat megállíthatatlanul zajlik a betonban, amíg valamilyen hatékony beavatkozással azt meg nem akadályozzák. A betonacélok még ép átmérőjéről nincs információnk. A 2019. évi hídvizsgálatban nem figyeltek meg a tönkremenetel előtt közvetlenül megjelenő jellegzetes repedésképet, de a szélső hossztartók esetleges tönkremenetel esetén a szélén megtámasztatlanná váló lemez teherbírása szintén kritikus lehet.

#### 1.2.2.2.3 Járdák

A járdák vékony vasbeton lemezét a kereszttartók kiosztásának rendjében acél konzolok támasztják alá. Ezek a konzolok is korrodálódnak, de nagyobb gondot jelent a vasbetonlemezek állapota. Ezeknek a járófelülete műgyanta bevonat, ami egyben a vízszigetelést is meg kellene oldja. Ez a bevonat a készítése korának megfelelő, akkor korszerű anyag, mára elridegedett, összeroppedezett, vízszigetelésre már alkalmatlan. Az olvasztósóval szennyezett víz bejut a vékony vasbeton lemezbe,

és a betonacélok gyors korrózióját okozza. A betonacélok felületén megjelenő duzzadó rozsda lefeszíti a kicsi betontakarást. A beton felső része szintén pusztul. A hajlításra igénybe vett lemezben az amúgy is fogyó betonacél keresztmetszetek a tervezettnél sokkal kisebb erőkaron dolgoznak, így a lemez teherbírása – ezeken a helyeken – jelentősen csökkent.



*3. ábra Kifolyási oldali járda állapota*

Már történtek átlukadások a járdákon, ezek újabb előfordulása nem zárható ki, inkább várhatóan mondható, különösen a markánsan rosszabb állapotú kifolyási oldalon.

#### 1.2.2.2.4 Tartozékok

A láncok koronasarui (a pillérek tetején) egy kivétellel megszorultak, már nem követik a láncok terhelésből és hőmérsékletváltozásból származó alakváltozását. Ezeknek a saruknak a fő funkciója pedig ez lenne, annak érdekében, hogy a pillérek hajlítása révén ne adjanak nagyobb terhelést az eredetileg kisebb terhelésre épített pillérialapoknak. Közvetlen, egy éven belüli veszélyt nem jelent ez az állapot.

A merevítőgerendák sarui működőképességük határán vannak, többük már elkezdett elemeire esni. A saruk nyilván nem töltik be szerepüket, de közvetlen veszélyt nem jelent ez az állapot.

A gyalogos korlátok bekötésének környezete erősen korrodált. A korlátok még teherbírók.

A járdák külső szegélytakaró lemeze nagy hosszakban részben elkorrodált. Az éles szélű lemezek jelenthetnek közvetlen balesetveszélyt a hídon közlekedőkre. Célvizsgálatukkal több hasznos információ nem nyerhető róluk.

A kocsi pályára aszfaltburkolata sok helyen felgyűrődött, a szegély mellett akár 10 cm magasra is. Az alatta lévő szigetelés valószínűleg már szintén sérült, azon keresztül rendszeresen ázik a vasbeton pályalemez. Egy éven belül maga a felgyűrődött aszfaltzóna nem jelent veszélyt a közlekedőkre nézve.

A merevítőgerendák melletti kiemelt szegély nagyon nagy hosszban már annyira károsodott, hogy már egy rá valahogy felkerülő személygépkocsi kerekének a terhét sem bírja el. További vizsgálatokkal nem szerezhetünk további érdemi információt róla.

