



Herczeg Zoltán
HSTT elnökségi tagja



Lőrincz András
HSTT elnökségi tagja

Előszó

Magyarországon a feltárás nélküli csőfelújítások kezdetét sokan a hatvanas évek közepére datálják, nem alaptalanul. Ekkor került ugyanis kifejlesztésre a supersilices csatornájavitó eljárás. A technológia megalkotásában és továbbfejlesztésében – amelyekkel Magyarország egyeduralgódóvá vált a világban – elvülhetetlen érdemei vannak Csanda Ferencnek, az eljárások atyjának.

A hetvenes évek elején a gáziparban jelentek meg a különböző tokjavítási technológiák, aminek az volt a kiváltó oka, hogy ekkor került sor a városi gázzal földgázra való áttérés. A hetvenes évek végén a Pécsi Vízmű a szennyvízcsatornák problémáinak megoldására különböző tokjavítási eljárásokat tesztelt, majd 1981-ben az Insituform csatorna felújítási technológiát hozta Magyarországra. Ebben a munkában a Vízmű akkori igazgatójának, Solti Dezsőnek volt kiemelkedő szerepe.

Míndezek után, 1989-ben a Techno Wato Kft közreműködésével megalakult a GSTT (German Society for Trenchless Technology) hazai fiókszervezete, amelynek célja a NO-DIG technológiák hazai alkalmazásában érdekelt - és az akkori időben szerepet is vállaló – cégek összefogása, valamint külföldi tanulmányutak szervezése volt.

A kilencvenes évek elején aztán alkalmazásra kerültek olyan technológiák, amelyek Ausztráliából, az USA-ból és Japánból kerültek Európába, majd Magyarországra. A Ribloc, az U Liner és a Processz Phönix eljárások, valamint ezek továbbfejlesztett változatai azóta is fellelhetők a hazai gyakorlatban.

A csővezetési problémák megoldásánál a csőhálózatot üzemeltetők, a csővezetékeket építő és felújító cégek figyelmé egyre jobban a feltárás nélküli technológiák, az úgynevezett NO-DIG eljárások felé fordult. Fokozatosan ismerték fel ezen eljárások előnyeit, valamint környezetkímélő hatását.

A megnövekedett érdeklődés, a kivitelező cégek számának növekedése szükségessé tette a fiókszervezet átalakulását. Így 1996-ban megalakult a HSTT (Magyar Társaság a Feltárás nélküli Technológiáért) szervezet, amelynek első elnöke Vörös Ferenc, a Fővárosi Csatornázási Művek akkori igazgatója volt. A szervezet konferenciák, kiállítások és bemutatók szervezésével mind a mai napig népszerűsíti a NO-DIG eljárásokat. Célkitűzései között szerepel tudományos ismeretek, kutatási eredmények, gyakorlati tapasztalatok értékelése, átadása, szakmai segítségnyújtás, tanácsadás. Fontos számukra az egyetemi mérnökképzés segítése előadások tartásával, hiszen a NO-DIG technológiák megismertetése alapvető küldetése a HSTT szervezetnek.

A HSTT által szervezett rendezvények közül kiemelkedő volt az ISTT (The International Society for Trenchless Technologies) világkonferenciája, amelyre 1999-ben került sor. Ez a konferencia - amelyet egy kiállítás is kísért számos külföldi cég részvételével – nagy lökést adott a feltárás nélküli eljárások alkalmazásában.

A NO-DIG technológia számos hazai alkalmazása közül két nagy munkát föltétlenül meg kell említenünk. Az egyik Debrecen város szennyvízcsatorna hálózatának rekonstrukciója, amelynek során több mint 42 km csatorna felújítására került sor feltárás nélküli eljárással, a másik a Fővárosi Vízművek ivóvízhálózatának CIPP technológiával végzett csőfelújítási munkája, amely 5 éven keresztül mintegy négy milliárd Ft értékben került elvégzésre. A technológiát felhasználó cégek közül kiemelkedik még a Fővárosi Csatornázási Művek, valamint a nagyobb hazai városok szolgáltatói.

Az eljárások az ipar területén is egyre népszerűbbek és jelentősebbek lettek, a teljesség igénye nélkül meg kell említenünk a Borsodchem, a TVK, a MOL mellett a Paksi Atomerőmű csővezetékeinek felújítási munkálatait is.

Ez a mostani konferencia szlogenjében is jelzi, hogy már nem a NO-DIG technológia bevezetéséről kell szólni, hanem az eljárások gyakorlati alkalmazásának tapasztalatait érdemes taglalni. A „NO-DIG a gyakorlatban” címmel a leggyakrabban használt eljárásokról szólnak az előadók. Gyakorlati példákon át, a szilárdsági méretezéseket is taglalva jutunk az üzemeltetői tapasztalatokhoz. A konferencia programjából azonban idő hiányában kimaradt egy fontos téma, a NO-DIG technológiák környezetre gyakorolt hatása. Az ezzel foglalkozó szakcikket kiadványunkban közzé tesszük, mert ezeket a kérdéseket a szerzők részletesen és alaposan tárgyalják.

Reméljük, hogy jelen kiadványunk segítségével hasznos és érdekes információkat sikerül eljuttatnunk az érdeklődő közönséghez.



Palkó György
vezérigazgató
Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.

Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

Szeretettel üdvözlöm Önöket itt, a Fővárosi Csatornázási Művek Észak-pesti Szennyvíztisztító Telepén, ezen a mai konferencián. Mindenekelőtt szeretném bejelenteni, hogy a rendezvényre nagyon sokan jelentkeztek, aminek nagyon örülünk. A szakmai nap iránt nagyobb volt az érdeklődés, mint a konferenciaterem befogadó képessége.

Mint házigazda szeretném köszönetemet kifejezni partnereinknek, akik támogatták a mai rendezvényünket, így elsősorban a szintén házigazda AGRIAPIPE Kft.-nek, valamint a Magyar Társaság a Feltárásnélküli Közműtechnológiákért Szervezetnek, a Magyar Víziközmű Szövetségnek és a Szabadics Kft.-nek. Nélkülük ez a rendezvény nem jöhetett volna létre. Köszönjük a szervezésben való közreműködést, a támogatást és a szakmai együttműködést.

Mi történik a mai napon? Délelőtt előadások fognak elhangzani, majd ebéd után az előadások témáihoz kapcsolódó helyszíni bemutatókra kerül sor. Az érdeklődők megismerkedhetnek szennyvíztisztító telepünkkel is.

A mai nap előadói között szerepel professzor Bernhard Falter úr Németországból, Ábrahám Hofmann és Thomas Sammans urak Ausztriából, akiket külön tisztelettel üdvözlök. Előadó lesz továbbá Varga Zoltán, az AGRIAPIPE Kft. ügyvezetője, aki egyúttal a konferencia levezető elnöki tisztét is betölti. A Fővárosi Csatornázási Művektől Mórocz Gábor osztályvezető úr fog előadni, a Fővárosi Vízművektől pedig Hornyák Rudolf úr, akiket szintén szeretettel üdvözlök.

Miért NO-DIG, és miért rendeztünk éppen ebben a témában konferenciát? Ma reggel beszéltem egy olyan kollégával, aki igen járatos a feltárás nélküli csőfelújításban, és kérdeztem tőle, hogy szerinte mi a legfontosabb dolog ebben a témában? Ő azt válaszolta, hogy a NO-DIG eljárások nagyszerűsége vitathatatlan, de jó tudni, hogy nem általánosan használható csodaszer, például a fogfájásra sem jó! Tudni kell, hogy milyen körülmények között, milyen paraméterek mellett alkalmazható. Ma már nyugodtan mondhatjuk, hogy megvan a helye a közműves világban a NO-DIG technológiának.

Nem véletlen, hogy éppen itt Budapesten találkozunk, hiszen itt vannak olyan nagy értékű, nagy átmérőjű vezetékek, amelyek villamos sínek, utak alatt, sokszor nagy mélységben találhatóak. Itt a feltárásnélküli felújítások kiemelt szerepet kapnak, hiszen sok esetben nincs mód és lehetőség feltárni a vezetékeket.

Szeretnék erre egy példát hozni a mi gyakorlatunkból. Néhány évvel ezelőtt a Pozsonyi úton lévő nagy átmérőjű gyűjtőcsatornánkat kellett felújítanunk. A csatorna 6-8 m mélységben található és a felújítást csak bontás nélkül lehetett elvégezni, úgynevezett 100% NO-DIG eljárással. Ez a felújítás a cégünk életében a top háromba tartozott, mind a mai napig a három legkiemeltebb munka között tartjuk számon. Fő jellemzője volt, hogy a kivitelezés során zavartalanul meg lehetett tartani a Pozsonyi Pikniket és a Budapest Maraton futóverseny is érintette a felújítás helyszínét. Mint ahogy az előbb is említettem, ez a technológia a „fogfájásra nem jó”, azaz ennek a módszernek is megvannak a korlátai, például, ha átmérő problémák vannak, ha a fektetési mélységek, vagy a lejtési viszonyok nem megfelelőek, vagy ha új nyomvonalra kell építeni a vezetékét. Ezekben az esetekben a NO-DIG nem jöhet számításba. A felújítások során meg kell találni az eljárások helyét és akkor célszerű alkalmazni. Reménykedünk abban, hogy a magyar víziközmű szektorban az elkövetkező időszakban nagy felújításokra kerül sor, például az azbesztcement ivóvízvezetékek esetében. A vezetékek felújítása során a NO-DIG technológia valószínűleg előtérbe kerül. Ezeket az eljárásokat azonban nem csak a víziközmű területén lehet alkalmazni, hanem szóba jöhetnek az ipar számos területén is.

Minderről szó lesz ma a konferencia hat előadása és a gyakorlati bemutatók keretében. Én kívánok Önöknek egy kellemes és mindenekelőtt nagyon hasznos napot. Biztos vagyok benne, hogy az előadások rendkívül értékesek lesznek és hozzájárulnak ahhoz, hogy a feltárás nélküli eljárások minél inkább szerepet kapjanak az elkövetkezendő években, évtizedekben a mélyépítési beruházásokban.



Bernhard Falter

Alkalmazott Tudományok Egyeteme,
Kultúrmérnöki Tanszék, Münster/Németország

Építészmérnök: Műszaki Egyetem Hannover
5 év a Szerkezetelemzési Tanszéken, Prof. Dr.-Ing. A. Pflüger
Tézis: Földalatti szerkezetek stabilitása

5 év acélhid építés, Krupp Industrie- und Stahlbau, Duisburg-
30 éve a szerkezet elemzés professzora, acélszerkezet és szám.tech. tudomány
az Alkalmazott Tudományok Egyetemén Muenster, Építészmérnöki tanszék
jelenleg: Előadások csővezetékek tervezéséről és felújításáról

International Trenchless Technology Research Colloquium,
(Nemzetközi Feltárás nélküli Technológiai Kutatási Kollokvium)
Munkacsoport DWA-ES 5 Csővezeték tervezés és ES 8 Felújítás
jelenleg: DWA-A 127, 4th kiadás és M 127-3 csövek profilos fallal

Szerkezeti tervezés cspadékvíz elvezetők és szennyvízcsatornák rehabilitációjához

(Szennyvízcsatornák felújításához alkalmazott béléscsövek statikai méretezése)

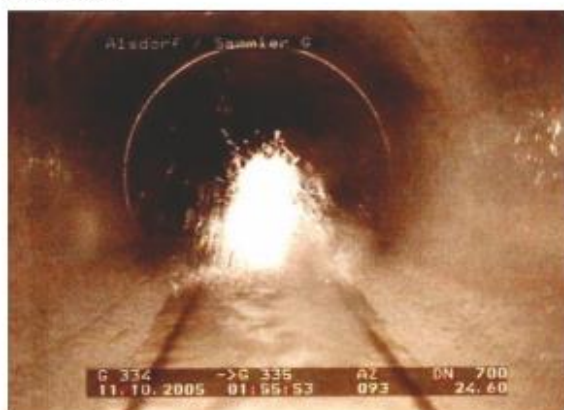
– Elméleti háttér, kiinduló adatok és méretezési gyakorlat –

KIVONAT: A DWA-A 143-2:2015 sz. német tervezési útmutató a befogadó cső következő négy állapotát különbözteti meg I, II, III és IIIa (tömítetlen, megrepedt de stabil, megrepedt, de hosszú távon nem stabil, beomlás közeli). A megbízható tervezés megalapozásához szükséges elvégezni egy a tökéletlenségeket, stabilitási határértékeket és a béléscső szilárdsági tulajdonságait is figyelembe vevő nemlineáris elemzést.

Az elméleti megközelítés mellett hasznosnak bizonyultak a stabilitásra és törési hibák meghatározására, valamint a figyelembe veendő tökéletlenségek beazonosítására irányuló kísérletek. Számos béléscső horpadási teszt eredményt tekintünk át különböző átmérő/falvastagság arányszámok viszonylatában.

1 BEVEZETÉS

Jelen tanulmány beszámol a bélélések statikai méretezéséről, kísérleti értékeléséről, a szükséges adatokról, valamint bemutat néhány sikeres bélélést. Az alábbiakban néhány példát találunk a sérült csatornahálózatra azért, hogy állapot szerinti osztályba sorolhassuk a befogadó csöveket.



1.1 ábra: Vízbetörés azbesztcement csöbe

→ HPS I

(HPS = "Host Pipe State" – Befogadó cső állapota)

Az elkövetkező ábrák 1.1-ől 1.11-ig példákat mutatnak a különböző csatornasérülésekre. Az 1.1 ábra esetében a víztömörtség láthatóan nem biztosított. Ha a régi csövet kibéleljük, akkor feltételeznünk kell, hogy a régi cső és a béléscső közötti teret teljes magasságban víz fogja kitölteni.



1.2 ábra: Hosszirányú repedés a vállvonalnál,
a vállvonal zónája sérült

→ HPS II vagy III

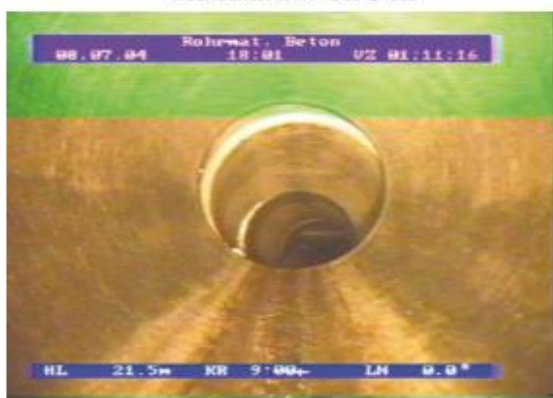
Az 1.2 ábra tipikus hosszirányú repedést mutat a vállvonalnál. Ilyen repedések esetén a csatorna fenekén és boltozatán is hasonló repedésekre kell számítanunk. A széles sávban sérült beton arra utal, hogy nem lesz megfelelő nyomószilárdság ebben a zónában.



1.3 ábra: Tojásszelvényű beton szennyvízcsatorna B/H = 700/1050 mm, nagymértékű deformitás, a csatornába tilos bemenni!!! → HPS III



1.4 ábra: Korrozó a csatornafalban HPS I (IIIa?)



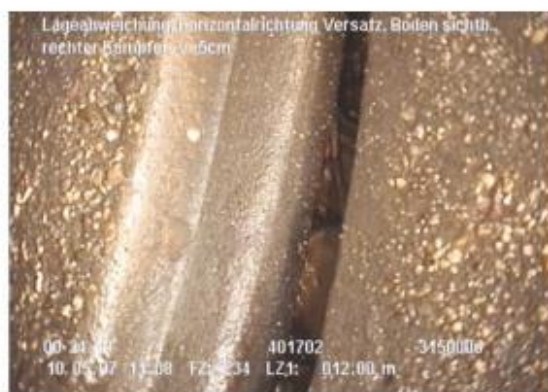
1.5 ábra: Tok elmozdulás → HPS I



1.6 ábra: Csőfal részleges hiánya, beton minőség < C8/10! → HPS IIIa



1.7 ábra: Tokelmozdulás → HPS I



1.8 ábra: Hosszirányú tokelmozdulás → HPS I

Az 1.3 ábrán egy négy helyen eltört tojásszelvény boltozatának befelé történő elmozdulását láthatjuk. Az 1.4 ábrán korróziós elváltozás látható – a probléma súlyosságát a régi csőrendszer csökkentett falvastagsággal történő újra méretezése útján állapíthatjuk meg.

Az 1.5, 1.7 és 1.8 ábrákon különböző tok-elmozdulások láthatóak. Amennyiben a cső jó állapotú és teherviselő, úgy a béléscsőön rövid hosszirányú gyűrődések fognak kialakulni a csatlakozásoknál. A kísérletek azt mutatják, hogy ezek nem befolyásolják a béléscső stabilitását.

Az 1.6 ábrán a szennyvícsatorna oldalából hiányzik egy darab. Az ellenőrzés során a falból kivett mintadarabok nagyon alacsony nyomószilárdságot mutattak, ezért a befogadó csövet III-as osztályba sorolták.



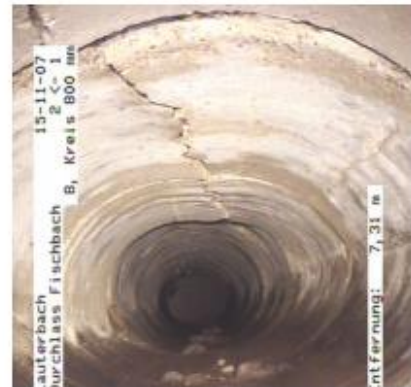
1.9 ábra: Vasbeton csatorna, beton- és betonvas korróziója
→ HPS I?



1.10 ábra: Belógó részek, ovalitás mérés
DWA-A 143-2, B módszer szerint:
 $\omega_{GR,v} = 10,7\% \rightarrow$ HPS III

Az 1.9 ábrán a beton felülete olyannyira elkorrodált, hogy már nem védi meg a betonvasat. Lehetséges, hogy a betonvasra nincs szükség a csatorna szerkezeti szilárdságának biztosításához és az anélkül is teherbíró. Csak ebben az esetben lehet a csövet a HPS I osztályba sorolni.

Az 1.10 és 1.11 ábrákon a deformáció jóval nagyobb, mint 6%. A 15 és 20%-os deformációk közé eső csövek már négy helyen eltörtek és a környező talaj nem tudja azokat megtartani, ezért számos beomlás várható a jövőben. A DWA-A 143-2 egyszerű módszert kínál a sérült csövek deformációinak értékelésére.



1.11 ábra: Különösen nagymértékű deformáció → HPS III

1.1 táblázat: Hibalakok (kivonatosa), osztályozás: releváns vagy nem releváns

Sérülés	Statikailag releváns	Befogadó cső állapota
1 Tömörtelenség	igen	I, II és III
2 Hosszirányú repedések	igen	II, III
3 Deformáció	igen	II, III
4 Darabos törés	igen	II, III
5 Korrozió, kopás	¹⁾	I, II és III
6 Nem eltávolítható lerakódások	²⁾	I, II és III
7 Hiányzó részek	igen, ha a szélesség > DN/2	I, II és III
8 Keresztirányú repedés	³⁾	I
9 Hibás oldalsó bekötések	–	
10 Belógó gyökerek	–	
11 Csőtök elmozdulás	–	
12 Kis nyomószilárdság	–	IIIa

¹⁾ Méretezés csökkent falvastagságra, szükség esetén béléscső megerősítéssel

²⁾ A helyi kezdeti alakváltozás növekedése ω_v

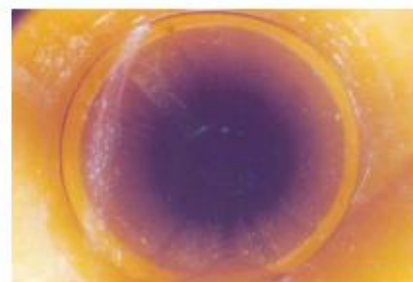
³⁾ Forgalmi terhelések megnövekedése p_T

A következőkben részletesen bemutatjuk a befogadó csövek DWA-A 143-2 szerinti HPS I-IIIa osztályokba sorolását.

Befogadó cső állapot HPS I (Terhelés p_a):

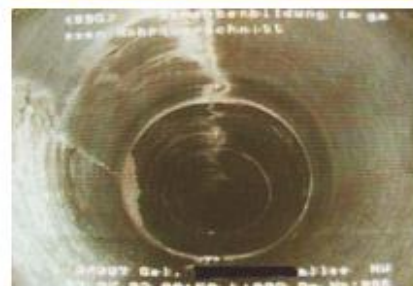
- Régi cső öntartó ^{*)},
- Tömítetlenségek a csőcsatlakozásnál és/vagy a cső belső falán;
- Repedések nincsenek, kivéve a hajszálrepedéseket

^{*)} A német ATV-A 127 szerint igazolható az eltemetett csövekre.



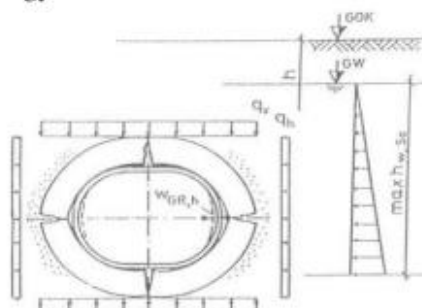
Befogadó cső állapot HPS II (Terhelés p_a):

- Régi cső-talaj rendszer teherbírása megfelelő
- Hosszirányú repedések és csődeformáció $\omega_{GR,v} < 6\%$,
- Oldalsó beagyazódás ellenőrzése és igazolása méretezéssel, pl. hosszú távú megfigyelésekkel és / vagy tömörítő (vibrációs) szondázással



Befogadó cső állapot HPS III (Terhelések p_E , p_T és p_a):

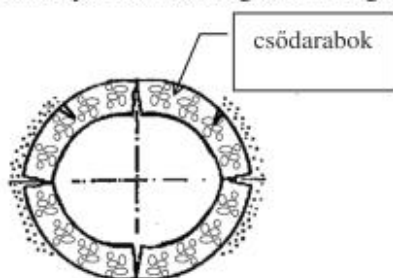
- Régi cső-talaj rendszer együttes teherbírasi képessége hosszú távon nem megfelelő
- Hosszirányú repedések, jelentős cső deformációkkal $\omega_{GR,v} \geq 6\%$;
- Felszínhez közeli cső helyreállítása esetén: $h < 1$ m vagy $h < OD$.



1.12 ábra: Rendszer, kiegészítő talaj- és forgalmi terheléssel ($p_E + p_T$)

Befogadó cső állapot HPS IIIa:

- A régi cső-állapot ugyanaz, mint a III-as kategóriában, de a régi cső vállvonalában teherbíró képesség nélkül, pl. beton vagy téglafalazat nyomószilárdsága nem megfelelő.



1.13 ábra: Befogadó cső állapot IIIa (betonminőség @ C8/10, falazat ≤ MG II)

1.2 táblázat: Befogadó cső állapotok – összefoglalás

Befogadó cső állapot	Megfelelő hajlító szilárdság	Hosszirányú repedések, deformációk < 6% megfelelő borítás	Megfelelő hajlító-nyomó-szilárdság, kis mértékű darabos törés	A cső nem omlott össze
I				
II				
III				
IIIa				

Az 1.2. táblázatban foglaltuk össze a négy befoglaló cső állapot főbb paramétereit. További kritériumként értékelni szükséges a repedések terjedésének jellemzőit. Amennyiben a repedések megfigyelési eredményei (vagy inkább az ovalitás változása) bizonyos időszakon belül nem mutat változást, úgy a cső HPS II osztályba sorolható. Amennyiben azonban jelentős forgalmi terheléssel kell számolnunk a régi cső-talaj rendszer felett úgy javasoljuk a HPS III osztályt választani.

2 ELMÉLETI HÁTTÉR

2.1 Béléscsövek tönkremenetelének módjai

Az I és II Befogadó Cső Állapotok (UK és US terminológiában „részlegesen sérült cső”) esetében a béléscső rendszer egy olyan mereven beágyazott csőben kerül elhelyezésre, amely víznyomásnak van kitéve és a cső tökéletlenségeit csökkentési tényezők alkalmazásával vesszük figyelembe. A III és IIIa Befogadó Cső Állapotok (UK és US terminológiában „teljesen sérült cső”) meghatározása egy olyan bélés rendszer, amelyet egy beágyazott bélés-cső-talajrendszer vagy egy rugalmasan beágyazott cső jellemez.

A 2.1 ábra három különböző típusú, víznyomásnak kitétt és sérült bélelést mutat. Balról jobbra: polietilén (PE), üvegszövettel megerősített cső (GRP) és kiinjektált cső.



Kőralak (= hajlékony)

Kőralak + 1 törés a folyásfenéken

4 törésvonal (= törékeny)

2.1 ábra: Különböző béléscsövek tönkremenetelének főbb módjai (PE, GRP, habarcs stb.)

A 2.1 ábrán bemutatott valamennyi esetben a meghibásodás a bélelés folyásfenéken lévő részének a faltól a középpont irányába történő eltávolodásával kezdődött. Mindazonáltal valamennyi meghibásodási mód különbözik a többitől. A PE bélelényanyag rugalmas alakváltozást szenvedett, még a maximális deformáció helyein is, ahol eléri a boltozat tetejét. Bár habarcs bélelés esetén a behorpadásos alakváltozás nagyon hasonlóan néz ki, de ha közelebbről megvizsgáljuk négy hosszirányú repedést láthatunk, ahogy azt a 2.2 ábra mutatja.



2.2 ábra: Habarcs burkolat, négy törésvonal a folyásfenéken

A vékonyfalú GRP bélés rugalmasan horpad be, de egy bizonyos mértékű deformáció után a maximális terhelés vonalában el fog törni.

A 2.1 ábra bemutatja, hogy a különböző meghibásodási kritériumok miként függenek a bélelényagtól. A tervezési útmutatónak tartalmaznia kell mind a behorpadás, mind pedig a törés elkerülésének kritériumait. A helyben kikeményedő béléscsövek (CIPP) hajlamosak mindkét sérülés típusra, így a DWA-A 143-2 előírja számukra mindkét ellenőrzési folyamatot.

Óriási hibát követ el, aki a habarcsbélelést a stabilitási kritériumra méretezi!

2.2 Behorpadás biztos vs. törésbiztos

A 2.1 ábra azt mutatja be, hogy két különböző meghibásodási mód lehetséges: ezek hajlékony vagy törékeny jellegű viselkedést mutatnak.

- A hajlékony meghibásodás alacsony alacsony rugalmassági (E) modulus (pl. PE) és viszonylag nagy szilárdság esetén következik be.
- A törékeny meghibásodás pedig alacsony szilárdság (pl. habarcs) és magas rugalmassági modulus esetén.
- A CIPP esetén mindkét meghibásodási mód lehetséges.

Mind a horpadás mind pedig a törés ellenőrzése szükséges!

2.2.1 Horpadás ellenőrzése

A DWA szerint a bélés horpadásellenőrzését a Glock [1] formulával kell kezdeni, amely egy tökéletesen kerek keresztmetszetű és mereven befogott gyűrűre vonatkozik, de figyelembe veszi a tökéletlenségeket leíró K_{s} összevont csökkentési tényezőt is, amely tartalmazza a ω_v , $\omega_{GR,v}$ és ω_s tényezőket.

$$\text{crit } p_a = K_{s} \cdot \alpha_D \cdot S_L \quad (1)$$

ahol α_D a megoszlási együttható

$$\alpha_D = 2,62(r_L/t_L)^{0,8} \quad (2)$$

és

$$S_{L,d} = \frac{E_{L,d}}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left(\frac{t_L}{r_L}\right)^3 \quad (3)$$

$E_{L,d}$ a csömerevség tervezési értéke
($E_{L,d} = E_{L,k} / \gamma_M$, $\gamma_M = 1,35$ részleges biztonsági tényező CIPP-re)

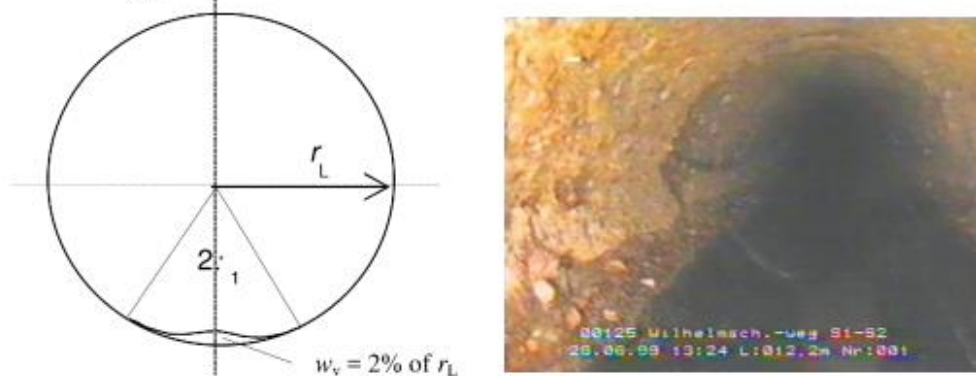
A bélés horpadásbiztos ha:

$$p_{a,d} / \text{crit } p_{a,d} \geq 1 \quad (4)$$

ahol $p_{a,d} = \gamma_F \cdot \gamma_W \cdot h_{w,inv}$ és $\gamma_F = 1,5$ a változó terhelésekre.

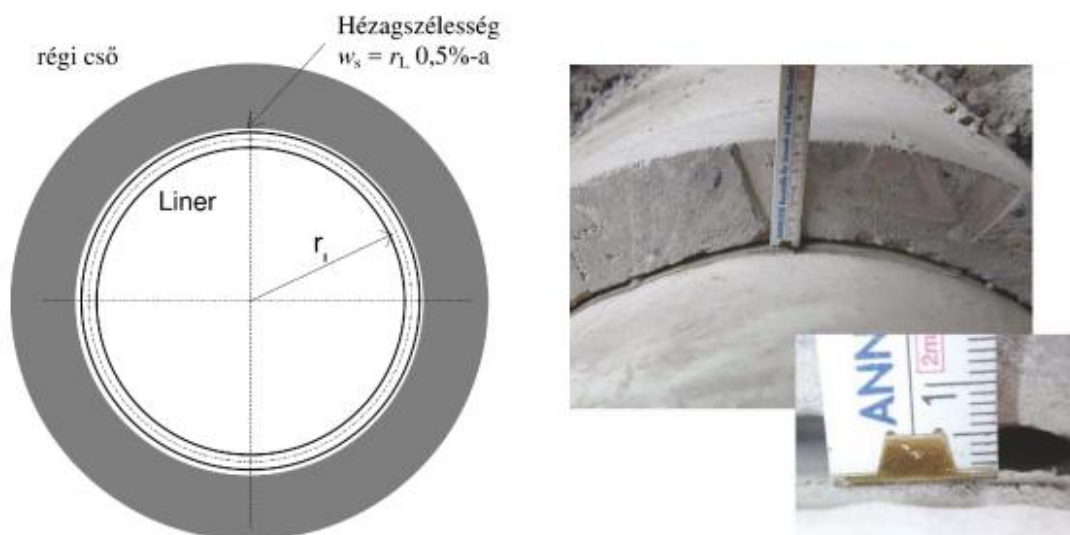
Az (1) egyenletben szereplő $K_{v,s}$ csökkentési tényezőt az alábbiakban részletezzük.

Körszelvény profilok hibái



2.3 ábra: w_v helyi hiba a folyásfenéken $2\varphi_1 \in 40^\circ$ körszelvényben (felnagyított vázlat!)

→ DWA-A 143-2 szerinti minimális érték: $\omega_{v_s} = 2 \%$

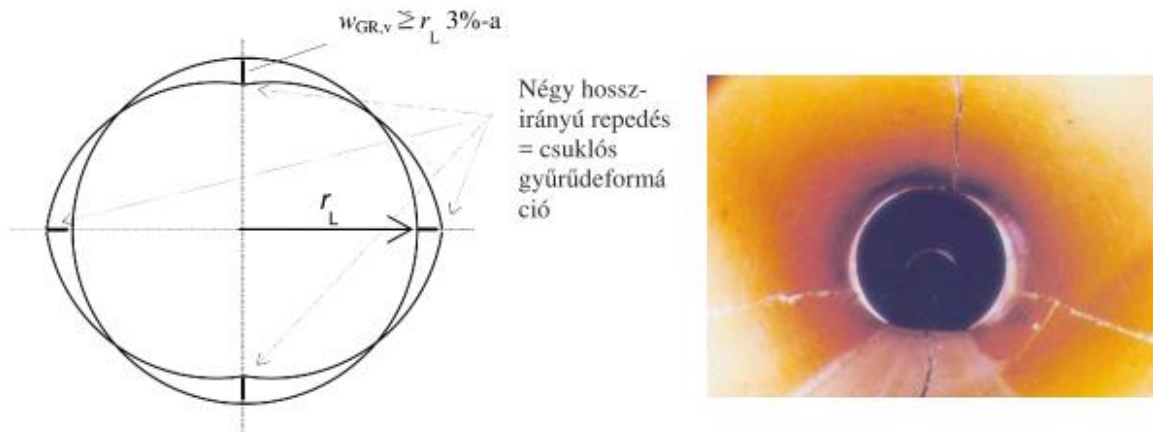


2.4 ábra: Gyűrűs hézag w_s (gyantaszugorodás)

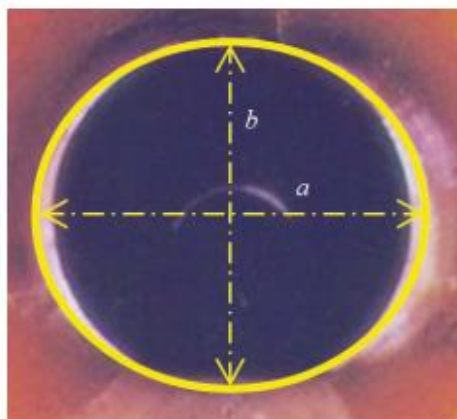
→ DWA-A 143-2 szerinti minimális érték CIPP-re: $\omega_{s_s} = 0,5 \%$



2.5 ábra: Gyűrűs hézag mérése, tojásszelvény, baloldalt: Akna melletti rész (a mérés nem megfelelő), jobboldalt: Próbakivágással (megfelelő)



2.6 ábra: Összevont hibák $w_{GR,v}$ (ovalitás) \rightarrow DWA-A 143-2 szerinti minimális érték: $\omega_{GR,v} = 3\%$, gyakran előfordul, hogy $\omega_{GR,v} > 3\%$! (Mérés és kiértékelés a CCTV kép alapján)



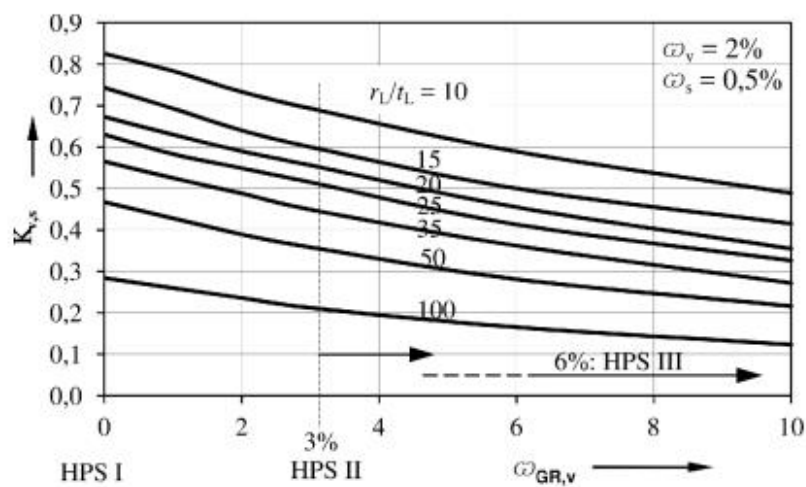
Az ellipszis fő tengelyei:

$a = 9,8$ és $b = 8,8$ cm

$$\rightarrow \omega_{GR,v} \left[\frac{a-b}{a+b} \right] 100\% \\ \left[\frac{1,0}{18,6} \right] 100\% = 5,4\%$$

2.7 ábra: Az összevont hibák értékelése CCTV képek alapján, DWA-A 143-2, C módszer

A hiba csökkentési tényezőket a 2.8 ábrán mutatjuk be általános esetekre $\omega_v = 2\%$ és $\omega_s = 0,5\%$. Ezek az értékek a CIPP helyi hibáira és az általánosan kialakulható gyűrűs résre vonatkoznak.



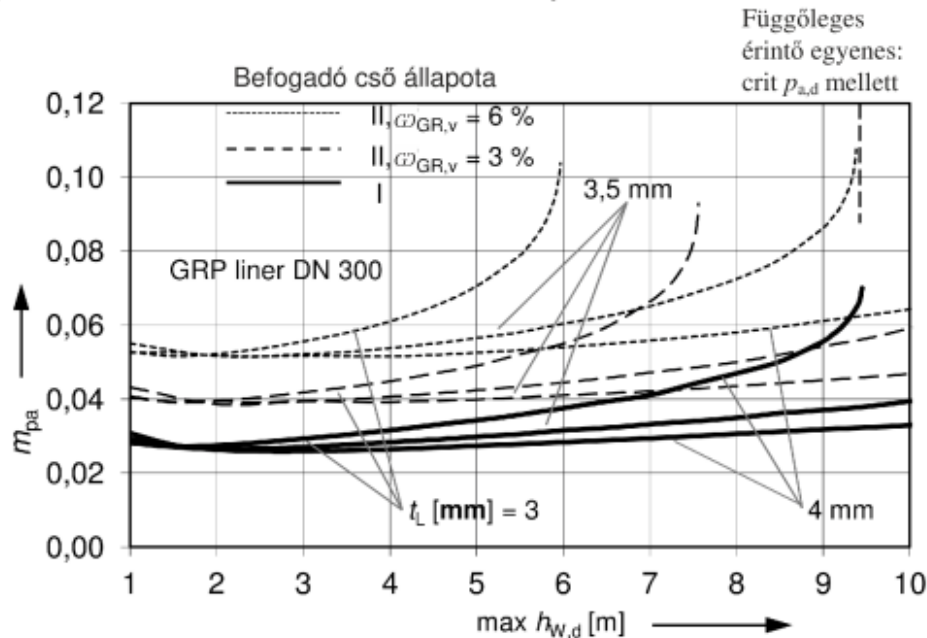
2.8 ábra: Összevont csökkentési tényező $K_{s,s}$ az összevont hibák egyes értékeire $\omega_{GR,v}$

2.2.2 Törésellenőrzés

A p_a víznyomás hatására fellépő N tengelyirányú erőt és M hajlítónyomatékat az m_{pa} és n_{pa}] P1.0 (kézi számítás esetén) paraméterek segítségével számítjuk ki.

$$M_{pa,d} = Z m_{pa} p_{a,d} r_L^2 \quad N_{pa,d} = Z n_{pa} p_{a,d} r_L \quad (5a, b)$$

ahol n_{pa}] -1.0 felvehető a kézi számításokhoz, míg m_{pa} értékét a 2.9 ábrából vehető:



2.9 ábra: m_{pa} paraméterek a HPS I + II állapotokhoz, DN 300 (1 diagram minden átmérőre) (érvényes: $E_{L,k} = 6000 \text{ N/mm}^2$, $\alpha_{\lambda} = 2\%$, $\alpha_{\lambda} = 0,5\%$ esetén)

Ha az átmérők eltérnek a DN300-astól a 2.9 ábrában a falvastagság módosítható. Feszültségek a bélésű falában (folyásfenék):

$$\sigma_{i,d} = \frac{N_{pa,d}}{A} + \alpha_{ki} \cdot \frac{M_{pa,d}}{W} \quad \sigma_{a,d} = \frac{N_{pa,d}}{A} - \alpha_{ka} \cdot \frac{M_{pa,d}}{W} \quad (6a, b)$$

Inklinációs paraméterek (íves gerendák korrekciós tényezői)

$$\alpha_{ki} = 1 + \frac{fL}{3r_L} \quad \alpha_{ka} = 1 - \frac{fL}{3r_L} \quad (7a, b)$$

Keresztmetszet értékek

$$A = 1 \cdot t_L \quad W = 1 \cdot t_L^2 / 6 \quad (8a, b)$$

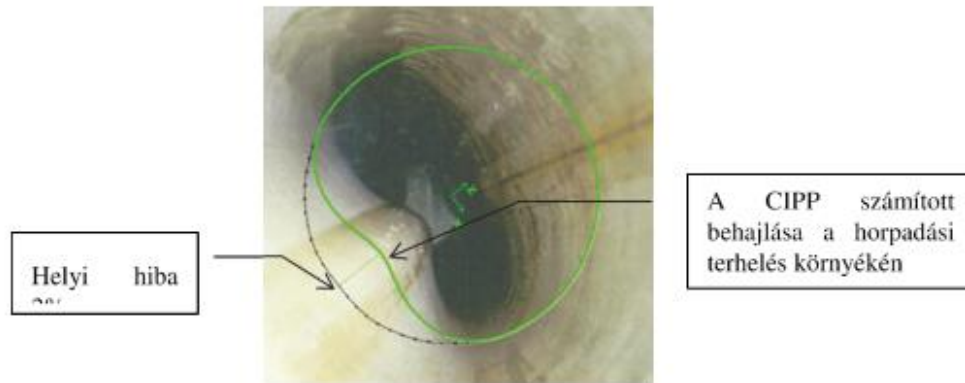
A rugalmas és nyomó feszültségeket a (6a, b) egyenletek maximális értékeivel összehasonlítva ellenőrizzük:

$$\sigma_{i,d} = \frac{\max \sigma_d}{\sigma_{fl,d}} \leq 1 \quad \sigma_{a,d} = \frac{|\min \sigma_d|}{\sigma_{c,d}} \leq 1 \quad (9a, b)$$

Mivel a béléshez használt műanyagok húzó és nyomó szilárdsága különbözik, ezért javasolt a (9a, b) egyenletek szerinti mindkét ellenőrzést elvégezni. A GRP kompozit anyaga kivételt képez, ahol is a szilárdsági értékeket azonosnak kell tekinteni: $\sigma_c = \sigma_n$.

A tojásszelvényekhez használható további diagramok találhatóak a D Mellékletben [2]. A HPS III állapotú befogadó csövek q_v feszültségének számításához szükséges m_q és n_q paraméterek az E Mellékletben [2] találhatóak.