## **2 A vizsgálati program**

A fentiek alapján a pályaszerkezet állapotával kapcsolatban merült fel annak a veszélye, hogy a nehéz tengelyek súlyára lokális tönkremenetel következhet be: a szélső hossztartók teherbírása kimerül, a szélén megtámasztatlanná váló vasbeton pályalemez pedig túlterhelve törési határállapotban nagy lehajlásokat szenved, ami miatt a burkolatban hirtelen kátyú keletkezik. Ennek

a tönkremeneteli veszélynek a kiterjedtségéről és mértékéről úgy tudunk érdemi véleményt alkotni, ha a pályaszerkezetet alulról végignézzük, a legrosszabb állapotú helyekről anyagvizsgálatra alkalmas mintákat veszünk, és a tényleges mért anyagtulajdonságok ismeretében megbízhatósági analízissel vizsgáljuk a szerkezetet. A vizsgálat célját tekintve elegendő a legrosszabb állapotú helyek vizsgálata, ugyanis, ha azok megfelelő teherbírásúak, akkor a jobb állapotú részek is azok. A legrosszabb állapotú helyek megbízhatósága egyben jellemző lesz a hídon és a híd alatt közlekedőket érintő esetleges veszélyekre is.

A járdalemez pillanatnyi állapotát mutatja a már bekövetkezett néhány lokális átlukadás, a burkolatának töredezettsége, felpúposodása a duzzadó rozsdá következményeként. A vasbeton lemez vizsgálatával nem várható olyan ismeretanyag, ami a megítélését érdemben megváltoztathatná, ezért azt csak szemrevételezéssel terveztük vizsgálni alulról.

A szemrevételezéses vizsgálatba a PROVIX Híd Kft.-t, az anyagvizsgálatokba a Magyarádi Kft.-t vontuk be. A megbízhatósági analízissel a BME Hidak- és Szerkezetek Tanszékét bíztuk meg.

### **3 Az elvégzett helyszíni vizsgálatok**

A pályaszerkezetet és a járdákat alulról alpin technikával kézközlelől vizsgálta a PROVIX Kft. Szemrevételezéssel megállapították a leginkább károsodott szerkezeti elemeket, azok helyét és általában becsléssel megállapították az I keresztmetszetű szélső hosszartók övein, illetve gerinclemezen bekövetkezett szelvénycsökkenés mértékét. A tapasztalt állapotokat fényképekkel dokumentálták, amelyeket a szakvélemény mellékleteként közlünk. Az észlelt releváns hibákat hibatérképen ábrázolták, s ugyanott megjelölték a javasolt mintavételi helyeket. A hibatérkép a fényképek mellett található a mellékletekben.

#### *3.1 A pályaszerkezet szemrevételezésének megállapításai*

A szemrevételezéses vizsgálat igazolta a szélső hosszartók jelentős korróziós károsodását, sőt, az eddig feltételezett szelvényfogyás mértékénél (30%) nagyobbat: helyenként az övben 50%-ot, egy helyen a gerinclemezben 80%-ot tárt fel. A vasbeton pályalemez általában ugyanazoknak a helyeknek a környékén volt a legrosszabb állapotban, ahol a szélső hosszartók károsodása a legnagyobb. A vasbeton lemez ezeken a helyeken a vastagságuk alsó harmadában át volt ázva, az alsó vasalása erősen korrodált, a betonacélokon kialakult duzzadó rozsdá a betontakarást ledobta magáról. A beton ezeken a helyeken alulról láthatóan rossz állapotú, kevésbé tömör. A szélről második hosszartók, és az azoktól beljebbi pályaszerkezeti részek viszonylag jó állapotát figyelték meg.

#### *3.2 A járdalemez szemrevételezésének megállapításai*

A járdalemezek betonja sokkal jobb minőségűnek látszott a pályaszerkezet lemezének betonanyagánál. Sajnos azonban teljesen véletlen eloszlással a legváltozatosabb helyeken az alsó vasalás duzzadó rozsdája lefeszítette magáról a betontakarást. Az akár több 10 kg tömegű betonarabok a kábeltálcákon felakadva bizonytalan egyensúlyi helyzetben vannak, veszélyeztetve a híd alatti közúti, gyalogos és hajóforgalmat. A járdalemez 8 cm vastagsága, a nagy felületeken porló, fogyó felső rétege miatt a végletesen elvékonyodott járdalemez az ilyen helyeken átlukadhat egy erősebb pontszerű hatás következtében. A veszélyeztetett helyek egyértelműen nem jelölhetők ki, különösen, mert a duzzadó rozsdá további helyeken is lefeszítheti a betontakarást, előre meg nem jósolható időtávban. A jó betonminőség ellenére kisebb átlukadások bárhol és bármikor bekövetkezhetnek a járda vasbeton lemezén.