2.3 Kísérleti kiértékelés



2.10. ábra: CIPP behorpadása külső víznyomás hatására, Wagner 1992 [3]

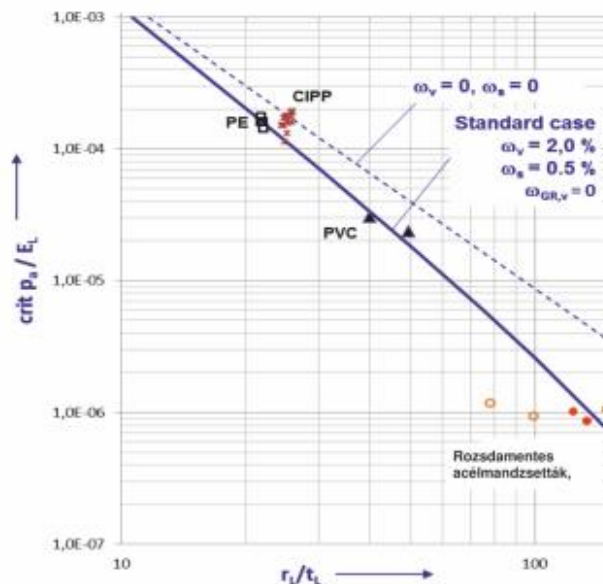
Ahhoz, hogy összehasonlítsuk az elméleti eredményeket a kísérletekkel a horpadási képlet (3) α_D megoszlási koefficiensének és a jellemző S_L béléscső merevség értékekének

$$\text{crit } p_a = K_{v,s} \alpha_D \cdot S_L$$

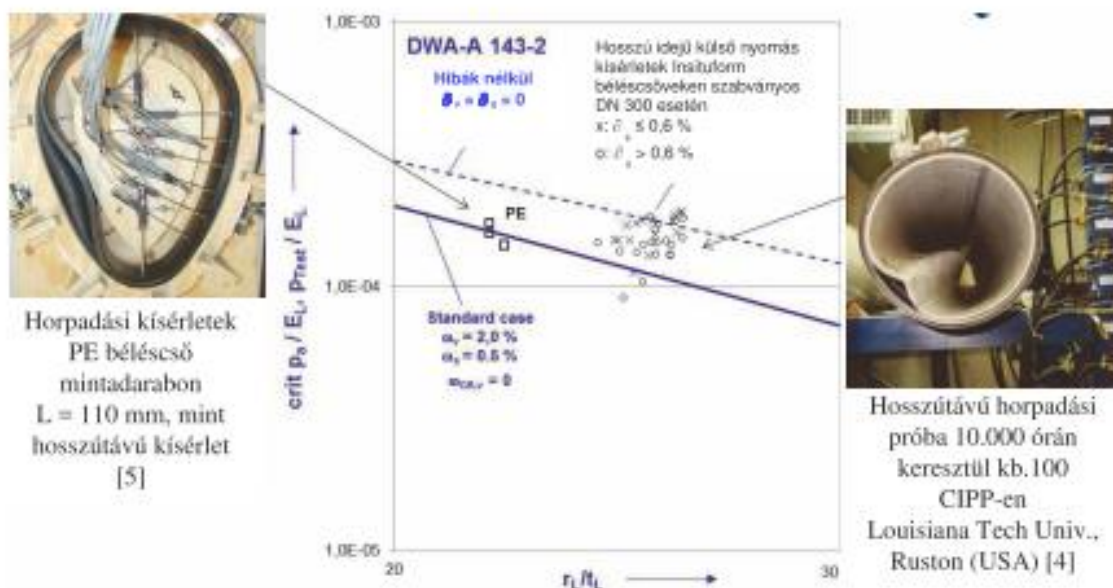
helyére behelyettesítjük a (2) és (3) egyenletből kapott kifejezéseket:

$$\frac{\text{crit } p_a}{E_L} = K_{v,s} \frac{2.62}{12 (1-\mu^2)} \cdot \left(\frac{r_L}{r_l} \right)^{2.2} \quad (10)$$

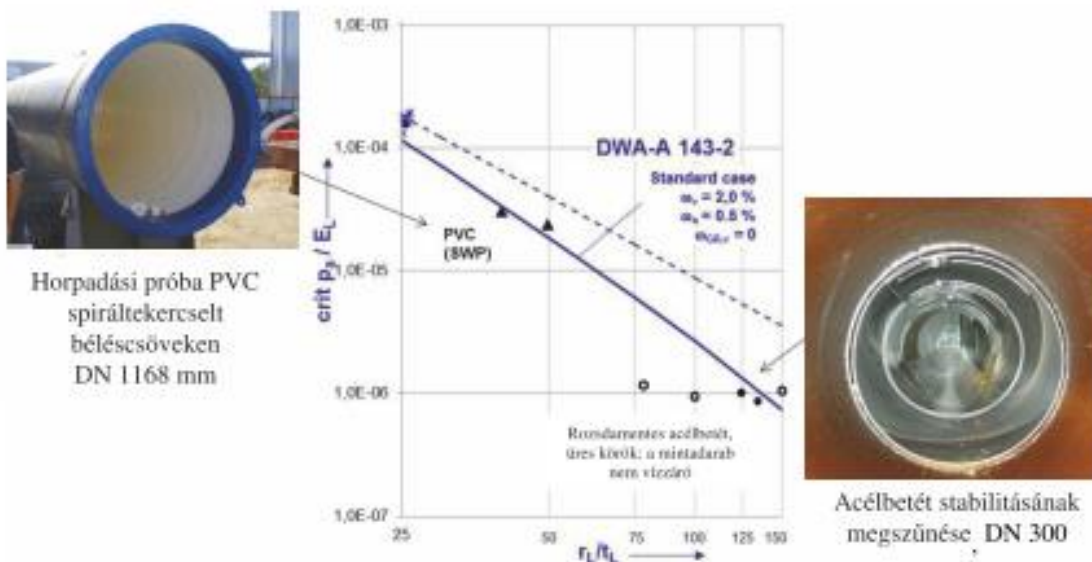
Ez az egyenlet dimenzió nélküli és az r_l/r_L függvényében egy negatív lejtésű vonalként ábrázolható. A 2.11 ábrát kiegészítettük néhány különböző anyagon elvégzett horpadási kísérleti eredménnyel.



2.11: Horpadási kísérletek PE [5], CIPP [4], PVC & acél mandzsetták, horpadási terhelés $\text{crit } p_a/E_L$ (a tengelyek logaritmikus ábrázolásban)



2.12 ábra: Részlet a 2.11 ábrából, PE- és CIPP hosszútávú kísérletek

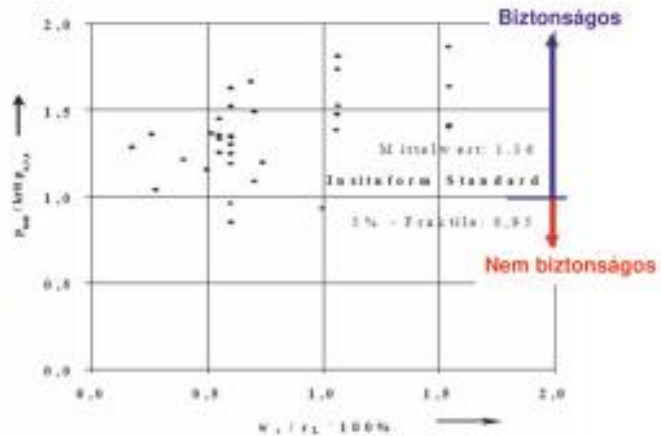


2.13 ábra: Részlet a 2.11 ábrából, DN 1168 és DN 1500 átmérőjű PVC spiráltekercselt bélésű csövek (rövid idejű vizsgálat) és DN 200 – DN 600-as acélbetétek

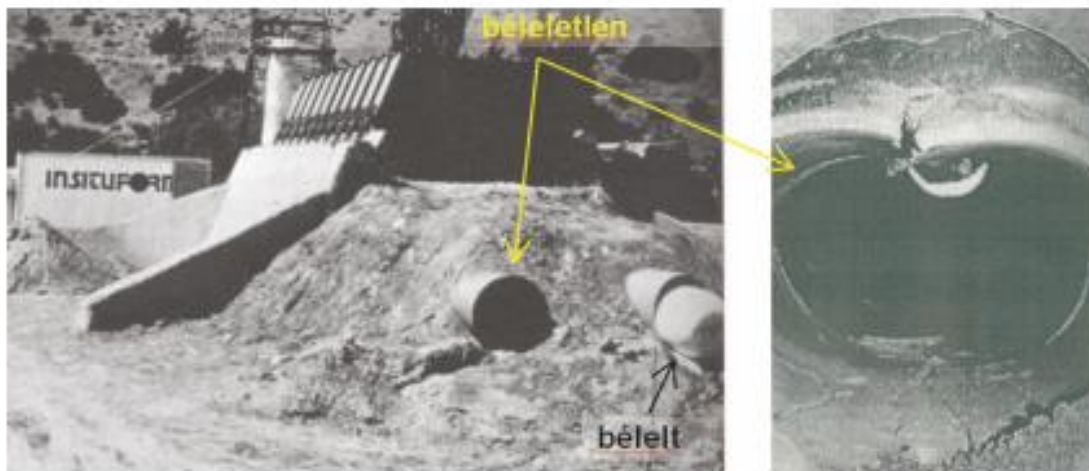
A 2.12 és 2.13 ábrákon kinagyítottuk a 2.11 ábra egyes részeit, hogy összehasonlíthassuk a kísérletek eredményeit kis r_L/t_L (PE and CIPP) és nagyobb r_L/t_L (profilozott PVC és acél mandzsetták) értékek esetén is. Csak néhány kísérleti eredmény került az elméleti görbe alá.

Négy CIPP bélésű termék 33 kísérletet végeztek el (a 2.12 és 2.14 ábrákon ezekből csak az egyik látszik), melyekből csak 3 kísérlet esetén kaptak rosszabb eredményt, mint az elméleti horpadási terhelés. A 2.12 lapon a dokumentált résszélesség hatása a várakozásnak megfelelő volt.

Csak két tekercselt bélelést lehetett próbálni, de a tendencia egyértelmű. Bár a résszélességet nehéz volt megmérni, a méretezésnél mégis meg kellett adni, hogy megbízható eredményeket kapjunk. Az acélmandzsettákon végzett kísérletek eredményei jó egyezést mutattak az elmélettel, de az átérésztő mintadarabok esetén a meghibásodáshoz vezető terhelés alacsonyabb volt a (10) egyenlettel számítottnál, ld. 2.13 ábrát.



2.14 ábra: balra: CIPP-en végzett hosszú idejű behajlási/ horpadási próba, USA [4],
jobbra: 33 CIPP-en végzett horpadási próba értékelése



2.15 ábra: Betoncsövek homokágyban, jobbra: A maximális terhelés elérése $h \geq 20$ m
[Watkins et al. 1988]

A 2.14 ábrán a tűszövött filc bélelés eredményei láthatóak az $\omega_x = w_x/r_x$ 100% résszélesség függvényében. Meg kell jegyezni, hogy ma már a modern üvegszál erősítésű CIPP tömlőt $\omega_x < 0,5\%$ -os résszélességgel is installálni lehet. Mindenesetre a résszélesség kontrolja kulcsfontosságú kritérium a jó telepítési minőség szempontjából, lásd a 2.5 ábrát egy ovális bélelésnél, B:H=1200:1800 mm.

A 2.15 ábrán egy különösen túlterhelt ($h = 20 - 25$ m) tisztán beton cső, valamint egy kibélelt beton cső legnagyobb elviselhető terhelésére vonatkozó kísérletet láthatunk. A HPS III. klasszifikációjú rendszer alapvetően úgy modellezhetjük, hogy egy négy hosszirányú repedéssel rendelkező csövet temetünk el és a következő kérdésekre keressük a választ:

-) Milyen az önálló törött cső teherviselő képessége?
-) Mennyire erősíti meg a rendszert a bélelés?
-) Milyen hosszútávú terheléseket kell kiállnia a bélelésnek?

A törött csövek teherviselő képességét biztonsággal írja le a DWA-A 143-2 [2], F mellékletében található mechanikai modell. Mivel az erre a kérdésre adott válasz fontos a HPS II és HPS III szerkezeti rendszerek megkülönböztetésében ezért az eredményeket ábrázoló grafikonokat jelen tanulmány B mellékletébe beszerkesztettük.

Watkins és csoportja úgy találta, hogy a rugalmas béléscső beépítésével az eredetileg merev cső mechanikai tulajdonságai számszerűsítetten megjavultak.

A béléscsőre ható terheléseket az (5) és (9) egyenletek felhasználásával ugyanolyan módon számíthatjuk, mint azt tettük a víznyomásnak kitett csőnél, behelyettesítve az m_{pa} és n_{pa} paramétereket a [2], F mellékletében található m_q és n_q paraméterekkel.

3 SZÜKSÉGES ADATOK

3.1 Befogadó cső állapot HPS I és HPS II

Terhelések:

- Talajvíz szint max $h_{w,inv}$ (min. 1,5 m)
- Nyomott vezeték: p_i , nyomáslökés (beleértve a vákuumot is)

Tökéletlenségek/hibák:

- lokális: $\omega_v = 2\%$
- gyűrűs hézag: $\omega_v = 0,5\%$
- összevont (ovalitás): $\omega_{GR,v} \geq 3\%$ Befogadó cső állapot \geq II

Anyagtulajdonságok (50a):

- rugalmassági modulus
- szilárdság

Deutsches Institut für Bautechnik **DIBt**

Technisches Präzise
Eine vom Bund und den Ländern
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts
Mitglied der EOTA, der IFA und der WPTAO

Datum: 01.12.2015
Zertifizierungsnummer: 01 54-1.42.3-02/12

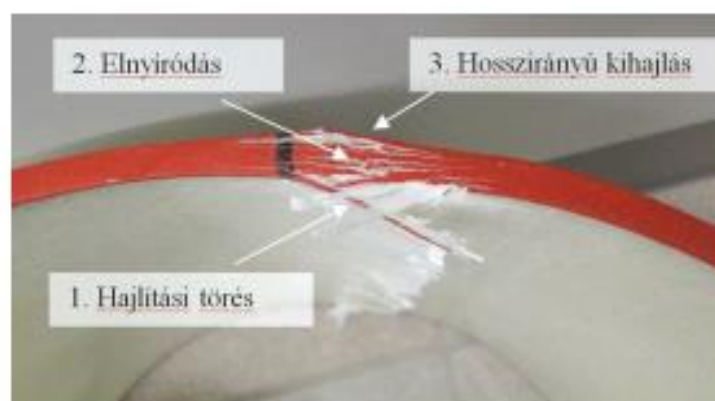
Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

- "SAERTEX-LINER[®] Typ S" und "SAERTEX-LINER[®] Typ S⁺ Premium"
DN 100 bis DN 1600:
Kurzzeit-Umfangs-E-Modul in Anlehnung an DIN EN 1226¹⁴: 20.500 N/mm²
Langzeit-Umfangs-E-Modul: 16.000 N/mm²
Kurzzeit-Biegespannungen σ_{02} in Anlehnung an DIN EN ISO 11298-4¹⁵
bzw. DIN EN ISO 178¹⁶: 270 N/mm²
Langzeit-Biegespannungen σ_{02} : 210 N/mm²
Abminderungsfaktor A nach 10.000 lt: 1,28

Rudolf Kersten
Referatsleiter

Beigegeben
Deutsches Institut für Bautechnik
25

3.1 ábra: A GRP bélésű cső DIBt jóváhagyása a rövid- és hosszútávú rugalmassági modulus és hajlítószilárdság értékek megjelölésével



3.2 ábra: GRP bélésű csőveken végzett kísérletek: delamináció [Diplomamunka Osterhues, Univ. Münster 2010]

A 3.1 ábrán egy részletet láthatunk egy tipikus GPR bélésű cső DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik – Német Építőipari Intézet) jóváhagyásából. A hosszútávú rugalmassági modulus és hajlítószilárdság értékei használatosak Németországban mint a tervezés bemeneti adatai.

A 3.2 ábra három különböző meghibásodási módot mutat egy GPR béléscső kétirányú hajlítása után: belső hajlítási törés, a fal teljes vastagságában három elnyíródást, kívül pedig egy hosszirányú kihajlítást. Nagy keresztirányú erők esetén (például a profil éles széleinél) a [2] szabványban további nyírási ellenőrzést írnak elő.

3.2 Befogadó cső állapot HPS III és HPS IIIa

Terhelések:

- max $h_{w,av}$ (ugyanúgy mint HPS I és HPS II)
- talajterhelés $p_s = \gamma_B \cdot h$ ($\gamma_B = 20 \text{ kN/m}^3$)
- forgalmi terhelés p_T (diagramok)

Tökéletlenségek/hibák:

- összevont (ovalitás) $\omega_{GR,v}$ (jellemzően: $\geq 6\%$)

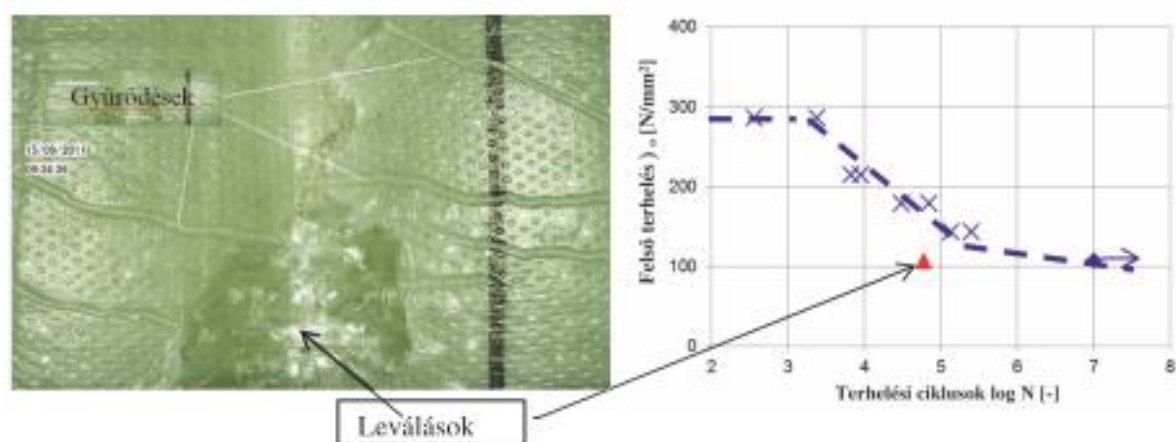
HPS III esetén az ω_x és ω_y hibaértékeket nullának vesszük fel. Független nyomás q_v esetén a csuklógyűrű alakváltozása $\omega_{GR,v}$ (ovalitás) hasonlít a hibaalakhoz, így a kezdeti hibaállapotot ω_x nem szükséges figyelembe venni. A gyűrűrés $\omega_x = 0$ értéke gyakorlatban elérhető és a HPS III osztályú csövek esetén a biztonság irányába hat. De ha a talaj és a talajvíz kombinált nyomásával kell számolnunk, úgy szükségessé válhat egy másik szilárdsági számítás egy szabványos 0,5%-os résszélesség figyelembe vételével.

Talajtulajdonságok:

- deformációs együttható E_2 (jellemzően: $5 - 8 \text{ N/mm}^2$)
- laterális nyomás tényező K_2 (jellemzően: $0,2 - 0,4$)
- belső súrlódási szög φ' (jellemzően: $20^\circ - 32,5^\circ$)

Anyagtulajdonságok:

- ld. HPS I és II
- esetleges kifáradási szilárdság



3.3a) ábra GRP béléscsőveken végzett ciklikus terheléses tesztek

Leválásos rész: az üvegszál nem ágyazódott be teljesen a gyantába
(Master Thesis Fingerhut [6])

3.3b) ábra Wöhler görbe, leválások nélküli próbadarab; maximálisan elérhető terhelési ciklus: $N > 10^7$, leválásos rész: $N \approx 60\,000$

Országúti terhelések esetén, ha a talajfedés kevesebb mint 1,5 m, valamint vasúti terhelések esetén a bélélést fárasztásra kell tervezni, ld [2].

Csak néhány kísérleti eredménnyel rendelkezünk dupla amplitúdójú $2\sigma_A$ ciklikus terhelések kiértékelésére. Egy ilyen láthatunk a 3.3b ábrán, ahol a felső terhelést σ_a változtattuk azért, hogy megállapíthassuk milyen összefüggés áll fenn a terhelési ciklusok N és a terhelés σ_a között ("Wöhler görbe"). Felhívjuk a figyelmet, hogy a tesztadarab 100 MPa terhelést 10^7 cikluson keresztül volt képes elviselni, míg a leválásos darab (3.3a ábra) sokkal hamarabb tönkrement.

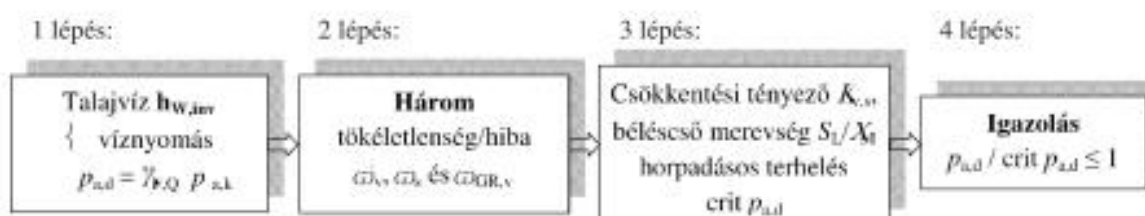
Jelenleg a kifáradásos vizsgálatok nem eléggé ismertek Németországban! Ennek ellenére erősen javasolt az ilyen vizsgálatok elvégzése a vékony földborítású, jól beágyazott üvegszálerősítésű GPR béléscsővek esetében.