### **4 Az anyagvizsgálatok eredményeinek összefoglalása.**

A szemrevételezéses vizsgálatok alapján kijelölt öt helyről vettek 100 mm átmérőjű magmintát a pályalemez teljes vastagságában. A kijelölt helyek látszottak a szemrevételezéses vizsgálatban a leginkább károsodottnak, ezeken a helyeken a lemez alsó vasalása súlyos korróziót mutatott, a betonfedés már levált. A mintavételek környezetében három mélységből a betonból pormintát



vettek a kloridtartalom és a beton pH értékének meghatározása érdekében. A környezetben vaskeresővel feltérképezték a lemez felső vasalásának képét, és feltárással ellenőrizték a betonacélok átmérőjét és korróziós állapotát. A vizsgálati helyeket a hibatérkép és a mellékletként közölt anyagvizsgálati dokumentáció tartalmazza.

#### 4.1 *A pályalemez vasalása*

A feltárásokban alapvetően az eddig ismeretlen állapotú felső betonacélsorra voltunk kíváncsiak. A szélső hossztartók tönkremenetelekor a vasbeton pályalemez konzolos viselkedésében a keresztirányú (hídtengelyre merőleges) felső vasalásnak van döntő szerepe. A feltárt felső vasalás sima felületű (nem nyílboardás). A vasbetéteken korróziót sehol nem találtunk. Azok fémtiszták, a betonban jól tapadnak. Meg kell jegyezni, hogy a lemez alsó vasalása – a szemrevételezésen észleltekkkel összhangban – már mm-es nagyságrendben korrodált. A felső keresztirányú vasak átmérője általában 10 mm, a hosszirányú vasaké 8 mm. A vaskiosztás helyről helyre változik. A keresztirányú vasak távolsága egymástól az egyes feltárási helyeken 7,5 cm, illetve 10 cm volt. A felső vasalás 4-5 cm mélységben van, ami a várt - a korban szokásos - betontakarásnál sokkal nagyobb. A részletes adatokat az anyagvizsgálati jelentés tartalmazza.

#### 4.2 *Porminták eredményei*

A pályalemez betonjának pH értéke a legtöbb vizsgálati helyen és mélységben eléri vagy meghaladja a 11 értéket, azt a határt, amelye fölött a betonacélok korrózió ellen védve vannak. A kloridtartalom azonban minden mintában messze meghaladja a cementtartalomra vonatkoztatott 0,4 tömeg% határértéket. A nedves betonban az ilyen mértékű kloridion szennyezettség erős korrozív közeget jelent, aminek a hatása jelentkezett az alsó vasaláson, amelynek a környezetében a betont minden mintában nedvesnek, átázottnak találtuk.

#### 4.3 *Magminták vizsgálata*

A 100 mm átmérőjű minták elemzése azt mutatta, hogy az egyik mintában feltárt beton nem az 1949-ben épített eredeti pályalemez anyaga lehet, hanem egy későbbi helyi javításból származhat. Ez feltűnően tömörebb, teljes vastagságában homogénebb volt a többi mintában feltárt anyagoknál. Az eredeti betonanyagok alsó részükben porózusak. A kivett mintákból készített próbatestek törése alapján a betont C16/20 szilárdságúnak minősítették, ami az építés idején érvényes szabvány szerinti B280 minőségű betonnak felelhet meg. Ilyen szilárdságú beton volt az akkori időben a helyszínen kivitelezhető, az anyagvizsgálat eredménye tehát összhangban van eddigi ismereteinkkel.