4 GYAKORLATI TERVEZÉSI LÉPÉSEK

4.1 A tervezési eljárások

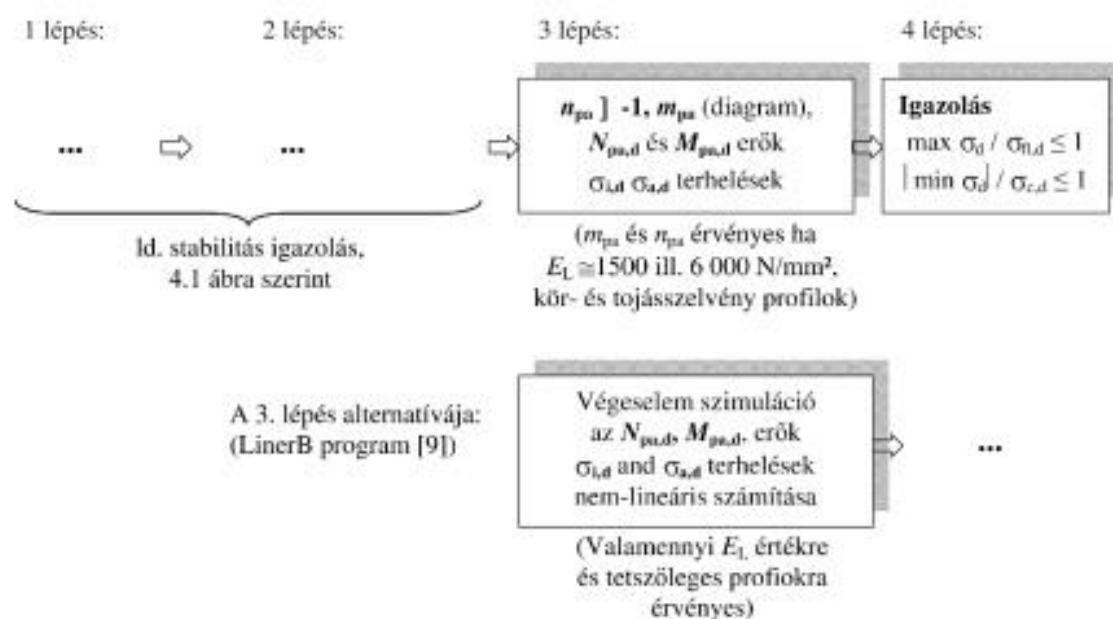
a) Stabilitást igazoló eljárások

A 4.1 és 4.2 ábrák áttekintést nyújtanak a bélelések tervezési lépéseiről. Az eljárás független attól, hogy a számításokat kézzel vagy számítógép segítségével végezzük, mindkét esetben beazonosíthatók a tervezés lépései.



4.1 ábra: Stabilitás igazolása víznyomásra A 143-2 szerint (HPS I – HPS III, $K_{v,v}$ érvényes valamennyi E_L értékre)

b) Terhelések HPS I és HPSII



4.2 ábra: Stabilitás igazolás víznyomásra (HPS I – HPS III)

Az eljárások az m és az n paraméterekre épülnek, amelyek pontos eredményt adnak tűnemezelt file béléscsövek $E_L = 1\ 400$ MPa és üvegszállal erősített bélések $E_L = 6\ 000$ Mpa esetén. Az ehhez a határhoz közeli értékekre is használhatók ezen paraméterek. Nagyobb eltérések esetén számítógéppel támogatott tervezést kell végezni [8].

A terhelések a következők: A p_a víznyomás merőleges a béléscső felszínére, míg a talajfedés és forgalmi terhelések miatti $q_s = 0,75p_s + p_T$ erőket csak a HPS III és HPS IIIa esetén kell figyelembe venni. A belső erők számításakor a dimenzió nélküli (n, m) tényezőket szorozzuk a béléscső r_L ill. r_L^2 sugár értékével, vö. egy l hosszúságú egyenletes q terhelésnek kített gerenda statikai számításával:

$$M = mql^2$$

ahol az m tényező $0,125 (= 1/8)$.

4.2 Számítógéppel támogatott tervezés

Általános bemenő adatok:

System [calculation due to DWA-A 143-2:2015]

Host pipe

Profile	Circle	Nominal diameter ND	300	mm
Material	concrete	Inner diameter ID	300	mm
Host pipe state	I	wall thickness crown	40	mm
		... springline	40	mm
		E-modulus	30000	N/mm ²
		compression/bendin strength BR	17.5	3
				N/mm ²

²⁾ a HPS I és HPS II állapotokra vonatkozó jelentőség nélkül, kivéve régi rugalmas csöveket.

A HPS I és HPS II állapotokra nem szükséges megadni a csőállapotokra és falvastagságra vonatkozó bemenő adatokat.

A következőkben megismételjük a 4.1 és 4.2 ábrákon szereplő tervezési lépéseket, hogy bemutassuk a bemenő adatigényeket és a kapott eredmények (igazolások) formáját a LinerB [9] programmal végzett számítógéppel támogatott csőbélelési tervezés során.

1. lépés (Víznyomás p):

Loading (characteristic values)

Water pressure, pressure pipe, dead load

Groundwater above liner invert $h_{w,inv}$	5	m	Unit weight $\gamma_{m,w}$	10	kN/m ³
Pressure pipe: p_i [bar]	0	Long-term tensile strength [N/mm ²]	30.00	or: constant outer pressure p_0	0
Dead load, liner unit weight $\gamma_{m,L}$	13.5	kN/m ³			

2. lépés (HPS I):

Imperfections

Local imperfection w_v	2	% of $r_L = 2.9$ mm	Position	180	°
			Opening angle	40.00	°
Four hinge imperfection $w_{GR,v}$	0	% of $r_L = 0.0$ mm			
constant annular gap width w_s	5	% of $r_L = 0.75$ mm	<input type="checkbox"/> Symmetry		

3. lépés:

Liner

Material	Synthetic fibre laminate	Material properties:		
Outer radius, crown	150	mm	Short-term E-modulus	2800
Wall thickness	5.2	mm	Long-term E-modulus	1400
medium liner radius $r_L = 147.4$ mm			Long-term flexural strength	18.00
Poisson ratio	.35		Long-term compression strength	25.00
		partial safety factor, dead load $\gamma_{F,G}$		1.35
		life load $\gamma_{F,Q}$		1.5
		partial safety factor, resistance γ_M		1.35

Anyagjellemzők (DIBt jóváhagyás, ld. 3.1 ábra)

3. lépés folytatása:

Stability proof

Design water table above liner invert $p_{a,d}$ =	75,0 kN/m ²
vertical soil pressure above liner crown $q_{v,d}$ =	0,0 kN/m ²
Snap through parameter for rigidly bedded liner without imperfection and without annular gap: $\alpha D = 2.62 \cdot (r/L/L)^{0.8} =$	38,04
Snap through load, liner without imperfection and without gap: $\text{crit } p_{a,d} = \alpha D \cdot SL_{d,d} =$	164,5 kN/m ²
for comparison: free liner $\text{crit } p_{a,s,d} = 3,0 \cdot SL_{d,d} =$	13,0 kN/m ²
Reduction factor, parameter $r/L/L =$ common factor for local imperfections and annular gap (cf. DWA-A 143-2, Diagr. 7) $\kappa_{v,s} =$	28,346
reduced snap through load $\kappa_{v,s} \cdot \text{crit } p_{a,d} =$	0,605
	99,5 kN/m ²

4 lépés:

Stability proof $p_{a,d}/\text{crit } p_{a,d}$	0,753 (<=1)
--	-------------

4 lépés – terhelések:

Liner ND 300 tL=5,20 mm
Stresses

	Crown	Springline	Invert
$n_{p,d}$ =	-1,6210	-1,6511	-1,5738
$m_{p,d}$ =	0,0006	-0,0304	0,0615
$N_{d,d}$ =	-11,947	-12,169	-11,599 N/mm
$M_{d,d}$ =	0,670	-32,971	66,814 Nmm/mm
$\sigma_{i,d}$ =	-2,147	-9,742	12,769 N/mm ²
$\sigma_{a,d}$ =	-2,444	4,890	16,882 N/mm ²
Proof fl =	0,010	0,367	0,958 (<=1)
Proof C =	0,132	0,526	0,912 (<=1)

Resulting bending moment

HPS III + HPS IIIa

1 lépés (Talaj és forgalom terhelések p és p'):

Soil and traffic loads (HPS III and IIIa only)

Soil cover h	2,00 m	Unit soil weight $\gamma_{soil} = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Horizontal soil pressure ratio K_2	0,20	Soil loads due to DWA-A 161
Concentration factor λ_{mR}	0,750 → $\lambda_{mB} = 1,083$	
Deformation modulus, soil E2	6,00 → $S_{Bh} = 6,40 \text{ N/mm}^2$	
<input type="checkbox"/> elastic soil behaviour	factor for soil resistance	0,75
Road traffic load:		
<input checked="" type="checkbox"/> DIN EN 1991-2	$\alpha_{sl} \alpha_Q = 1,00$	<input checked="" type="checkbox"/> regarding lateral soil pressure from traffic
<input type="checkbox"/> DIN 1072	SLW 60	→ $q_{h,d}(pT) = 3,90 \text{ kN/m}^2$ or input of pT : 0 kN/m ²
Rail traffic loads LM 71	none	
Aircraft loads:		
concentrated area load p_K	0,00 kN/m ²	<input type="checkbox"/> regarding lateral soil pressure from p_K
Surface load p_0	0,00 kN/m ²	
Load factor for the right side, horizontal $q_{h,i}/q_{h,e} =$	1,0	vertical $q_{v,i}/q_{v,e} =$ 1,0

Talajjellemzők

Forgalom terhelések

Egyéb terhelések

2. – 4. lépések: ld. víznyomás

Speciális profilok geometriai bemenő adatai


Geometry of the profile (= 4 circular arches), all measures in cm

order	starting angle alfa [°]	opening angle phi [°]	rad.	centers of the arches x [cm] y [cm]	radius r [cm]	portion n [°]
1	48.00	120.00	31.00	0.00	56.00	18
2	60.00	16.00	96.00	56.00	54.50	6
3	72.00	96.00	96.00	56.00	54.50	28
4	120.00	120.00	31.00	0.00	56.00	14

update graphic undo Pattern (max = 40)
3 + 6 + 28 + 7 = 42

Choice of profile
 Standard hood profile B/H = 2/1.5 Rectangle B/H other profile
 profile description: _____

Profile measures B / H
 width B [mm] 600
 height H [mm] 1200
 approx. wall thickness S [mm] 135 egg-shaped (if valid)
 Radius von Ausrundungen [mm] 0.00



Nem körszelvény metszetű béléscsőveknél a geometriát négy ív segítségével határozzuk meg, amely tartalmazza a kezdőszögre, az ív nyitási szögére, az ív sugárra, az ívközpont koordinátáira és az ív hosszára vonatkozó információkat.



4.3 ábra: CIPP tojásszelvény csatorna kúszásos behorpadása (SZ:M=700:1050), terhelés: $h_w = 2$ m talajvíz oszlop a boltozat tetőpontja fölött

A 4.3 ábrán szereplő példa egy tojásszelvény hibás tervezését demonstrálja. Három év leforgása alatt az oldalak deformációja jelentős.

A 4.3. ábrán bemutatott példa egy ovális profil elégtelen kialakítását mutatja: Három év alatt az oldalsó deformáció jelentősen megnőtt, a jelenséget "kúszóhorpadásnak" nevezik. A terhelési előzményektől függően a profil teljes lezárása megtörténhet!

5 ESETTANULMÁNYOK

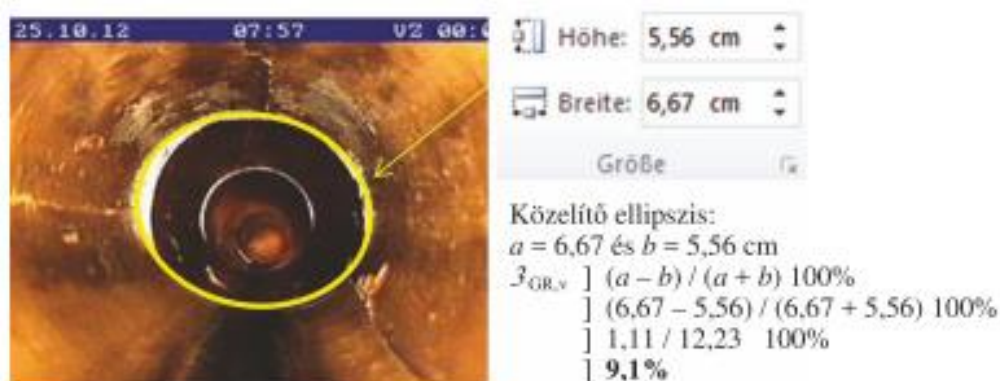
5.1 Körszelvény profilok

5.1 táblázat: Körszelvény profil tervezési példák

	Projekt	Méretek mm	Béléscső anyaga	Béléscső falvastagság mm
1	Oederan	DN 250	UP-SF	10
2	Moorina Av., Australia	650:440	UP-GF	12
3	Culvert Stuttgart – Ulm	DN 3500	PE ¹⁾	134

¹⁾ Spiráltekercselt PE cső

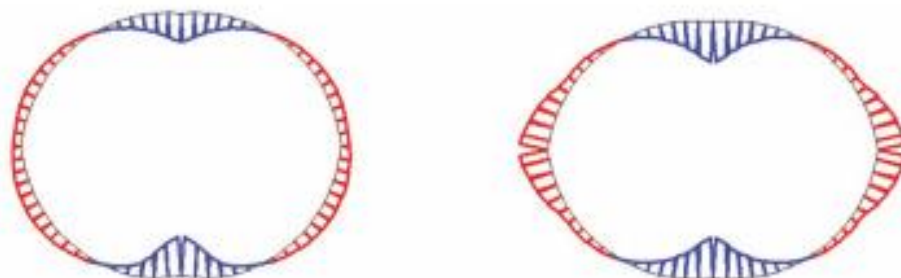
1) Oederan



5.1a) DN 250 vitrifikált agyagső, $J_{GR,v}$ meghatározása

HPS II, $E_1 = 1\,500\text{ MPa}$
 vízszint $h_{w,inv} = 3\text{ m}$
 $\omega_v = 0,5\%$, $\omega_{GR,v} = 9,1\%$, $\omega_s = 0,5\%$

HPS III, $E_2 = 5\text{ MPa}$, $K_2 = 0,2$
 talajfedés $h = 1,8\text{ m}$, forgalomterhelés TS 600 kN
 $\omega_{GR,v} = 9,1\%$



5.1b ábra Nyomatékgörbék HPS II és HPS III állapotokra

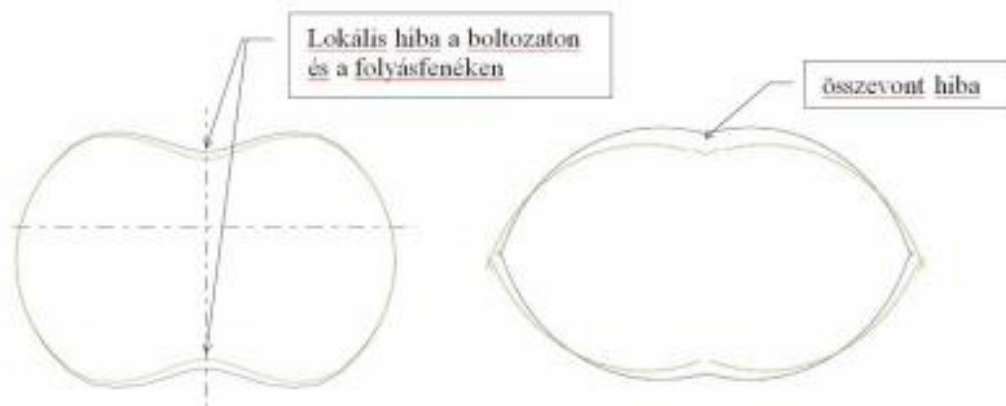
Az 5.1a ábra egy tipikus példát mutat egy eltört agyagső deformációjának (ovalitás) értékelésére.

Ebben az esetben mind a HPS II, mind pedig a HPS III állapotokra el kell végezni számításokat. A szükséges bemenő adatok az 5.1b ábrán kerültek összefoglalásra.

2) Randwick City, Moorina Av.



Fig. 5.2: Sajátos geometria („nyolcas alak”) SZ:M = 650:440 mm a helyreállítás a) előtt és b) után



5.2c) ábra 650/440 mm-es profil („nyolcas alak”), balra: HPS II, jobbra: HPS III

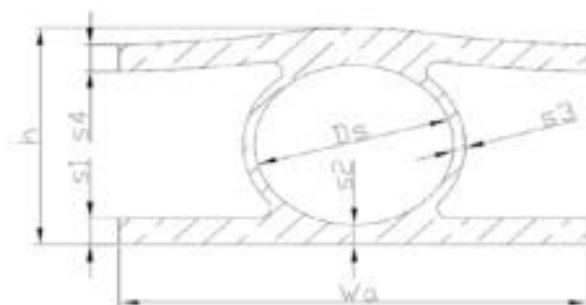
Az 5.2a ábrán látható sajátos geometriára két számítást kellett elvégezni: HPS II szerint a helyi hibákra (a folyásfenéken lévő hiba a legmeghatározóbb), valamint HPS III szerint az összevont hibákra.

3) PE Spiráltekercselt bélelés Stuttgart – Ulm



5.3a) ábra DN 3500-as vasút alatti szennyvízátvezetés (Photo: Frank GmbH)

Az 5.3a ábrán látható nagytérű szennyvízátvezetés egy betonnal kiinjektált cső. Maximum 9 m magas talajvízszintet feltételezünk a folyásfenék felett, amely átszivároghat a betonon és kifejtheti hatását a béléscsőre. Ezért az átvezetést béléscsőként szükséges méretezni.



5.3b) ábra A PE profil magasság $h = 134$ mm, merevítő elemek vastagsága $s_3 = 10$ mm

Mivel a béléscső az 5.3b ábrán látható profilokat tartalmazó szerkezet, kiegészítő számítások szükségesek:

- nyírófeszültségek a merevítő elemekben (a belső tartóelemek függőleges részei)
- a peremek és tartóelemek helyi behajlásai
- a peremek és a tartóelemek helyi behorpadása a kerületi és a sugárirányú nyomóerő hatására



5.3c) ábra DN 3500-as átvezetés, alakváltozások és hajlító nyomatékok (LinerB 8.7 [9] által generált ábrák)

Az 5.3c ábrán látható, hogy az alakváltozások és a hajlító nyomaték csúcsok a folyásfenéken koncentrálnának, mely eredmények jellemzőek a HPS I és HPS II csőállapotokra.

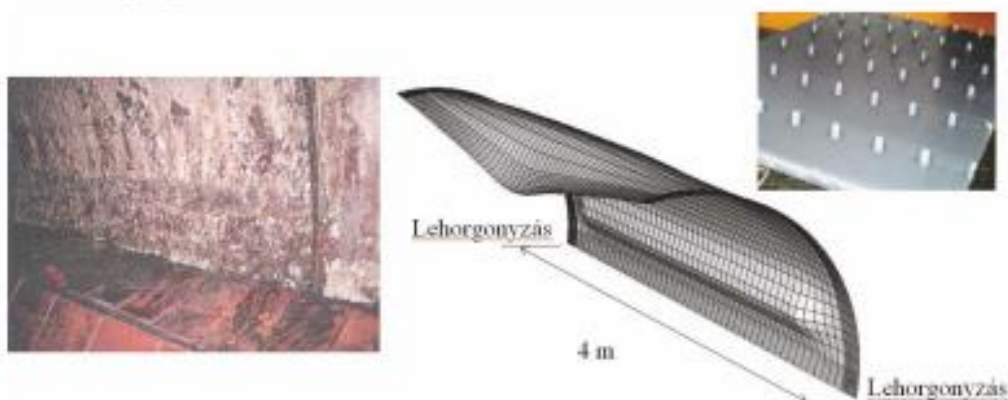
5.2 Speciális profilok

5.2 táblázat: Nem körszelvény profil tervezési példák

Projekt	Éretek SZ:M mm	Béléscső anyag	Béléscső falvastagság mm
4 Düsseldorf, Harbor Sewer	DN 2500	PE	8
5 Freiberg, Münzbach separation	2050:2750	GRP	30 – 50
6 Railway Crossing Krefeld-Uerdingen ¹⁾	1200:1800	UP-SF	23 – 30
7 Dresden, Downtown Main Sewer	2900:2780	GRP	32
8 Schwerte (planned)	2350:1970	UP-GF	ca. 35

¹⁾ Falazott csatorna

4) Düsseldorf projekt



5.4a) ábra DN 2500-es gyűjtőcsatorna bélélése öntartó, bütykös PE lemezekkel (HPS I)



5.4b) ábra PE burkoló lap melegítése klímakamrában



5.4c) ábra Elkészült bélelés

A beton csatorna még víztömör volt, azonban jelentős kénkorrózió volt megfigyelhető a belső oldalán. Miután hidromechanikus tisztítással eltávolították a korróziós nyomokat a beton felületet lefedték. A meglévő betonra 9 mm vastag, öntartó PE lapokat fektettek, melyeket hosszirányban 4 m-ként rögzítettek. A lemezeket véges elem analízis módszerével méretezték a terhelések és a hőmérsékletváltozások elviselésére, ld. 5.4a ábrát.

A PE anyag hőmérsékletváltozási szimulációit klímakamrában végezték 5.4b ábra.