## 5 Számítási eredmények

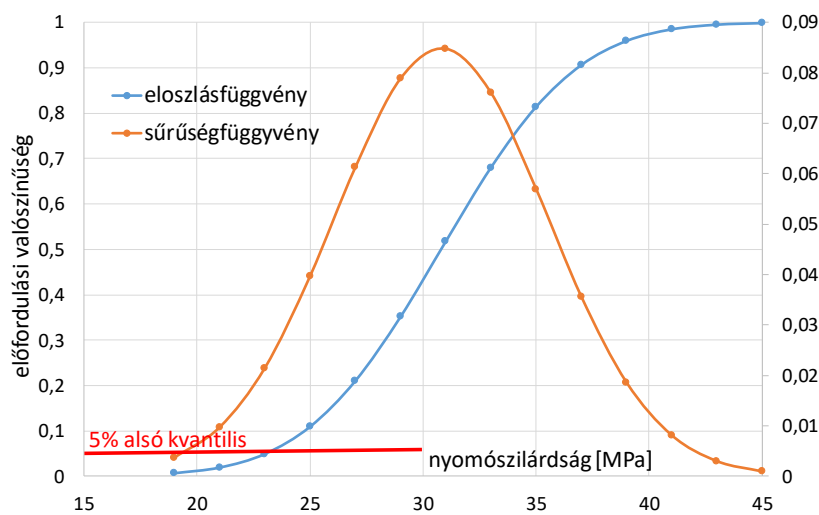
### 5.1 *A számítások alapelve*

A Lánchíd 1947-49-es helyreállításához készült kiviteli tervek és a feltárások eredményei alapján a BME Hidak- és Szerkezetek tanszéke megbízhatósági analízist készített a pályalemez teherbírási kockázatának, illetve tartálékainak megállapítására. A számítás részletes leírását és eredményeit mellékletben közöljük. A számítások a pályalemeznek két, a szerkezet viselkedésében különböző helyen vizsgálták a teherbírást:

- általános helyen, ahol a hossztartók és a pályalemez folytatólagosan halad a kereszttartókhoz kapcsolva, illetve a fölött,
- és az 1949-ben kialakított pályamegszakítások melletti mezőben, ahol a hossztartók és a pályalemez megszakad a kereszttartónál.

A számítások első részében a pályaszerkezetet a mért geometriai méretekkel és anyagszilárdságokkal dolgoztak a magyar szabványban ajánlott, és általában alkalmazott hagyományos eljárással: a határállapot koncepció alapján, a parciális tényezők módszerével. Ebben a számításban a régebbi magyar szabványban előírt legkisebb járműteherrel, a 20 t össztömegű C jelű járművel számoltak, amelynek a terhei kis mértékben majorálják a vizsgálni kért (BKK) buszterheket. Ezzel a számítással

egyrészt meghatározták a pályaszerkezet szabvány szerinti biztonságát, másrészt megállapították a mértékadó tönkremeneteli módot és az ahhoz tartozó mértékadó teherelrendezést. Ezzel a számítással nem lehet figyelembe venni az anyagjellemzők, a korrózió miatt nagy szórású geometriai adatok bizonytalanságát, és nem lehet meghatározni a szerkezet megbízhatóságát, tönkremeneteli kockázatát. Ezért, az utóbbiak megállapítása érdekében, a számítás második részében megbízhatósági analízis alapú teherbírás-vizsgálatot készítettek, amelyben sztochasztikus vizsgálattal matematikai statisztikai módon követték a valójában valószínűségi változóként figyelembe vehető anyagtulajdonságok változékonyságának a hatását a szerkezet teherbírására. A vizsgálatot egy éves időtávra végezték el, a szerkezet egy éven belüli megfelelését célul kitűzve. Ezt a számítási eljárást a hatályos magyar szabvány (MSZ EN 1990) tartalmazza, ezért a számítás egyéb paramétereit is ennek a szabványnak az előírásainak megfelelően vették fel, nem az Útügyi Műszaki Előírás szerint, ami nem ismeri ezt a pontosabb számítási módszert. A sztochasztikus számításban a korrózió miatt fogyott szelvényméreteket (ösvastagság illetve gerinclemez vastagság), a szerkezeti acél, a betonacélok, és a beton pályalemez anyagának szilárdsági tulajdonságait tekintették valószínűségi változónak. Az eloszlás- és sűrűségfüggvények felvételének módját és ennek indoklását a mellékelt számítási dokumentáció részletesen tartalmazza.