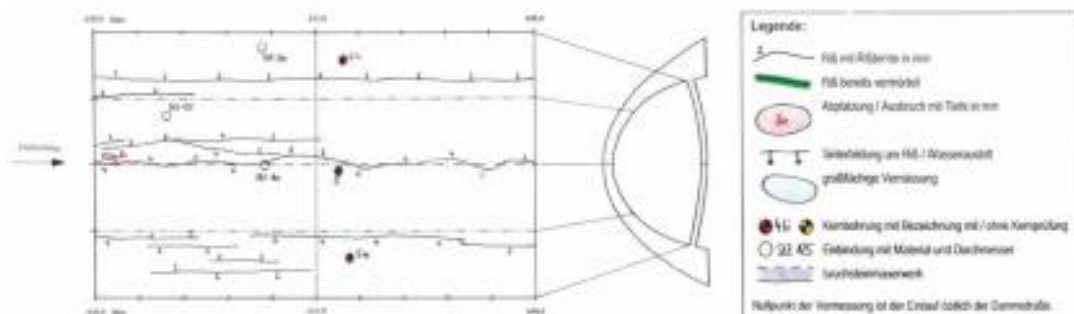
5) Freiberg projekt Szászországban



5.5a) ábra A beton gyűjtőeső sérülései
M:SZ = 2050:2750 mm (HPS II vagy HPS III)



5.5b) ábra Bélelés polimerbeton elemekkel





5.4b) ábra PE burkoló lap melegítése klímakamrában



5.4c) ábra Elkészült bélelés

A beton csatorna még víztömör volt, azonban jelentős kénkorrózió volt megfigyelhető a belső oldalán. Miután hidromechanikus tisztítással eltávolították a korróziós nyomokat a beton felületet lefedték. A meglévő betonra 9 mm vastag, öntartó PE lapokat fektettek, melyeket hosszirányban 4 m-ként rögzítettek. A lemezeket véges elem analízis módszerével méretezték a terhelések és a hőmérsékletváltozások elviselésére, ld. 5.4a ábrát.

A PE anyag hőmérsékletváltozási szimulációit klímakamrában végezték 5.4b ábra.

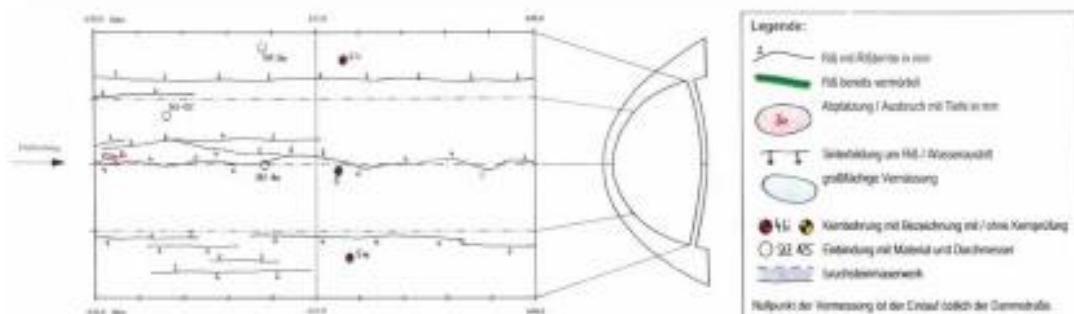
5) Freiberg projekt Szászországban



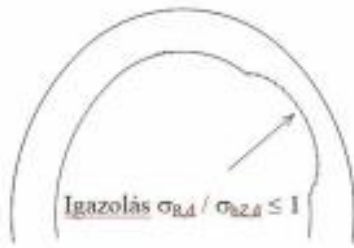
5.5a) ábra A beton gyűjtődeső sérülései
M:SZ = 2050:2750 mm (HPS II vagy HPS III)



5.5b) ábra Bélelés polimerbeton elemekkel



5.5c) ábra Repedések, egyéb sérülések és furatok térképe



5.5d) ábra Numerikus ellenőrzés of the existing concrete sewer



5.5e) ábra GRP elemek beépítése csatornába és patak átvezetésekbe (Forrás: Insituform News, 2006 szept. 14 kiad.)

A freibergeri projekt célja az volt, hogy szétválasszák a korábban közös csatornában folyó patakvizet a városi szennyvíztől.

A felújítás tervezési fázisában szükségessé vált meghatározni a betonesatorna különböző szakaszait, hogy állapotuk szerint HPS II vagy HPS III kategóriába tartoznak-e. A besorolási kritérium alapjául a repedések alapos vizsgálata (5.5 a+c ábrák), a falvastagság, a beton állapota, valamint a csatorna forgalmi terhelése (talajfedés $h = 0,5$ m, átmenő főutak: HPS III) szolgált. A GPR béléscső falvastagsága $t_c = 30$ mm (HPS II) és 50 mm (HPS III) között változott.

6) Krefeld projekt



5.6a) ábra Tojás profilú falazott gyűjtőcsatorna SZ:M=1200:1800 mm, nyitott repedés a boltozaton



5.6b) ábra Hajlásszög Ψ mérése sablonnal (körtől való eltérés)

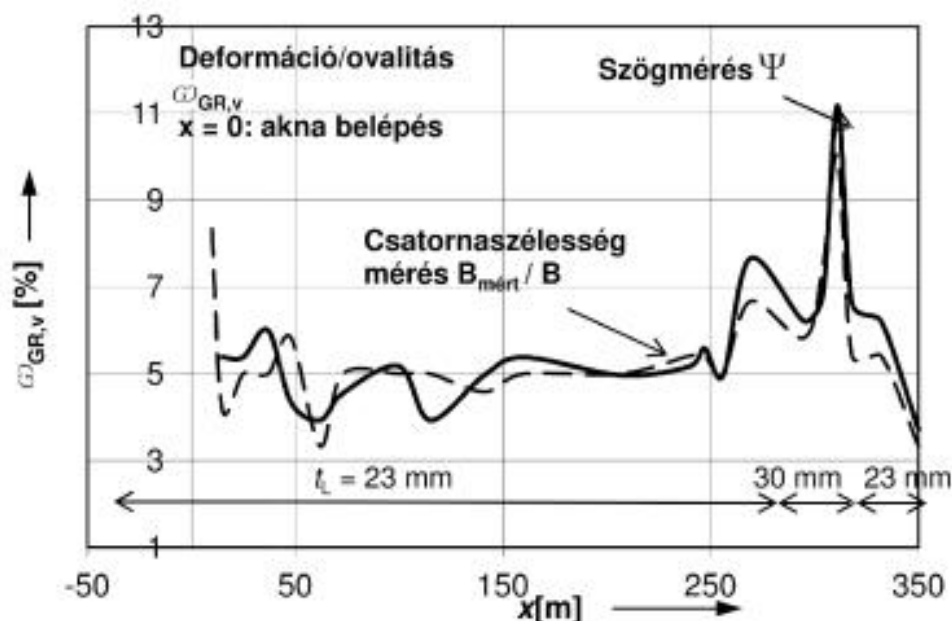
Ovalitás értékelési példa:
 $\Delta w = 0,91$ cm (kép alapján)
 $2\Psi \approx \Delta w / l_s = 0,91 / 9,05 = 0,101$
 $\rightarrow G_{GR,v} = \Psi \cdot 100\% = 5,0\%$

A láthatóan deformált falazott csatorna, amely a vasútállomás közelében keresztezi a síneket, előzetesen négy módszerrel került megvizsgálásra:

- belső magasság H ,
- vállszélességben mért belső szélesség B ,
- az 5.6a ábrán látható repedés szélessége,
- a boltozat sugarával megrajzolt fa sablon és a téglafelület között mért távolságból szármított Ψ szög, ld. 5.6b ábra.

A "B szélesség" és " Ψ szög" módszerek konzisztensnek bizonyultak. A legfontosabb eredmény az ovalitás hirtelen növekedésének – kb. 5% -tól 11% -ig – megállapítása volt, 310 m távolságban az aknától, lásd az 5.6c ábrát. Ennek következtében a béléscső vastagságát 23 mm-ről

30 mm-re kellett növelni! Szerencsére a gyártó képes volt a szerkezeti biztonság követelményei által megkívánt vastagságot legyártani.

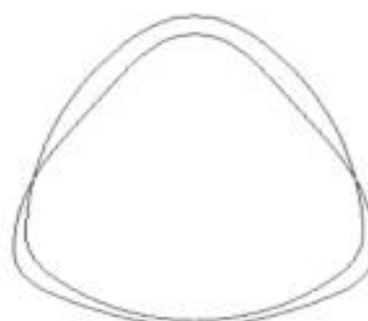


5.6c) ábra Falazott szennyvízcsatorna SZ:M = 1200:1800 mm, deformációs mérések eredményei, béleléső megkövetelt falvastagsága t_f

7) Drezdai projekt



5.7a) ábra Szennyvíz fogyújtó csatorna bélelése Drezdában SZ:M = 2900:2780 mm



1. terhelési eset: talajfedés $h = 6,55$ m
 2. terhelési eset: max. esővíz $h_{w,inv} = 7,50$ m
- figyelebe kell venni a terheléskombinációkat!

5.7b) ábra $p_E + p_T$ terhelések okozta mértékadó behajlási módok (betonminőség < C8/10)

A drezdai fogyújtó terheléseit különböző eseteke kellett kiszámítani. A leginkább mértékadó esetben $h = 6,55$ m-es talajfedést és $h_{w,inv} = 7,5$ m esővíz/talajvíz terhelést vettünk figyelembe. Nagyon fontos a két terhelés kombinációjának figyelembe vétele v.ö. a DWA-A 143-2 szabvány 12. és 13. táblázataival. Ebben az esetben a talaj fajsúlya ugyan csak a szokásos fele volt, de a kombinált terhelés a szokásosnak megfelelően a mértékadó volt.

8) Schwerte 2016 projekt



5.8a) ábra Parabola szelvény
SZ:M = 2350:1970 mm, repedés a boltozaton



5.8b) ábra Az ív modellezése hárompontos csuklós
boltozattal, folyásfenék: ép

Az 5.8a ábrán lévő beton csatorna boltozatán egy hosszirányú repedés futott végig, míg a folyásfenék ép volt. Ezért a szerkezeti rendszert parabolikus ívvel kellett szimulálni, egy felső kiegészítő csuklóval.

Terhelésként a talajnyomást vettük figyelembe az ATV-A 127 szabvány szerint az újjépítésű csatornákra vonatkozóan. A számítás azt mutatta, hogy az ív szerkezetiileg biztonságos és csak a víztömörséget kell visszaállítani egy felületi bevonattal.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

A CIPP és más bélelés típusok megbízhatónak bizonyultak számos pozitív alkalmazással a világ csatorna rehabilitációs projektjei számára.

A bélelések - különösen a CIPP - kis gyűrűmerevségű, de egyidejűleg a nagy nyomószilárdságú szerkezetek és hosszútávú alkalmazásukhoz az anyagparaméterek (rugalmassági modulus, szilárdság) értékeinek csökkentett figyelembevétele szükséges.

A CIPP anyagjellemzőit hosszú távon 50 éven túl is garantálják (kutatásokkal, gyártóművi és helyszíni tesztekkel). A telepítés során elvárt az állandó minőségbiztosítás.

A német mérnökök intenzív oktatást kapnak az anyag viselkedéséről és a bélelések terhelhetőségéről, lásd pl. DWA-képzések "Tanúsított szennyvízcsatorna rehabilitációs tanácsadó".

7 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző köszönetét fejezi ki az együttműködésért: Ray Sterling és munkatársai által kezdeményezett ITTRC munkaértekezletek résztvevőinek, IFES (Institute for Experimental Statics at the University of Applied Sciences, Bremen), IKT (Gelsenkirchen), DWA (Hennef), Laboratory for Material Sciences (Muenster), TBU (Greven), és a kutatási csoportjában tevékenykedő számos fiatal mérnöknek.

IRODALOM

- [1] Glock, D. (1977). "Überkritisches Verhalten eines starr ummantelten Kreisrohres bei Wasserdruck von außen und Temperaturdehnung". Stahlbau, Bd. 46, S. 212-217.
- [2] DWA-A 143-2:2015. Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden. Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren. Hennef.
- [3] Wagner, V.: Beulnachweis bei der Sanierung von nichtbegehbaren, undichten Abwasserkanälen mit dem Schlauchverfahren. Diss. TU Berlin (1992).
- [4] Guice, L. K.; Straughan, T.; Norris, C. R.; Bennett, R. D.: Long-Term Structural Behavior of Pipeline Rehabilitation Systems. TTC Technical Report #302, Louisiana Tech University Ruston, Louisiana, USA (1994).
- [5] Falter, B.; Eilers, J.; Müller-Rochholz, J.; Gutermann, M.: Buckling experiments on polyethylene liners with egg-shaped cross-sections. Geosynthetics International Vol. 15 No. 2 (2008) S. 152-164.
- [6] Fingerhut, S.: Experimentelle Ermittlung der charakteristischen Materialparameter von GFK-Linern aus der Baupraxis – Scherfestigkeit, Dauerschwingbreite (Ermüdung) und Langzeit-Biegezugfestigkeit . Masterarbeit, FH Münster (2015).
- [7] Falter, B. & Wagner, V.: Linerdimensionierung nach DWA-A 143-2 – Weißdruck 2015. 3R H. 1/2 (2015) S. 36-46.
- [8] Falter, B.: Comparison of global liner design codes. Conference Underground Infrastructure of Urban Areas in Wroclaw (ed. Madryas, C. et al.). Balkema, Leiden 2017
- [9] Falter, B.: Software LinerB 8.7 for the structural analysis of linings (2018).



Thomas Sammans
Sales Manager,
Northern & Eastern Europe
Norditube Technologies SE, Ausztria

Bélelések helyszínen kikeményedő béléscsővekkel Nyomó- és gravitációs vezetékeknel alkalmazott megoldások

Vázlat

- Nyomóvezetékek CIPP bélelésének története
- Nyomóvezetékek alternatív bélelési rendszerei
- Nyomóvezetékek főbb bélelési termékeinek áttekintése
- Hogyan válasszuk ki a megfelelő rehabilitációs rendszert a projekthez?
- CIPP nyomóvezetékekhez ajánlott rendszer
 - teljes szerkezetű rendszerek
 - interaktív rendszerek
 - interaktív szövött tömlő
 - close-fit [szoros illeszkedésű] béléscső rendszerek
 - speciális nyomóvezeték béléscső rendszerek
- CIPP gravitációs vezetékekhez
 - tűnemezelt filc tömlő
 - UV tömlős rendszerek
 - close-fit béléscső rendszerek
 - speciális gravitációs NORDIWALL HT bélés
 - esettanulmány – EDF Projekt Erőmű West Burton, UK

Nyomóvezetékek CIPP bélelésének története

A Process Phoenix eljárást az Ashimori japán cég az 1980-as évek elején fejlesztette ki. Az általa alkalmazott TUBETEX bélelő tömlő a gázvezetékek és az ivóvízcsővek földrengés okozta meghibásodásait védte ki.

A Nordifa svéd cég 1987-ben megvásárolja a Phoenix rendszert és megkezdi TUBETEX (C osztály) víz- és gázvezeték béléscső gyártását Belgiumban.

1995-ben megjelenik a Combiliner tömlő (TUBETEX + egyrétegű filc), amely már B osztályba sorolható. Ez a tömlő elsősorban az öntöttvas vezetékek és a kőolajipar vezetékéhez alkalmazható.

2000-ben kerül kifejlesztésre a NORDIPIPE tömlőrendszer, amely önálló béléscsőként alkalmazható minden típusú és anyagú nyomócsővekhez.

2012-ben a Saertex és a Reline bemutatja az első UV fényre kikeményedő béléscsővét, amelyet nyomócsővek felújítására fejlesztettek ki.

Nyomóvezetékek alternatív bélelési rendszerei

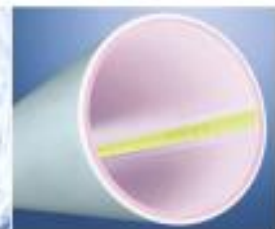
Az előre formázott Close-Fit (PE) bélésűcsövek kisebb átmérő tartományban alkalmazhatók (max. 500 mm-ig). A hossz és az ívek okozta korlátok miatt szűkebb területen alkalmazhatók, de DN 250mm alatt kiváló megoldást jelentenek nyomócsövek felújításánál.

A normál PE csövek behúzása is lehet egy alternatíva (Sliplining), de itt nagy munkagödörre van szükség, így zsúfolt belvárosi környezetben az alkalmazása problematikus.

Primus Line – ez a mindkét felületén bevonatolt bélésűcső nem kerül beragasztásra a felújítandó cső belsejébe, hanem önálló tömlőként húzzák be. Hátránya, hogy a belső terhelést átadja a régi csőnek.

Nyomóvezetékek főbb bélelési termékeinek az áttekintése

Módszer/Termék	Beszállító	Anyag	Beszerelés	Kikeményedés
Swagelining	Swagelining	PE	behúzás	-
Sliplining	különböző	PE	behúzás	-
Roll-Down	különböző	PE	behúzás	-
PAA Liner	Aarsleff	filc/üveg/UP	behúzás/kifordítás	víz
Insitumain	Insituform	filc/üveg/UP	behúzás/kifordítás	víz
RS BlueLine	RS Technik	filc/üveg/UP	behúzás/kifordítás	víz
NORDIPIPE	NordiTube	filc/üveg/EP	behúzás/kifordítás	gőz/víz
Starliner	Karl Weiss	szövet/EP	kifordítás	gőz
TUBETEX	NordiTube	szövet/EP	kifordítás	gőz
Combiliner	NordiTube	szövet/filc/EP	kifordítás	gőz
SaniLine	Sanivar	szövet/PU	kifordítás	gőz
SaniTube	Sanivar	gyantamentes szövet	behúzás	-
Primusline	Rädlinger	gyantamentes szövet	behúzás	-
SAERTEX-LINER Premium	SAERTEX multiCom	üveg/UP	behúzás	UV
Alphaliner	Reline Europe	üveg/UP	behúzás	UV



Hogyan válasszuk ki a megfelelő módszert a projekthez?

Az eljárás kiválasztásának főbb szempontjai:

- az üzemeltetési körülmények, szállítókapa­citás és ezek jövőbeni változásainak figyelembevétele
- a csővezeték anyaga, átmérője, életkora és nyomvonala
- elzáró szerelvények, csatlakozások és lecsatlakozások típusai és helyei
- a maximális üzemszünet ideje
- a helyszíni tényezők, a környezet és a talajviszonyok
- a környezeti infrastruktúra elhelyezkedése és milyensége

CIPP nyomóvezetékekhez ajánlott rendszerek

• Önálló szerkezetű bélelési rendszerek

Az önálló szerkezetű bélelési rendszereket akkor célszerű választani, ha a meglévő vezeték állapota nagyon rossz. Több meghibásodás volt már a vezetéken. Így egy önállóbélelésre van szükség. Ezeknél a bélelésre általában nincs ragasztásos kapcsolat a régi csővel. A bélelés egy új vezetéknek felel meg, amely a legtöbb esetben üvegszövetes megerősítéssel rendelkezik. Ez a kompozit rendszer viseli a belső és külső terheléseket és a vákuumnak is ellenáll. Bizonyos rendszerek alkalmasak ívek, iránytörések bélelésére is. A bélelő tömlő elhelyezése behúzással, kifordítással vagy a kettő kombinációjával történhet. Aránylag költséges, de hosszútávú megoldást jelent az eljárás.

• Interaktív bélelési rendszerek

Az interaktív bélelési rendszereket akkor célszerű alkalmazni, amikor a meglévő csővezeték szilárdsági tulajdonságai még megfelelőek, de komoly korróziós problémák vannak, valamint a csőcsatlakozások jelentős módon történhetnek. Ezeknél a rendszereknél a régi cső és a bélelés közötti ragasztásos kapcsolat van. Ezért a régi cső fal megfelelő tisztítása és vízmentesítése nagyon fontos követelmény. Mivel a régi cső és a bélelés együtt dolgozik, így lényegesen kevesebb anyag kerül beépítésre, így a bélelés olcsóbb.

A bélelő tömlő elhelyezése általában befördítéssel történik, de nagyobb átmérő esetén hidrosztatikus nyomással is megoldható.

A beszerelés általában kifordító dob­bal történik, de nagyobb átmérő esetén a telepítést hidrosztatikus víznyomás segítségével is el lehet végezni.

• Interaktív szövött tömlő

Az interaktív szövött tömlős rendszereket csak belsőleg korrodált, tühegynyí lyukakkal és kisebb szivárgásokkal rendelkező acélcsövek felújítására szabad használni. Ezeknek a rendszereknek a használatához a meglévő vezeték szerkezetének megfelelőnek kell lennie. A bélelés szövött anyagból készül, ami általában poliészter szálból illetve olyan speciális bevonatból áll, amely a vezetékben áramló közegtől függ. Ezek a bélelések olyan minőségi szálakból is készülhetnek, mint a Para-aramid vagy a Kevlar anyag, de ezek jóval drágábbak (a poliészternél minimum tízszer több) és az esetek többségében a poliészter szál általában ugyanazt a teljesítményt nyújtja. Ezek a rendszerek a meglévő vezetékhez történő tökéletes ragasztásra épülnek, tehát a bélelés előtt az acélcső tökéletes tisztításához 1500 bar vagy annál nagyobb nyomású vízre lehet szükség. A bélelésre ragasztó köti az acélcsőhöz. Ezek a bélelésre a belső nyomást átadják a meglévő vezetékre és nincs megfelelő gyűrűmerek­ségük, de megfelelő beszerelés esetén vákuumbiztosak.