4. ábra Beton anyagmodell eloszlás- és sűrűségfüggvénye (BME)

A számítást Monte Carlo szimulációval hajtották végre, amihez latin hiperkocka mintavételezési eljárással határozták meg a valószínűségi változók aktuális értékeit. A nagyon sokszori számítást igénylő szimulációt a determinisztikus számításokban mértékadónak bizonyult terhelési esetre hajtották végre. A teher a vizsgált buszok közül a legnagyobb tengelyterhelésű VOLVO 7700 A jelű járművet választották ki. A teher értéke azszámításban nem valószínűségi változóként szerepel, mert erre vonatkozóan nincs gyakorlati használati adatunk.

## 5.2 A számítás eredményeinek összefoglalása

### 5.2.1 Determinisztikus számítás, parciális tényezők módszere

A számítások szerint a pályalemez szabványos biztonsággal megfelel a C jelű teherre az általános helyeken is és a pályamegszakítás melletti mezőben is. A biztonság szintje ez utóbbi helyen/helyeken – a volt pályamegszakítások melletti mezőben – mindemellett jellemzően kisebb, mint az általános keresztmetszetekben. A tönkremenetel a szélső hossztartó gerinclemezének horpadásával indul el. Ekkor a vasbeton pályalemez fokozatosan konzolos viselkedéssel kezd átvenni terheket a szélső hossztartótól, ami egyébként még további terheket képes felvenni a tönkremenetel jellegéből és az anyagtulajdonságokból következő ún. felkeményedés következtében. A determinisztikus számítás tehát azt mutatja, hogy a szerkezet *mai állapotában és korróziós mértékében* még szabványos biztonsággal képes hordani terheit.



### 5.2.2 Sztochasztikus számítás

A számításban figyelembe vett 125 kN-os tengelyteher az VOLVO 7700 A jelű busz mértékadó tengelyterhe. A számításban biztonsági (parciális) tényezőt nem, de dinamikus tényezőt 1,40 értékkel figyelembe vettek. A sztochasztikus számítás eredményeinek igen nagy szórása van, ami a korróziós modell és a korróziós anyagfogyás mértékében lévő nagy bizonytalanság következménye. Az eredmények szerint a pályamegcszakítás melletti mezőben a pályaszerkezet megbízhatósági indexe ( $\beta$ ) 2,43 értékű, ami 1:100 valószínűségű tönkremenetelnek felel meg. Itt kell megjegyezzük, hogy a hídszerkezetek tönkremenetellel szemben elvárt biztonsága  $\beta=4,27$ , ami 1:100000 tönkremeneteli valószínűséggel egyenértékű kritérium. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a számítás eredményét nem úgy kell értelmezni, hogy minden századik tengely áthaladásakor tönkremenetel várható. Ez a számítási eredmény arra hívja fel nagyon markánsan a figyelmet, hogy ezen a helyen a korróziós állapotra nagyon érzékeny a szerkezet. Az észlelt vastagságok és a mért anyagtulajdonságok mellett a szerkezet még éppen képes az elvárt biztonsággal hordani a terheket, de azt tudomásul kell vevünk, hogy minden ponton nem tudjuk megállapítani a szelvényméreteket, tehát azokat a maguk változékonyságában, a korróziós jelenség hatásának ismeretében nagy eltérésekkel igaznak (nagy szórásúnak) kell elfogadjuk. Nem tekinthetünk el attól sem, hogy a szerkezetnek nem csak a vizsgálat, az észlelés időpontjában kell megfelelő teherbírásúnak lennie, hanem az azt követő elvárt időtartamban is, ami esetünkben még egy év (a beavatkozásig). A korrózió előrehaladása a téli időszakban gyorsabbnak várható az átlagosnál a leveles rozsdában feldúsuló olvasztó és az ott szinte állandó nedves környezetet okozó pára jelenléte miatt. Ez a folyamat tavasszal, a melegedő hőmérsékleten még egy ideig tovább gyorsulhat. A sztochasztikus számítás eredményei tehát arra mutattak rá, hogy bár rövid távon szabványosan kis valószínűségű a pályaszerkezet tönkremenetele a buszok tengelyterhe alatt, de a szerkezetet minél hamarabb ki kell szabadítani ebből az állapotából.