Beszerelésük csak kifordító dob­bal javasolt.



Szövött tömlő gyártása

Close-fit / PE bélésű

A close-fit rendszerek általában PE 100-as polietilénből készülnek, de előfordulhat, hogy a bélésű PVC-ből készül.

Ezek a rendszerek önálló bélésűként működnek. A csatlakozó és lecsatlakozó szerelvények szabványos idomok. A kötések elektrofüziós eljárással oldják meg. Előnyük az alacsony anyagár és az egyszerű alkalmazás. A bélésűvet vagy az üzemen, vagy a helyszínen deformálják és így kerül elhelyezésre. A visszaformálás melegítés és nyomás, vagy csak víznyomás hatására történik. A mérettartomány DN100 és DN500 mm között van.

A gyárban formázott tömlőket dobra tekercselve szállítják a helyszínre. Ez speciális szállítóeszközöket igényel.

Speciális nyomóvezeték bélelési rendszerek

Az előbbieken említett bélelési rendszerek mellett a piacon egyéb speciális bélelési rendszerek is megtalálhatók.

Ezen bélelési rendszerek egyike a Primus Line, amely egy különleges minőségű anyagból készült szövött tömlő. A tömlőnek a belső és a külső oldalán is szigetelő burkolat található. A tömlő dobra tekerve kerül leszállításra, amely akár több km hosszúságú bélelési anyagot is elbír. Ezt a bélésűvet tisztítás után becsörlőzik a régi vezetékbe és kikeményítési eljárásra nincs szükség. A beszállító szerint a csörlőzés 2 x 45 fokos ívet tud tenni. A szakasz befejezése után speciális kapcsolókarmantyút kell csatlakoztatni, amely közvetlenül a tömlő végére kerül felszerelésre és a karmantyút egy injektált gyanta rögzíti, illetve szigeteli. Ezt a bélésűvet többféle közeg esetében is fel lehet használni és a Kevlar szövetnek köszönhetően magas nyomásállósággal rendelkezik. DN 150 és 500 közötti méretben kapható.

Előny: gyors beszerelés, mivel nincs szükség kikeményedésre, hosszú szakaszok végezhetőek el.

Hátrány: gyűrűsilárdság nélküli laza bélés, a befogadó vezeték és a bélésű közötti rés víz és egyéb lerakódások beszivárgásához vezethet, ami csökkenő nyomás esetén (pl. szelepváltás vagy a cső elrepedése egyéb helyen) problémát okozhat.

Egy másik speciális nyomóvezeték bélés a PPR bélésű, amely a távfűtési csövek rehabilitációjára kialakított Kevlar szövetből és magas hőellenállású gyantából készült teljes szerkezetű bélés. A bélésűvet csak egyenes vezeték szakaszokon lehet felhasználni, ezért a kiegyenlítőket és íveket nem lehet ezzel a rendszerrel kibélelni.

Előny: az egyetlen teljes szerkezetű bélés magas hőmérsékletű nyomóvezetékekhez

Hátrány: rendkívül drága, ívek nem bélelhetők.

Beszerelés csörlőzéssel / melegítés gőzzel.

CIPP gravitációs vezetékekhez

Tünemezelt filc tömlő

A tünemezelt filc tömlő az első olyan tömlő volt, amelyet a gravitációs vezetékek kitakarás nélküli felújítására használtak fel és még napjainkban is nagyon jó minőségűnek bizonyulnak. A tünemezelt filc tömlő olyan poliészter szálból készül, amelyet a tünemezelő gép állít össze egyetlen filc réteggé. A külső oldalt ezután a gyártó portfóliójától függően PU, PE vagy PP réteggel borítják be. A kész tömlőt több különálló filcrétegből is elő lehet állítani, amelyeket egy másik gép kapcsol össze. Ma körülbelül 10 ilyen tömlőt gyártó cég van Európában.

A standard átmérő DN 100 és 1200 között van, de néhány beszállító akár DN 2000 átmérőig is végez gyártást.

A kész tömlőt száraz tömlőként adják el a beszerelést végző cégnek, akik a telepítés előtt a poliészter, vinilészter vagy epoxigyantás átítatást egy impregnáló üzemben vagy a helyszínen végzik el.



Tünemezelt filctömlő gyártása

Az epoxi több rugalmasságot biztosít a telepítést végzőnek, míg az előre impregnált tömlő a munkának ezen részét elveszi a kivitelező cégtől. Minden rendszernek vannak előnyei illetve hátrányai. Míg a poliészter és vinilészter esetében a kikeményedési ciklusnak megadott lépéseket kell követnie ahhoz, hogy a katalizátor / peroxid a kémiai reakció során bekövetkező túl magas hőmérsékleti csúcsok elkerüléséhez egy lassú és nem túl gyors reakciót indítson el. Addig az epoxigyanták kezelése valamivel könnyebb, mivel két komponens áll rendelkezésre (A=gyanta és B=edzőszer) amelyeket összekeverünk és a hőmérsékletet közvetlenül a maximumra lehet felemelni. A teljes kikeményedési ciklus után minden rendszernek szüksége van egy bizonyos lehülési időre. A gyanták kezelésére vonatkozó információk táblázatokban és kezelési kézikönyvekben vannak leírva.

A beszerelést általában kifordító dobbal vagy víztorony segítségével, a gyanta kikeményedését pedig gőzzel, vagy forró vízzel végzik.

UV tömlő

Körülbelül 10 évvel ezelőtt egy új bélelési módszer tört be a kitakarás nélküli vezeték-felújítási piacra – az UV tömlő.

Ezeknek a tömlőknek 5 nagy gyártója van Európában és mindegyik Németországban található.

Beszállítók: Brandenburger, Impreg, Saertex, Berolina és Reline Europe.

A bélelési rendszerek a kinézet és a gyártási folyamat tekintetében valamennyire különböznek egymástól, de a beszerelés és a kikeményítés mindegyiknél többé-kevésbé ugyanaz. A tömlő üvegszálból készül és még a gyáron belül poliészter és vinilészter gyantával kerül legyártásra illetve impregnálásra. A teljes tömlőt fólia veszi körbe, amely megakadályozza, hogy a tömlő napfényrel érintkezzen. A tömlőt ezután könnyű, védett fadobozokba csomagolják és így

szállítják le a beszerelést végző társaságoknak. A kisebb átmérőjű UV tömlők több hónapig is raktározhatók, mert a gyantában lévő katalizátor a kémiai reakciót csak akkor indítja el, amikor a tömlő fényvel érintkezik. A nagyobb falvastagsággal rendelkező nagyobb átmérőjű UV tömlők esetében a kémiai reakció elindításához peroxidra van szükség. A raktározási /tárolási idő ugyanaz, mint a poliészter- vagy vinilészter gyantával impregnált tűnemezelt filc tömlők esetében. A beszerelési és kikeményítési folyamat minden UV tömlő esetében szinte ugyanaz. A befogadó cső tisztítása és vizsgálata után egy csúszófoliát kell bevezetni, amely arra való, hogy az ezt követő csörlözési folyamat közben megakadályozza az UV tömlő sérülését. A nagyobb átmérőjű tömlőket általában szállítószalag segítségével telepítik, mert az üvegszál és a gyanta súlya miatt a kézzel történő kezelés nem lehetséges. Miután a tömlő bekerül a meglévő vezetékbe, a telepítést végzőnek a tömlő mindkét végére zárófejeket kell erősítenie, amelyeket a tömlő felfújásához és a fényt kibocsátó szerelvény bevezetéséhez használnak. A lámpák felkapcsolása után a szerelvényt előre meghatározott sebességgel áthúzzák a bélésű cső belsejében. Mire a fényt kibocsátó szerelvény elérkezik a bélésű cső végéhez a kikeményedés befejeződött. A zárófejek és a szerelvény eltávolítása után a végeket le kell zárni és az oldalbekötéseket meg kell nyitni.

Close-fit bélésű cső

A gravitációs vezetékek close-fit eljárása ugyanaz, mint a nyomóvezetékek close-fit bélelése esetében.

Speciális NORDIWALL HT gravitációs bélésű cső

A gravitációs bélelések területén is található speciális műszaki megoldások. Ezek közül egyik a NORDIWALL HT, amely egy tűnemezelt filc bélésű cső magas hőellenállású bevonattal és magas hőmérsékletű gyanta rendszerrel kombinálva. A bélésű csövet ipari alkalmazásra tervezték, mint [pl.] sörgyár vagy tejüzem, ahol a szennyvízcsatornának a gyáron belüli forró vizes tisztítás miatt keletkező magas hőmérsékletű ipari szennyvizet kell elvezetnie. A rendszert a távfűtési csövek felújítására is felhasználták (de nem nyomóvezeték bélelésként csak bevonatként), illetve Norvégiában, az olajiparban a Statoilnál.

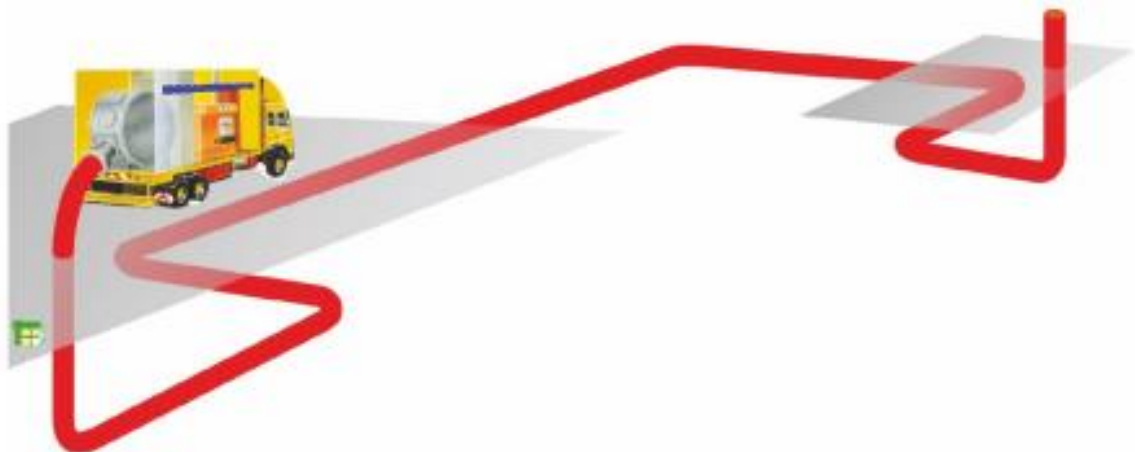


Esettanulmány – EDF projekt West Burton, UK - erőmű

Az EDF (Électricité de France ~ [Francia Elektromos Művek]) különböző erőművek tulajdonosa szerte Európában. Néhány évvel ezelőtt Anglia északi részén három új, kombinált gáz-, gőzturbina erőművet építettek. Az építőcég, amely a hat DN 500 átmérőjű acélszál erősítésű betoncsőből készült hűtővíz és szennyvíz vezetékeket kivitelezte az illesztéseket nem tudta megfelelően szigetelni, így felmerült annak a kockázata, hogy ezek az illesztések egy idő után korrodálódni kezdenek, amely a vezeték repedéséhez vezethet. A legnagyobb kihívást az jelentette, hogy mind a hat szakaszban egyenként 6-7 darab 90 fokos iránytörés volt.

Több társaság próbálta megoldani a problémát, de ez senkinek nem sikerült, így az EDF kifutott mind a lehetőségekből, mind az időből, miután az egységeket három hónappal később már üzembe kellett helyezni. Az UKSTT [United Kingdom Society of Trenchless Technology –kitakarás nélküli technológiák társasága az Egyesült Királyságban] korábbi elnöke felvette a kapcsolatot a fejlesztővel és a tervek és a helyszíni feltételek ellenőrzése után a NordiTube műszaki javaslatot tett arra, hogy ezen a hat szakaszon a TUBETEX kerüljön felhasználásra úgy is, hogy ez a bélelés csak acélsövekre lett tervezve. A feltételekben történő megállapodás illetve az EDF-fel kötött szerződés aláírása után mi a speciális tisztításra és bélelésre vonatkozóan egy csomagot nyújtottunk át. Ez egy igazi európai projekt volt, mivel a megrendelő francia volt, a projekt az Egyesült Királyságban valósult meg, a beszállító belga volt, a tisztítást végző cég Németországból érkezett és a bélelést végző társaság pedig Olaszországból.

Mint látjuk – az esetek többségében még a legnagyobb kihívásokat jelentő projekteknél is található műszaki megoldás.



A felújított DN500 mm-es átmérőjű vezeték nyomvonalja



Abraham Juri Hofmann

Mérnök, a NordiTube Technologies SE termékmenedzsere.
Fő feladata műszaki támogatás, dokumentálás,
valamint az ASI (Austrian Standard Institute) és az ISO TC138/SC8
(műanyag csövek – csőrendszerek felújítása) szerinti szabványosítás.

Close Fit megoldások előre deformált PE csövekkel Gyakorlati előnyök és esettanulmányok

VÁZLAT

1. Bevezetés
2. Fogalom-meghatározás – Besorolás – Szabványok
3. Technológiák
 - elődeformált PE csövek
 - PE csövek átmérőjének csökkentése a helyszínen
4. Anyagok
 - r.tec szoros illeszkedésű béléscső
 - hosszú távú viselkedési tanulmány PCCL
5. Esettanulmányok:
 - Taglio projekt, Olaszország és
 - Wilhering projekt, Felső-Ausztria

1.) BEVEZETÉS

A vállalat

A NordiTube Technologies SE a feltárás nélküli csőfelújításra szolgáló technológia vezető beszállítója. A NordiTube története 1987-ben kezdődött, ennek megfelelően a vállalat mára több mint 30 éves múltra tekint vissza a nyomócsövek esetében alkalmazható megoldások és a szoros illeszkedésű béléscsövek területén.

Az előadó

Engedjék meg, hogy bemutatkozzam: a nevem Abraham Hofmann, a Norditube Technologies termékmenedzserként dolgozom. 2006 óta tevékenykedem a feltárás nélküli csőfelújítás területén. Először a Rabmer Group projektmenedzsereként dolgoztam, majd a műszaki osztályra kerültem, a termékek tökéletesítéséért és a termékfejlesztésért is felelős alkalmazásmérnöki pozícióban.

2.) FOGALOM-MEGHATÁROZÁS – BESOROLÁS – SZABVÁNYOK

Fogalom-meghatározás






Az ISO 11295 szabvány a szoros illeszkedésű technológiát a következőképpen határozza meg:

„A szoros illeszkedésű csövekkel végzett bélelés olyan, folytonos csővel végzett bélelést jelent, amely során a béléscső legnagyobb hasznos átmérőjét a behelyezés megkönnyítése érdekében lecsökkentik, majd a béléscsövet a behelyezést követően visszaformázzák, amelynek következtében az szoroson felfekszik a régi cső falára.”

A szabvány azt is meghatározza, hogy a béléscső zömítése a gyártóüzemben („A” módszer) vagy a helyszínen („B” módszer) történik-e.

Szerkezeti besorolás

1. táblázat: Nyomócsőbélések szerkezeti besorolása az ISO 11295 szabvány szerint.

„A” osztály		„B” osztály	„C” osztály	„D” osztály
				
laza illeszkedésű	szoros illeszkedésű	inherens gyűrűmerevség	ragasztásra támaszkodik	ragasztásra támaszkodik
Önhordó		Félig önhordó		Nem önhordó
Független		Interaktív		

„A” osztály	„B” osztály	„C” osztály	„D” osztály
NORDIPIE			Cementbevonat
Bélelés szoros illeszkedésű csővel			Epoxibevonat
	COMBILINER		
		TUBETEX W	
		TUBETEX G	

A fenti táblázat szerint a szoros illeszkedésű béléscső önhordó „A” osztályú rendszerként alkalmazható, amely a régi csőtől függetlenül funkcionál, és minden terhelést átvesz. Víz- és gázcsövekhez szokásos esetben ezt alkalmazzák: többnyire SDR17-es szoros illeszkedésű csöveket használnak, 10 bar víz- és 6 bar gáznyomáshoz.

Azonban a szoros illeszkedésű béléscső félig önhordó „B” rendszerként is alkalmazható, ami a régi csővel interakcióba lépve üzemel. Ennél a megoldásnál a rendszer a belső nyomást teljes mértékben átadja a régi csőnek, a bélés csupán megfelelő gyűrűmerevséget biztosít a tervezési kritériumok szerint (pl. vákuummal szembeni ellenállás). Ez egy speciális alkalmazás, amely az ásványolajiparban elterjedt. Ilyen esetben a szoros illeszkedésű béléscső a korrózió és a koptató hatás elleni védelmet biztosítja nagynyomású acélcsövekben, ahol gyakran akár 30bar - 100bar nyomás is felléphet. Itt – a szerkezeti követelményektől függően – SDR41-es és SDR26-os PE csöveket alkalmaznak. Erősebb – például SDR11-es vagy SDR7,4-es – PE csövekre is szükség lehet, amennyiben a gyűrűs térben nyomásra kell számítani.

Szabványok és kézikönyvek:

A helyreállításra és felújításra használt műanyag csőrendszerekre vonatkozó „ISO szabványcsalád” alapvetően egy osztályba soroló és tájékoztató szabványból, illetve a különböző alkalmazási területeket tárgyaló négy további szabványból áll:

ISO 11295	Osztályba sorolás és tájékoztatás tervezéshez és alkalmazáshoz
ISO 11296	Föld alatti, nyomás nélküli alagsövezési és csatornázási hálózatok felújításához
ISO 11297	Föld alatti, nyomás alatt lévő alagsövezési és csatornázási hálózatok felújításához
ISO 11298	Föld alatti vízellátó hálózatok felújításához
ISO 11299	Föld alatti gázellátó hálózatok felújításához

A 11296 – 11299 számmal jelölt szabványok további felosztása:

- 1. rész **Általános előírás**
- 2. rész Bélelés folytonos csövekkel
- 3. rész **Bélelés szorosan illeszkedő csövekkel**
- 4. rész Bélelés helyben keményített csövekkel
- 5. rész Bélelés különálló csövekkel
- 7. rész Bélelés spirálisan tekereselt csövekkel

Ennek megfelelően jelen esetben az ISO 11295 szabvány és a többi alkalmazás 1. és 3. része lényeges.

Az egyéb vonatkozó szabványok közé tartozik például az EN15885 (Vízvezető vezetékek és csatornák felújítási, javítási és pótlási eljárásainak osztályozása és jellemzői); a gáz- és vízcsövezetésekre vonatkozó DVGW GW320-2 és a DVGW GW302 (R3 csoport cégtanúsítványként).

Ezenkívül használatban van még a DWA A 143-2 német tervezési szabvány, amelyet más országokban is alkalmaznak.

A szoros illeszkedésű béléscsövekre vonatkozóan természetesen léteznek még más nemzeti és nemzetközi szabványok és kézikönyvek is, azonban ezek felsorolására a mai prezentáció terjedelme nem ad lehetőséget.

TECHNOLÓGIÁK

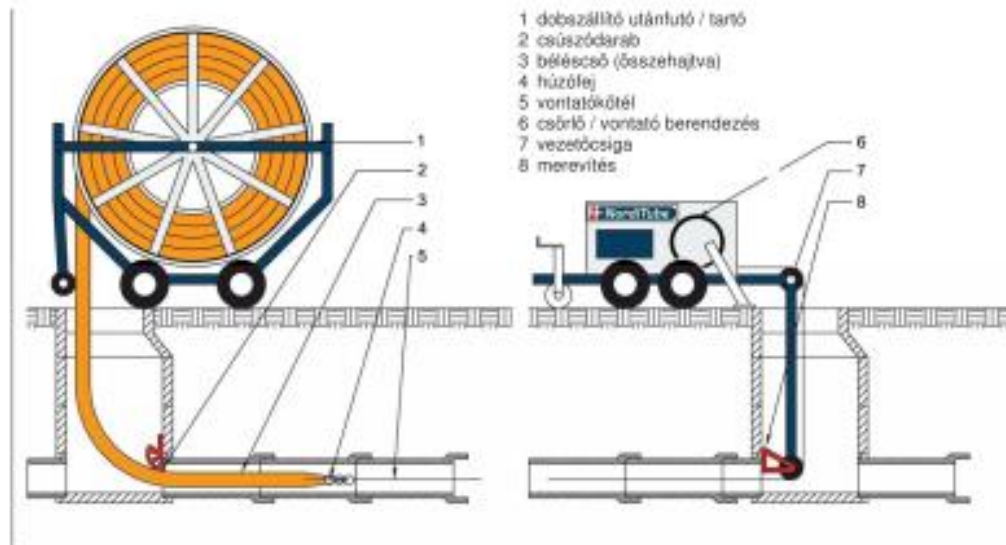
a. Elődeformált PE csövek – „A” módszer:

Ebben az esetben a cső átmérőjének csökkentésére a gyártóüzemben kerül sor. A cső egy dobra van tekercselve, ahonnan közvetlenül helyezik be a régi csőbe.