## 6 Megállapítások, javaslatok

### 6.1 Lokális teherbírás szerkezetek

A pályaszerkezet mai szelvényméreteivel, anyagtulajdonságaival és korróziós állapotában még képes hordani a BKK buszok és a személygépkocsi forgalom terheit. A pályamegcszakítás melletti mezőkben azonban a teherbírás nagyon érzékeny az ezt meghatározó szélső hossztartó szelvényméretének változékonyságára, ezért – különös tekintettel az adatok teljes körű megismerhetőségének gyakorlati korlátaira, és az időben haladó korrózió hatására – ez az állapot legfeljebb a szakvélemény dátumától számított legfeljebb 6 hónapig megtűrhető.

Nagyon nagy kockázatot rejt a 64. felfüggesztés melletti pályamegcszakítással szomszédos budai befolyási oldali pályalemez szélső mezője. A számítás nagy alakváltozással járó, képlékeny jellegű tönkremeneteli folyamatot mutat, ami megsüppedés, kátyúképződés formájában jelentkezik. Ez a jelenség szemmel is érzékelhető, a szükséges intézkedések akkor is megtehetőek, de itt felmerül a szükségessége a szerkezet lokális megerősítésének vagy áthidalásának.



5. ábra Pályalemez állapota pályamegcszakítás mellett (PROVIX HÍD Kft. felvétele)

A járdák vasbeton lemezének betonminősége viszonylag jó, azonban a lemez nagyon kis vastagságú. Az olvasztószóval szennyezett vízzel átáztatott lemez alsó vasalása súlyos korróziós kárainak következtében az alsó betonfedés nagyon sok helyen lerepedt, vagy éppen lerepedő állapotban van. A lemez a felső felületén porlik, fogy. A vékony lemez így véletlenül kis területeken és kis átmérővel átlukadhat. Az alsó felületről lerepedő betondarabok akár több tíz kg tömegűek is lehetnek. Leesésük ma is, és – beavatkozás hiányában – a jövőben is nagy veszélyt jelent a híd alatt közlekedőkre! A kifolyási oldali járdalemez felületén megjelent repedéskép a vasbeton lemez felső vasalásának jelentős korróziójára utal: a duzzadó rozsda a vasak vonalában lerepeszti a betontakarást. Ha az eredetileg 8 cm vastag vasbeton lemez alsó felületéről is leválik/levált a betontakarás, akkor megmarad helyenként mintegy 4-5 cm vastag beton, erősen korrodáló, hiányos keresztmetszetű vasalással, átázva fagytól károsítva, csökkent szilárdsággal. Átlukadása ezeken a helyeken könnyen bekövetkezhet.

A merevítőtartókat felfüggesztő rudak korróziós állapota még viszonylag jó. Bizonyos rudak alsó bekötésénél számolhatók feszültségtúllépések a tömeges gyalogosteher hatására, a BKK buszok és a személygépkocsi forgalom terheit a rudak még képesek elviselni. Nem szabadna azonban megengedni, hogy a korrózió ezeket a helyeket érdemben megtámadja, mert az gyakorlatilag javíthatatlan hibát eredményezne.

### *6.2 Főtartók helyzete:*

A láncok teherbírása még megfelelő a közúti járműforgalom, és az elszórt, nem tömeges gyalogos és kerékpárforgalom terhére. Ez a teherbírás még nem csökken a kritikus szint alá az elkövetkező egy éven belül. A merevítőtartók teherbírása szintén megfelelő, és egy éven belül várhatóan nem is romlik a kritikus érték alá a fent írt terhekre. Ezeket a szerkezeti elemeket éppen ezért nem is vizsgáltuk ebben a rendkívüli vizsgálatban.

### *6.3 Forgalom fenntartása:*

#### 6.3.1 Közúti forgalom

A hídon a BKK buszai és a személygépkocsik az anyagi források megteremtéséhez és a közbeszerzési eljárás ettől függő befejezéséhez szükséges legrövidebb ideig még korlátozás nélkül közlekedhetnek.

#### 6.3.2 Gyalogos forgalom

A hídon az elszórt – azaz a mai mindennapos gyakorlatnak megfelelő – gyalogosforgalom fenntartható a fő teherviselő elemek szempontjából. Nagy balesetveszélyt nem jelent a közlekedőkre, de nagyon kellemetlen átlukadásokkal mindkét járdán számolni kell.

## **6.4 Javaslatok**

### **6.4.1 Beavatkozások**

**6.4.1.1 A járdák vasbeton lemeze alatt már leesett, de valamin fennakadt, labilis helyzetű betondarabokat sürgősen el kell távolítani. A lemez alsó felületét kopogtatással át kell vizsgálni, a laza betonrészeket le kell verni, megakadályozandó, hogy a híd alatt közlekedőkre essék egy nagy tömegű darab.**

### **6.4.2 Vizsgálatok**

**6.4.2.1 Szemrevételezéssel érdemes figyelni a híd közepéhez a budai oldalról legközelebb eső befolyási oldali pályamegszakítás melletti pályalemez mezőt (64. felfüggesztés mellett), annak esetleges tönkremenetelre utaló süppedését, kátyú kialakulását.**

**6.4.2.2 Rendszeresen kell figyelni a járdák pályalemezének használhatóságához szükséges – ilyen tekintetben relatív – épségét.**

**6.4.2.3 Ugyanígy rendszeresen ellenőrizni kell a korlátok merevségét, ilyen módon teherbíróképességüket.**

6.4.2.4 A többi szerkezeti rész állapotának kéthavi rendszerességű vizsgálata továbbra is elegendő.

6.4.3 Egyéb intézkedési javaslatok

6.4.3.1 Súlykorlátozás betartatása

- A BKK megrendelésére közlekedő közforgalmú buszokon túl egyéb buszok – például turistabuszok – felhajtását, az érvényben lévő korlátozásoknak érvényt szerezve, meg kell akadályozni (rendőri, FŐRI jelenlét segíthet).
- Fel kell kérni a tűzoltóságot, hogy a különleges terhet jelentő járművek felvonulási útként ne használják a Lánchidat, illetve – ha megadják a közlekedtetni szándékozott gépjárművek geometriai és terhelési adatait -, akkor megvizsgálható ezeknek az átengedhetősége.

## 7 Összefoglalás

### 7.1 Általános vélemény

A Lánchíd mind egészében mind részeiben nagyon rossz állapotban van. Ennek az oka gyakorlatilag mindenhol a korrózióvédelmi festékek és szigetelések gyakorlatilag régen megszűnt védelmi képessége miatt létrejött súlyos korrózió. Az acélszerkezeteken a szelvényméretek csökkenése a teherbírás kimerülésére vezetett vagy vezet záros határidőn belül. A vasfelületen kialakult duzzadó rozsdá a járdák alatt már most balesetveszélyt okoz, a merevítőtartóknál és a láncokon pedig a károsodási folyamatot gyorsítja, a beavatkozás halasztásával a várható költségeket drasztikusan növeli, végeredményben pedig a javíthatóság esélyét is elveheti.

### 7.2 Válaszok a megbízásban felvetett kérdésekre

A megbízás keretében az volt a feladatunk, hogy a híd tervezett felújításához szükséges anyagi források megszervezéséhez és a kivitelező kiválasztásához szükséges lehető legrövidebb időn belüli kockázatokat, és ennek megfelelően a szükséges teendőket meghatározzuk. Vizsgálatunk alapján a feltett kérdésekre a következő válaszokat tudjuk adni:

7.2.1 Jelenleg és rövid távon a legkritikusabb szerkezeti elemek:

Teherbírás és közvetlen veszélyokozás szempontjából a legkritikusabb elemek ma és egész rövid távon a járdák pályalemeze, és a pályalemeznek híd közepéhez közeli, a 64. felfüggesztés budai befolyási oldali pályamegszakítás melletti szélső mező.