Anyagok: PVC-U; PE100; PE100RC; PE80

Átmérőtartomány: DN 100 – DN 500

Max. hosszúság szokásos esetben 500m, maximum 1000m (átmérőtől függően)



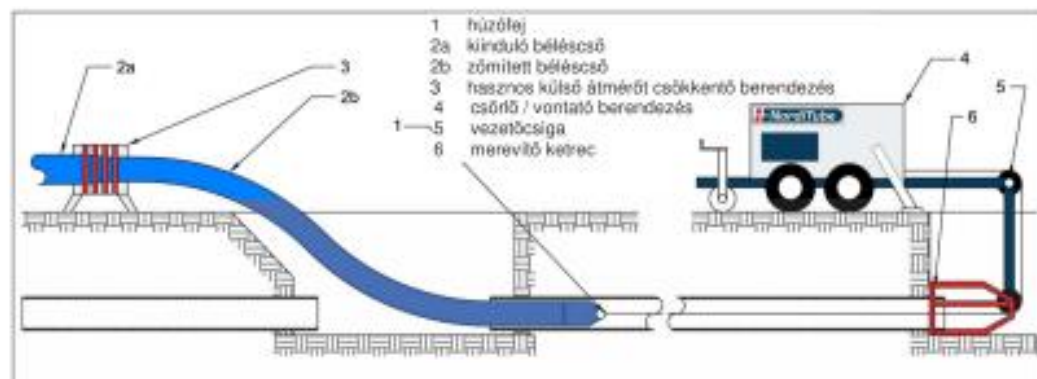
b. PE csövek átmérőjének csökkentése a helyszínen – „B” módszer:

Az átmérő csökkentése a helyszínen történik. Ennek megfelelően a csövet egy átmérő-csökkentő vagy összehajtó berendezésen vezetik keresztül, és a zömített csövet ezzel egyidejűleg helyezik be a régi csőbe.

Anyagok: PE100; PE100RC;

Átmérőtartomány: DN 100 – DN 1500

Max. hosszúság: szokásos esetben 500m, maximum 1000m (átmérőtől függően)



3.) ANYAGOK

a. r.tec szoros illeszkedésű bélésű cső

Technológia

Elődeformált PE cső alkalmazása („A” módszer). A szoros illeszkedésű bélésű csövet meglévő gödrökön, aknákon vagy egy kisebb kiásott árkon keresztül helyezik be a régi csőbe. A szoros illeszkedésű cső visszaalakítása kör keresztmetszetű csővé magas hőmérséklet és nyomás segítségével történik, gőz és sűrített levegő bevezetésével. A nyomás hatására az új cső szorosan felfekszik a régi csőre. Az r.tec szoros illeszkedésű csövet PE szerelvényekkel csatlakoztatják a meglévő hálózathoz.

Alkalmazások és tulajdonságok

Csatorna, ivóvíz, gáz, ipari és olaj; szinte minden csőanyaghoz; DN 150 – 400 között alkalmazható

A bélésű cső szabványos anyaga PE100, de kérésre PE100 RC is rendelkezésre áll. A nyomócsövek bélésű csövei SDR17 (víz: PN 10 / gáz: PN 6), a csatornák bélésű csövei pedig SDR26 és SDR32 szabványos méretarányal állnak rendelkezésre. A hatékonyabb ellenőrzés érdekében szürke belső felület is elérhető (koextrudált réteg). A bélésű csöveket dobokra tekerceselik.

b. Hosszú távú törési viselkedési tanulmány – PCCL

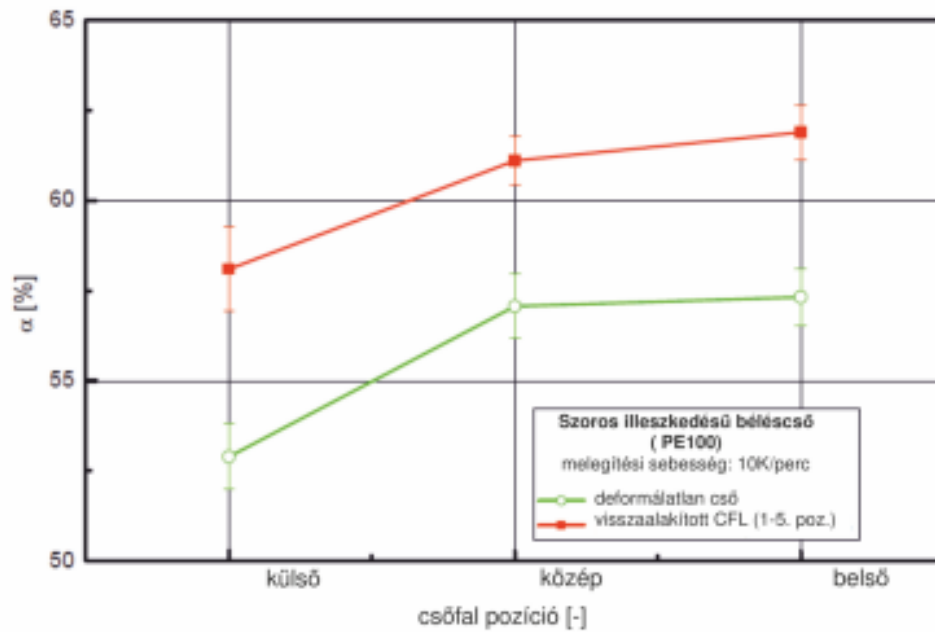
Ebben a projektben az alábbi partnerek vettek részt:

- A. Frank - Polymer Competence Center Leoben GmbH, Ausztria;
- A. Hofmann - Rabmer Bau GmbH & Co KG, Altenberg, Ausztria;
- M. Haager - AGRU Kunststofftechnik GmbH, Bad Hall, Ausztria;
- G. Pinter – Anyagtudományi és Műanyag-vizsgáló Intézet, Leobeni Egyetem, Ausztria

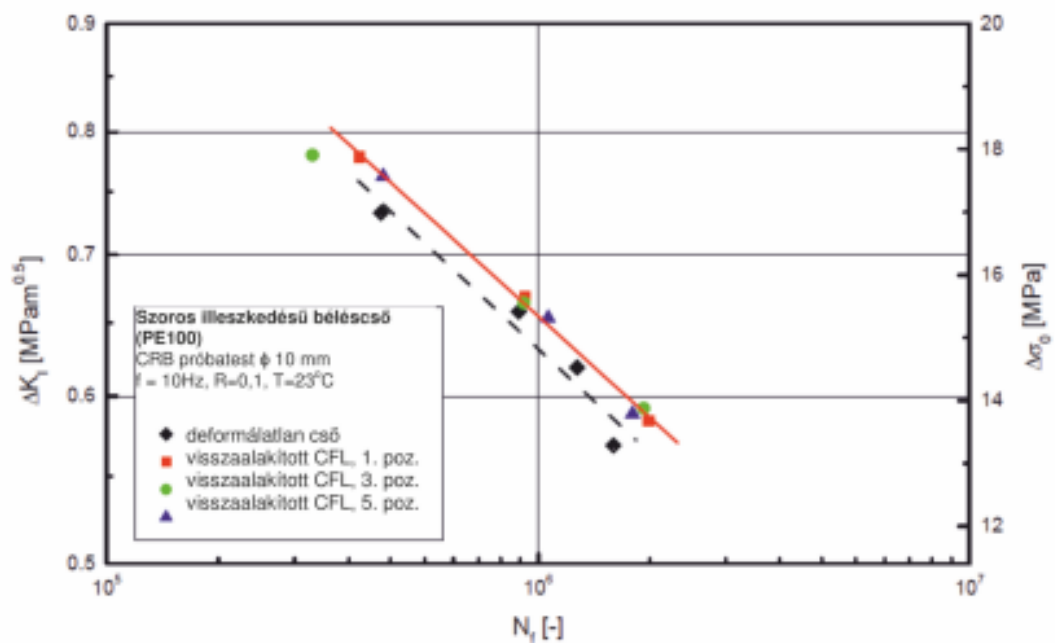
KIVONAT

A munka során szoros illeszkedésű szabványos PE 100 bélésű cső átfogó anyagkarakterizálását végeztük el, a hagyományos cső anyagtulajdonságai és a visszaalakított szoros illeszkedésű bélésű cső végleges állapota közti korrelációra fókuszálva. A bélésű cső végleges állapota a beépítés során alkalmazott kiegészítő hő- és mechanikai kezeléssel befolyásolható.

Megállapítást nyert, hogy **nem lép fel jelentős termo-oxidatív öregedés**, viszont a **véglegesen beépített szoros illeszkedésű bélésű csőn jelentős javulást észleltünk** a maradékfeszültségek vonatkozásában, amelyek szinte teljesen megszűntek. Ezenkívül kimutattuk, hogy a kezelés **pozitív hatást** gyakorol az **anyag repedések növekedésével szembeni ellenállására**.



Kristályosság (α) a deformálatlan cső és a visszaalakított szoros illeszkedésű cső (CFL) különböző csőfal-pozícióiban. A grafikonon látható, hogy a kristályosság a visszaalakított csőben magasabb.



11. ábra: CRB próbadarabok törésciklus száma (N_f) a feszültségintenzitási tényező (ΔK_I) illetve a szalagfeszültség-tartomány ($\Delta\sigma_0$) függvényeként, 23°C-on, a deformálatlan cső esetében valamint a visszaalakított szoros illeszkedésű bélésű cső (CFL) 1., 3. és 5. pozíciójában.

KONKLÚZIÓ

Összességében a vizsgálati program azt állapította meg, hogy a kiegészítő folyamatlépéseknek (deformálás és visszaalakítás) a releváns anyagtulajdonságokra nincs nyilvánvaló negatív hatása. Éppen ellenkezőleg, a cső maradékfeszültségeinek számottevő csökkenése jelentős javulásként vehető figyelembe a végső csőteljesítmény szempontjából, és a hosszú távú alkalmazás során egyes potenciális törésmódok (például repedés-előidézés és lassú repedésnövekedés) gátlásával akár a csövek megbízhatóságának javításában is szerepet játszhat.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az értekezés alapjául szolgáló kutatómunkát a Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL, Ausztria) vállalatnál az osztrák közlekedési, innovációs és technológiai minisztérium Kplus programjának keretein belül végeztük el, a Leobeni Egyetem, az AGRU Kunststofftechnik GmbH (Ausztria) és a Rabmer Bau- und Installations GmbH & Co KG, Altenberg (Ausztria) közreműködésével. A PCCL kutatóközpontot Ausztria Kormánya valamint Stájerország és Felső-Ausztria állami kormányai finanszírozzák.

4.) ESETTANULMÁNYOK

a. Taglio projekt, Olaszország

Helyszín: Taglio di Po, Olaszország

„A” módszer – r.tec szoros illeszkedésű béléscső technológia; DN 315 (mm); üzemi nyomás: 4 bar

Világcsúcs:

950 m felújítása egy szakaszban az „A” módszer alkalmazásával. A hosszúság eléréséhez a beépítést megelőzően egyenként nagyjából 150 m hosszúságú tekercsek összehegesztésére volt szükség. A melegítést és visszaalakítást kettő nagyméretű (gőzfejlesztő teljesítmény egyenként >1000 kg/h) berendezés párhuzamos alkalmazásával végezték. A melegítési idő így is meghaladta a 24 órát.

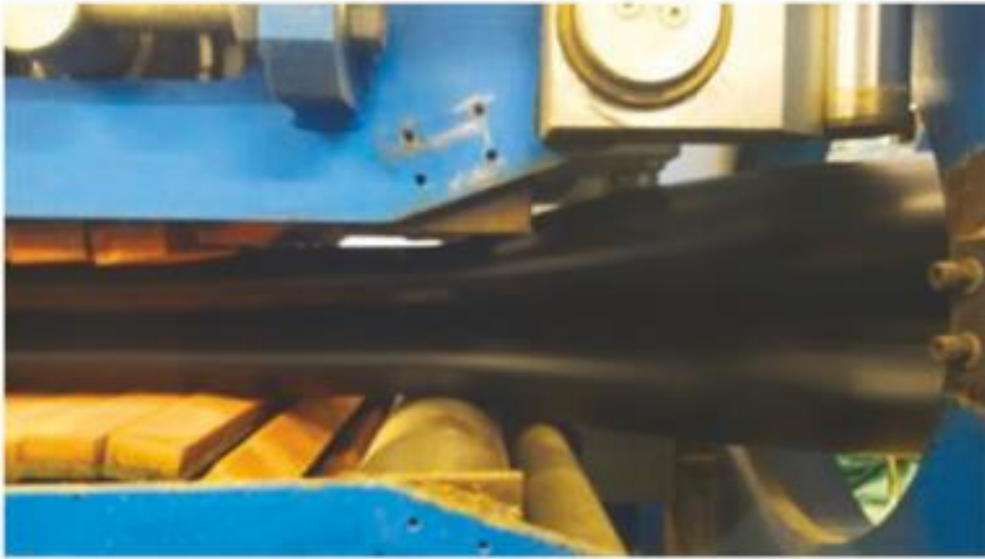


b. Wilhering, Felső-Ausztria projekt – „B” módszer



Megrendelő:	RHV Donautal
Projektvezető:	Linz AG Abwasser
Megbízás értéke	1,544 millió EUR (áfával együtt)
Régi cső	lágú öntöttvas DN400
Sérülés	üreges korrózió
Teljes hossz:	5270 m
Aknák:	10 akna - épületek
Szakasz:	Wilhering szivattyútelep – Auslaufschacht S47
Helyszín	Duna-völgy – Wilhering és Linz között a B129 út mentén
Mélység	megközelítőleg 2,0 – 6,5 m
Speciális követelmény:	felújítás legfeljebb 10 szakaszban
Rendszer: illeszkedő cső	összehajtás és formázás (Fold and Form) – r.tec szorosan
Csoport:	felújítás
Anyag:	PE 100 RC DA 400mm x 15,8mm SDR 26
Gyártó:	Fa. AGRU, Bad Hall (PE cső)
Kihívás:	csak 10 szakasz betervezve átlagos szakaszhossz 441m és 624m között
Megoldás:	zömítés a helyszínen – „B” módszer első alkalommal r.tec szorosan illeszkedő béléscsővel!
Szerkezeti funkció: tekintendő	független „A” osztály; szorosan illeszkedő cső új csőnek
Várható élettartam:	min. 50 év
Aknák:	10 akna cseréje szerelvényekkel együtt







Varga Zoltán

mérnök-közgazdász diploma

20 év tapasztalat közmű fejlesztés, létesítés, üzemeltetés területén

Jelenlegi munkahely (2010-): Agriapipe Kft. (8 év „no-dig” tapasztalat)

Jelenlegi beosztás: ügyvezető

Bélelés spiráltekerceselt béléscsővekkel -alkalmazások, gyakorlati megoldások

Tartalomjegyzék

1. Közmű építési, felújítási technológiák kiválasztása
2. Spiráltekerceselt technológiák bemutatása
 - 2.1. Expanda
 - 2.2. Rotaloc
 - 2.3. Ribline
 - 2.4. SPR
3. Esettanulmányok
 - 3.1. Eger strandfürdő területén csatorna felújítása Expanda eljárással
 - 3.2. Kazincbarcika Gyöngyvirág úti csatorna felújítása Expanda eljárással
 - 3.3. Budapest Pozsonyi úti csatorna felújítása „SPR” eljárással

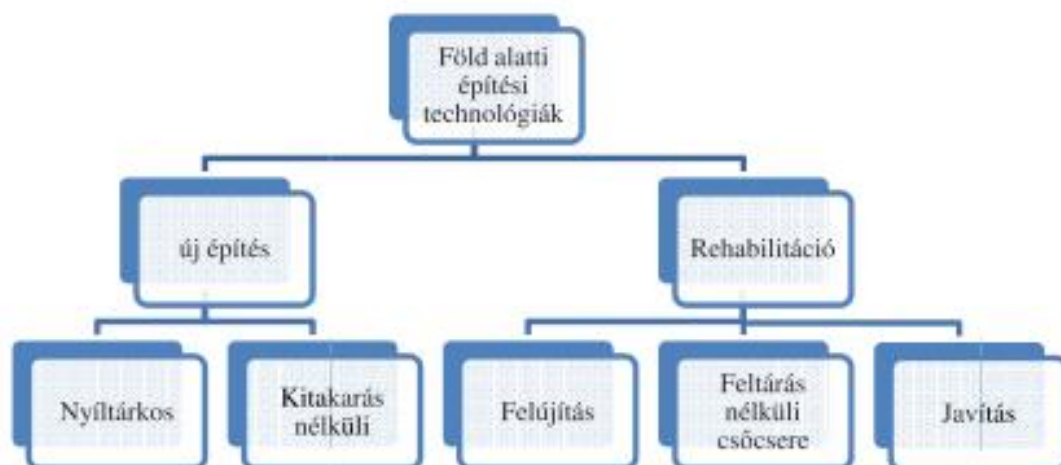
1. Közmű építési, felújítási technológia kiválasztása

A legmegfelelőbb műszaki megoldás kiválasztásához széleskörű információra van szükség, melyek közül néhányat felsorolok a teljesség igénye nélkül:

- Üzemeltetési problémák, üzemeltetői igények ismerete
- Számítások: Hidraulikai elemzés, statikai számítás, stb. (jövőre vonatkozó paraméterek)
- Meglévő cső anyaga, átmérője, kora, geometriája (kamerás vizsgálat !!!)
- Tolózárak, aknák elhelyezkedése, csőkapcsolatok módja, leágazások, bekötő vezetékek stb.
- Érintett közművek elhelyezkedése, üzemeltetői nyilatkozatok
- A vezetékek üzemből történő kivételének idősükséglete
- Munkaterület: forgalomtechnika, lakókörnyezet, üzleti környezet

- Környezetvédelmi megfontolások: por, zaj, levegő szennyezés, talaj állapot

Az ISTT („Nemzetközi Társaság a Kitakarás nélküli Technológiáikért”) honlapján található csoportosításból (egyszerűsített ábra) a fenti információk birtokában választhatjuk ki a legmegfelelőbb műszaki megoldást, megoldásokat.



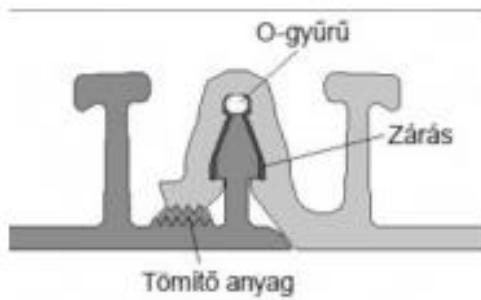
A spiráltekercselt eljárások a „Felújítás” csoportba tartoznak.

Alkalmazási lehetőségeik az alábbiakban foglalhatók össze:

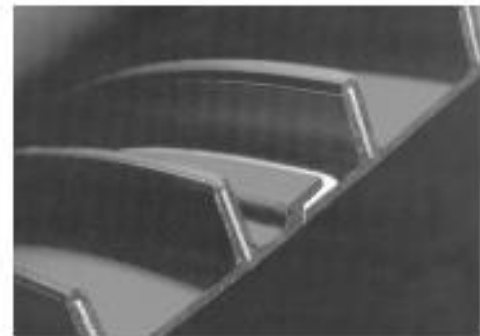
Felújítandó közmű:	Gravitációs (csatorna, átereszt, stb)
Felújítandó vezeték anyaga:	Bármilyen (ac., beton, műanyag, acél, öntöttvas)
Átmérő tartomány:	DN 150 mm – DN 5500 mm-ig
Vezeték alakja:	DN 800 mm-ig csak kör szelvény, felette nem körszelvények is
Ívek, átmérő változás:	Kismértékű, korlátozott
Szorosan illeszkedő („close-fit”):	DN 150 mm – DN 1800 mm-ig
Gyűrűs tér injektálással:	DN 800 mm – 55000 mm-ig
Cső statika:	(önálló) cső a csőben rendszer

A spirálcsöves béleléses eljárások alkalmazása az alábbi előnyökkel jár:

Alacsony kockázat a beépítésnél, a munka bármikor leállítható, újra indítható. Kedvező árszint, gyors beépítés alacsony szennyvízátemelési költséggel. Kiváló vízzáróság mellett jó hidraulikai tulajdonságok jellemzik a béléscsövet: a bélelést követően a csatorna kapacitása általában növekszik.



1. sz. ábra
Vízárás Rotaloc béléscsőnél

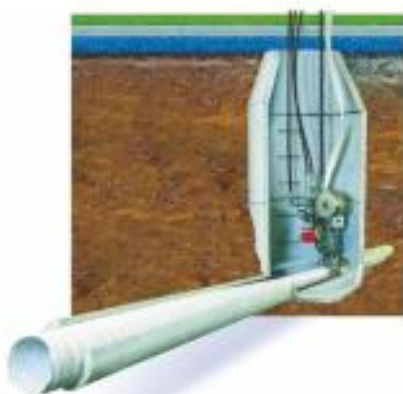


2. sz. ábra
Zárás Ribline csőnél

2. Spiráltekercselt technológiák bemutatása

2.1. Expanda

Ez az eljárás az ún. Close-Fit (szorosan felfekvő) béléscsővet eredményező bélelési eljárások csoportjába tartozik. Az eljárás során a gyárban készített PVC profil szalagból a helyszínen gyártjuk le a spiráltekercselt béléscsővet. A csőgyártás fontos eleme a tekercselőgép, amelyet a tisztító aknában helyezünk el. Az első lépésként legyártott béléscső átmérőjét – amely természetesen kisebb a bélelendő cső átmérőjénél – a tekercselő keret beállítása határozza meg. A tekercselés során a béléscső forogva halad a felújítandó csatornában. A kívánt hossz elérése után a csőgyártást megállítjuk. Az Expanda eljárásnál alkalmazott PVC profilok kettős zárással rendelkeznek, amelyek elemei a profil két oldalán találhatóak. Az egyik zárás a béléscső tömítését biztosítja, a másik az első lépésben legyártott béléscső átmérőjét tartja a tekercselő kereten beállított átmérőnek megfelelően. A második lépésben kerül sor a béléscső expandáltatására. Ezt úgy érjük el, hogy az alaktartó zárat megszüntetjük. Ezt úgy valósítjuk meg, hogy a tekercselés során a két zár közé egy acélsodronyt helyezünk, amelyet aztán a béléscső belseje felé kihúzunk, így az alaktartó zárat megszüntetjük. A záró erő megszűnésének hatására a cső forogva kitágul („expandál”. A forgás közben természetesen szükség van a béléscső további tekercselésére is. Az expandálás mindaddig tart, amíg a béléscső neki nem feszül a csatorna belső falának. A gerincre történő csatlakozások megnyitása ipari robottal történik és az áthatás tömítésére ún. kalap idomot ragasztunk be a csatlakozási ponton.