7.2.2 Halasztható-e az azonnali beavatkozás az anyagi források megteremtéséhez és a közbeszerzési eljárás ettől függő befejezéséhez szükséges legrövidebb ideig?

A kritikus állapotú elemek minél sürgősebb beavatkozást igényelnek, de a híd tervezett felújítása feltételeinek megteremtéséhez szükséges legrövidebb ideig, mostantól legfeljebb 6 hónapig forgalomkorlátozás bevezetését nem látjuk szükségesnek. **A biztonság érdekében ehhez szükséges a fenti 6.4 alatt javasolt intézkedések megtétele.**

7.2.3 A felújítás megkezdéséig szükséges vizsgálatok:

A híd közepéhez közeli, befolyási oldali pályamegszakítás melletti pályalemez szélső mező - a 64. felfüggesztés környezetében - fölötti burkolatot érdemes legalább heti inkább napi rendszerességgel figyelemmel kísérni a fent írtak szerint. A pályaszerkezeten kívül a híd egyéb elemeinek a vizsgálatát célszerű folytatni az eddigi rendnek megfelelően.

7.2.4 A felújítás megkezdésének a szükséges anyagi források megszervezéséhez szükséges legrövidebb ideig, legfeljebb 6 hónapig történő halasztásáig van-e a vizsgálatokon túlmenően szükséges beavatkozás, a biztonságos használat érdekében?

7.2.5 Járdá

A járda alatti laza betondarabokat sürgősen el kell távolítani a balesetek megelőzése érdekében. A kifolyás oldali járda legkritikusabb szakaszain javasolt teherelosztó



ideiglenes burkolat építése, pl. megfelelő vastagságú recéslemezek letétele, a gyalogosközlekedés biztonsága érdekében (természetesen ehhez tervet kell készíttetni).

#### 7.2.6 Pályaszerkezet

A 64. felfüggesztés melletti budai befolyási oldali szélső hossztartó kiváltását legalább meg kell tervezni, esetleg célszerű azt meg is valósítani a buszok biztonságos közlekedése érdekében.

#### 7.2.7 Egyéb javaslatok:

A Lánchíd tervezett felújítása – az előkészületekhez szükséges legrövidebb időn, mától számítva 6 hónapon túl – tovább nem halasztható. A láncszemek között megjelent duzzadó rozsdá már most akadályozza a szerkezet megfelelő működését. Az elemeket szétfeszítő hatás miatt a sóval szennyezett víz egyre mélyebbre és távolabbra hatol be. A sós és nedves környezet az acél anyag gyors korrózióját okozza, ami folyamat magától nem áll meg. A sok egymás melletti lemez miatt a korrózió mértéke nem lesz vizsgálható, erre nincs megfelelő eszköz és eljárás, ezért a folyamat megállításának elmulasztásával hamarosan vállalhatatlan lehet a híd megfelelő teherbírásáról nyilatkozni. A láncok gyakorlatilag javíthatatlanok. Károsodásuk továbbfejlődése mielőbbi megakadályozásának az elmulasztása a láncok, a merevítőtartók és a pályaszerkezet teljes elbontására és újjáépítésére fognak vezetni. A forgalmi kihatások mellett ez nagyon jelentős többletköltségeket is okoz majd.

Felhívjuk arra a figyelmet, hogy a legnagyobb gondosság és szakértelem mellett sincsenek ma eszközök és lehetőségek arra, hogy egy aktív tartószerkezet várható károsodásait időben előre, akár csak heti vagy havi időtartam pontossággal előre jelezzék. Ehhez túl sok az ismeretlen és minden részletében nem is megismerhető paraméter. A veszélyesség, illetve az „utolsó tartalékok” mértéke adható meg meglehetősen nagy megbízhatósággal, azonban ezek csak valószínűségeket jelenthetnek, előrejelzést nem adnak. A trendek és a kockázatok becslése azonban megalapozott és valós.