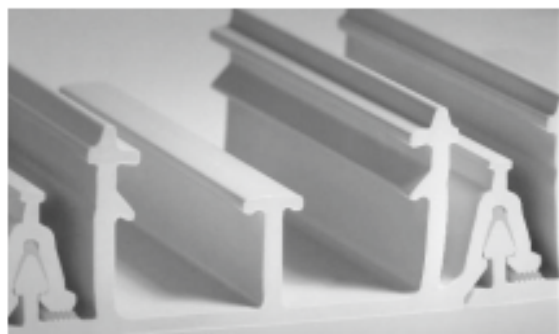
Expanda eljárás



tekercselő keret

A Ribloc Expanda eljárás a magyar piacon is gyorsan népszerű lett. A gyakorlati alkalmazás során az eljárás előnyei érvényesültek: gyors kivitelezés, jó hidraulikai viszonyok és számos esetben üzemelés alatti kivitelezés. A profil korrekt kiválasztását az ATV-M 127-3-ra épülő számítógépes program biztosítja. Az eljárás gyors előretörését a kedvező ár is elősegítette. A Ribloc Expanda eljárás 2011-ben elnyerte a Magyar Víziközmű Szövetség NÍVÓDÍJ-át.

2.2. Rotaloc technológia



5. sz. ábra
ROTALOC profil

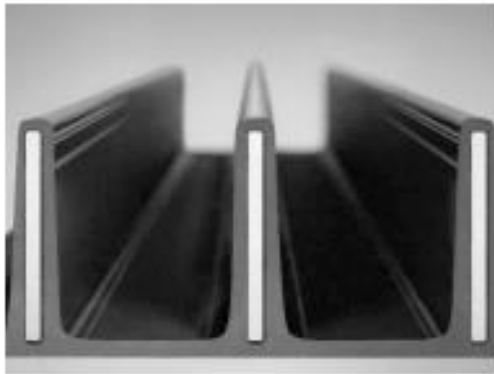


6. sz. ábra
ROTALOC berendezés

Ez az eljárás is a gyűrűs tér nélküli, szorosan felfekvő eljárások csoportjába tartozik. Így a bélésű elhelyezése után nincs szükség injektálásra. A tekercselt bélésű ebben az esetben is PVC szalagból készül. A tekercselést egy olyan berendezés végzi, amely halad a felújítandó csőben. Ez lehetővé teszi, hogy a bélésű szorosan felfeküdjön a régi cső belső falára. Ez a CLOSE-FIT eljárás 800 mm-től 1800 mm-ig alkalmazható gravitációs vezetékek felújítására. A bélelő berendezés elemekre bontható, így nem szükséges a meglévő ő tisztító aknákat szétbontani. A tekercselő gépet a meglévő aknákon keresztül beépíthetjük a felújítani kívánt csővezetékbe. Az eljárás különleges előnye, hogy a bélésű átmérője a bélelési folyamat során változtatható.

2.3. RIBLINE eljárás

Az eljárás során polietilén profilszalagból helyszíni tekercseléssel készül a spirál bélésű. A profil szélek összeerősítése polietilén extrudáló hegesztéssel történik. A hegesztő gép az aknában vagy a kiásott munkagödörben kerül elhelyezésre. A hegesztés folyamatosan történik és a kész bélésű forogva halad előre. A profilba épített fém megerősítés lehetővé teszi a nagyátmérőjű vezetékek béleléses felújítását. Az alkalmazott átmérőtartomány 800 mm-től 3000 mm-ig terjed. A bélésű és a régi cső közötti teret ki kell injektálni.



9. sz. ábra
RIBLINE profil



10. sz. ábra
RIBLINE eljárás

2.4. SPR technológia

A Japánból származó eljárás különlegessége, hogy tetszőleges profilok béleléses felújítására is ad megoldást. A speciális profilú PVC szalagból egy kereten körbe mozgó tekerceselő gép készíti a „béléscsövet”. Ez a megoldás különböző szelvényű csatornák felújítását is lehetővé teszi 800 mm-es átmérőtől kezdődően. A csatorna szelvényétől, méretétől és állapotától függően 11 féle típusú PVC szalagból választhatjuk ki a legmegfelelőbbet, amelyet alkalmazni kívánunk. A béléscsövet akár 500 fm hosszúságban is el lehet készíteni. A béléscső és a régi cső között minden esetben gyűrűs tér keletkezik. Az így keletkezett gyűrűs tér kiinjektálása után jön létre a kész béléscső. Ezzel az eljárással akár 5500 mm-es átmérőjű profilnak megfelelő csövet is felújíthatunk.



11. sz. ábra
SPR technológia

3. Esettanulmányok

3.1. Eger strandfürdő területén csatorna felújítása Expanda eljárással (2008)

Előzmények:

A felújított szennyvízvezeték a strand területén keresztül, az Eger patak alatt áthaladva csatlakozik a főgyűjtőbe. A területen feltörő források találhatóak, melyek táplálják a strandfürdő „I-es”, a „Törökfürdő” és a távolabb található „Bárány uszoda” medencéit. A feltörő forrásvíz miatt rendkívül magas a talajvízszint, mely egy része a patakba kerül. A meghibásodott, sérült

csővezeték „kvázi” dréncsőként gyűjti össze a forrásvizet, ezért a csatornába nagy mennyiségű, nem kívánatos idegen víz ömlik be folyamatosan.



forrásvízzel táplált medence

2008-07-07 vízbetörések

Feladat: a talajvíz (forrásvíz) teljes kizárása a szennyvízelvezető rendszerből.

Felújítás nehézségei:

A strand területén található munkaterületre 3,5 t-nál nagyobb tömegű gépjárművel nem lehetett behajtani: a bélelé technológiai eszközökkel az aknákat (hozzáférési helyeket) nem lehetett megközelíteni. A csatorna egy része épület alatt található. A bélelést folyamatos, erőteljes vízbetörés mellett, átemelés és talajvízszint süllyesztés nélkül kell elvégezni

Létesítés:

A felújítás „Ribloc Expanda” eljárással történt. A tekercselő keret bontás nélkül elhelyezésre került az aknában. A PVC profilszalag a strand területén kívülről, az Eger patakon túli területről - kb 100 m távolságból (!) - került bevezetésre.



profilszalag aknához/tekercselő kerethez történő eljuttatása

Konklúzió:

- 100%-ban bontás nélkül
- Bélelés „távolról”
- Bélelés átemelés és talajvízszüllyesztés nélkül
- Cső a csőben rendszer (50+ év élettartam)



A felújított vezeték egy év elteltével történő ellenőrzése: vízbetörésnem található!

3.2. Kazincbarcika Gyöngyvirág úti csatorna felújítása Expanda eljárással (2008)

Előzmények:

A DN 300 mm-es (L=155 m) gravitációs csatorna az „50-es” években egy üzem szennyvizének elvezetésére épült. Későbbiekben a terület kiosztásra került, családi lakóházak épültek, melyek szennyvize is e csatornába került bevezetésre. A csatorna meglévő ingatlanokon (udvarokon) keresztül halad. A rendkívül agresszív szennyvíz miatt a csatorna jelentősen korrodálódott a csőfal elvékonyodott és több helyen „eltűnt”.

Feladat: továbbra is biztosítani kell a szennyvíz szolgáltatást

Itt nem részletezett műszaki problémák és jelentős költségek miatt a vezetéket nem tudták átépíteni a meglévő vagy új nyomvonalon, valamint nem tudták a lakásokat „átkötni” más üzemelő csatornára. A felújításra az Expanda technológiát választották

A felújítás nehézségei:

Csővezeték tisztítása bélelés előtt és maga a bélelés is kockázatos, mivel a vezeték beomolhat. A munkaterület magánterületen (lakóház udvarok) található.

Létesítés:

Az első képen a bélelést megelőző – teljesen károsodott -vezetéket láthatjuk (2008-09-26). A bélelés sikeres volt, ezt láthatjuk a középítő lépen (2008-10-10). A szeptemberi szakmai napra készülve megkameráztuk a vezetéket (2018-08-28) , 10 éves üzemelés után a csatornában a bélésű tökéletes állapotban van.



Konklúzió:

- 100%-ban bontás nélküli felújítás
- Munkaterület=Magánterület, bélelés „távolról”
- Statikailag rendkívül rossz állapotú cső bélelése vált lehetségessé
- tisztítás problematikája ellenére a vezeték bélelésre került
- Cső a csőben rendszer (50+ év)

3.3. Budapest Pozsonyi úti csatorna felújítása „SPR” eljárással (2014)

Előzmények:

A Bp. Pozsonyi úti DN 1,4/2,1 m tojásszelvényű 5-8 m mélyen fekvő csatorna falán hálózat ellenőrzése során hosszirányú repedéseket tártak fel. A statikai problémák miatt a vezetéket fel kellett újítani. A csatorna 1904-1907 között épült (!), a felújítandó hossz 662 m. Építési környezet: belváros, sűrűn lakott, jelentős üzleti tevékenység, helyenként nagy forgalmú területek.



hálózat ellenőrzés/repedések

felújítás: „SPR” 100% „no-dig”

A felújítással szembeni elvárások:

- statikailag önálló béléscső
- szállító kapacitás nem csökkenhet
- megvalósítási határidő 4 hónap!
- munkaárok készítése nem lehetséges
- csak részleges forgalom korlátozás lehet (troli, parkolás)
- üzletek, éttermek, kávézók működését nem lehet korlátozni
- lakosság nyugalma csak minimális mértékben lehet zavarni
- por, zaj minimális mértékben lehetséges
- utcai rendezvények megtartását nem lehet korlátozni (több ezer fős rendezvények: Spar maraton futóverseny, Pozsonyi piknik)

A felújítást ún „SPR” technológiával elvégeztük a fenti elvárásoknak megfelelően.

Konklúzió:

- \ Nagy átmérőjű, nem körszelvényű csatorna: 100% no-dig felújítás
- \ lakókörnyezet minimális zavarása
- \ üzleti környezet (éttermek, üzletek, stb) minimális zavarása
- \ környezetbarát: több, mint 300 tonna CO2 megtakarítás a nyíltárkos építési technológiához képest (Agriapipe CarbonCalculator)

A project elismerései:

- \ „IV. Greennovációs Nagydíj, Építőipari kategória 2016
- \ „Környezet védelméért” díj 2017





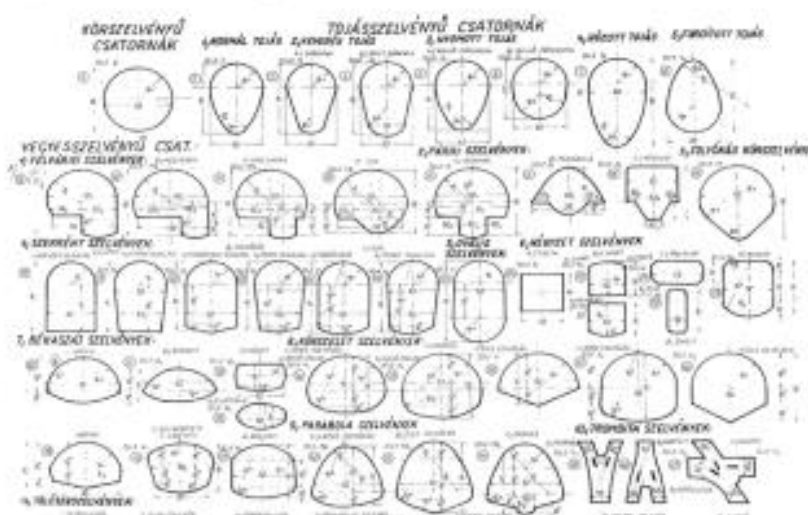
Móra Gábor
hálózatüzemeltetési osztályvezető, hálózatvizsgálati osztályvezető

1990-óta dolgozik az FCSM Zrt.-ben, kezdetben csatorna bűvárként,
1995-1999 között önjárá ipari kamerás berendezést (CCTV) működtetett
1999-2001 műszaki ügyintéző
2001-2014 között a csatornavizsgálati csoport vezetője
2014-től a hálózatvizsgálati osztály vezetője
2018-tól a hálózatüzemeltetési osztály vezetői teendőit is ellátja

A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.-nél alkalmazott, feltárás nélküli felújításokkal szerzett tapasztalatok

A budapesti csatornahálózat nagy kiterjedésű és rendkívül összetett, de az az elv, ami alapján megtervezték nagyszerűnek nevezhető. Az 1800-as évek második felében, olyan előremutató csatornarendszert sikerült megálmodni, amely most 2018-ban is tökéletesen működik a tervezett kapacitásának határán belül. Azonban a rendszer avul és egyre több rekonstrukciós feladatot kell elvégezni a hálózatban.

Hogy ez a 6355 km-es hálózat mennyire összetett, azt jól jellemzi az az 569 db szelvény- és méretforma, mely a rendszerben megtalálható.



Szelvényalakok a budapesti csatornahálózatban

Miért, mikor és hol alkalmazható a feltárás nélküli (béleléses) technika

Egy felelős vezető minden esetben végez gazdaságossági számításokat, melyben összehasonlításra kerülnek – csatornarekonstrukció esetén – a lehetséges átépítési technológiák.

Azonban ez a számítás önmagában kevés lehet, hiszen olyan egyéb tényezőket is figyelembe kell venni (a teljesség igénye nélkül) mint például:

- A csatornaszelvény átjárhatósága (robot vagy ember) és statikai állapota;
- Hidraulikai tényezők (lejtés, műtárgyak kiosztása, vízszállító-képesség);
- A környezet minimális zavarása (frekventált, városi terület, zsúfolt utcák, érzékeny tömegközlekedés);
- Zsúfolt városi környezet (közműerdő a felszín alatt);
- Csúszásveszélyes területek;
- Vízbázisok, karsztos területek környezete;
- Gyors, 1-2 naptól 3-4 hónapig terjedő kivitelezési idő;

Agriapipe Kft. által alkalmazott bélelési technológiák a fővárosi csatorna-hálózatban

Tömlőző CIPP eljárások

Alkalmazható:
 \varnothing 150-1300 mm
 30/45-60/90 cm



SPR

Alkalmazható:
 \varnothing 800-5500 mm
 100/150 cm-től



Rotaloc

Alkalmazható:
 \varnothing 800-1000 mm



- tömítés
- o-gyűrűs tömítés
- légg tömítés

Expanda

Alkalmazható:
 \varnothing 250-750 mm

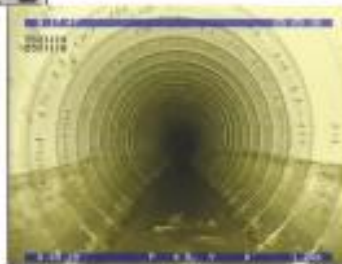


- tömlő zár
- erőkezeli
- elaktató zár

Néhány fontosabb munka

1./ I. ker. Tóth Árpád sétány:

Csúszásveszélyes terület + műemlékvédelem (Budai Vár). Exfiltráció megelőzése miatt került sor a bélelésre.



A csatorna építési éve: 1968., szelvény: Ø 30-40 beton, mélysége: 2-2,5m
Bélelés éve: 2012., Ø 30-40 mabe, hossz: 350 fm
Alkalmazott technológia: Ribloc Expanda

2./ I. ker. Bem rakpart:

A rakparton lévő szelvényben – 7,50 méter feletti dunai vízállásnál – erőteljes infiltráció jelentkezett, ezért a 2013-as árvíz levonulása után azonnal el kellett hárítani a hibát, azaz a teljes szakasz bélelésre került.





A csatorna építési éve:1930., szelvény: Ø 30 beton, mélysége: 2-3,5 m
Bélelés éve: 2013., Ø 30 mabe, hossz: 780 fm
Alkalmazott technológia: Ribloc Expanda

3./ XI. ker. Kelenhegyi u.:

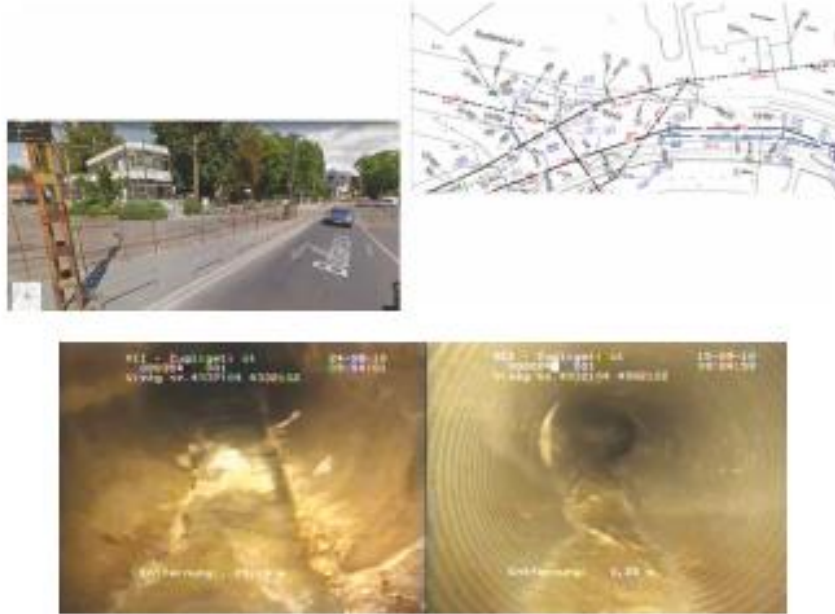
Vízbázis (gyógyforrás) védelme. A jelzett területen egy nagyméretű, egyesített szelvény halad keresztül. A tökéletes vízzáróság biztosítása érdekében a csatorna bélelésre került.



A csatorna építési éve:1962., szelvény: 120/180 szekrény, beton+tégla, mélysége: 5-6,5 m
Bélelés éve: 2011., 110/168 mabe, hossz: 165 fm
Alkalmazott technológia: SPR

4./ XII. ker. Zugligeti u.:

Csúszásveszélyes terület + mechanikai korrózió által kimosódott a csatorna folyásfeneke. 3-4 méterenként 0.4-1.5(!) méter mély üregek voltak a vízfolyás alatt. A kritikus csatorna egy villamos remíz bejárata előtt húzódik, ezért csak a béleléses technológia jöhetett számításba.



A csatorna építési éve: 1927., szelvény: Ø 135 beton, mélysége: 5 m
 Bélelés éve: 2010., Ø 115 mabe, hossz: 30 fm
 Alkalmazott technológia: SPR

5/ XVI. ker. Suba u.:

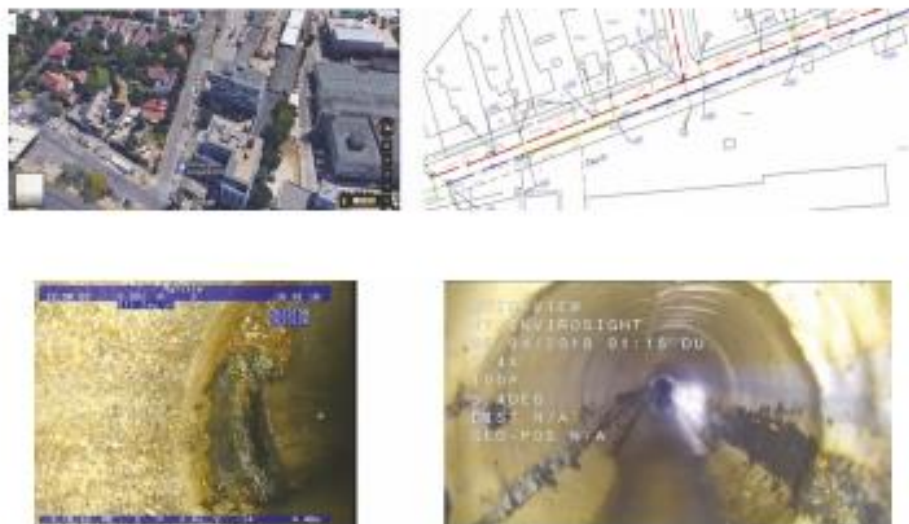
A PE haszoncsőből készült vasút alatti átvezetésnek a hegesztett kötésesei megsérültek. A töltés védelme érdekében a szakasz lágy béleléssel lett átépítve, melybe egy optikai vezetéknek is jutott hely a speciálisan erre a célra készített tömlőben.



A csatorna építési éve: 2000., szelvény: Ø 30 pe, mélysége: 2,5m
 Bélelés éve: 2015., Ø 30 mabe, hossz: 28,2 fm
 Alkalmazott technológia: SOLTA@LINER XTRA

6./ III. ker. Zay u.:

Szennyezett talajvíz elleni védelem miatti bélelés történt a beton csatornában. Az agresszív talajvíz a csökötéseknél befolyt és olajszarmazékot hozott a szelvénybe, ennek következtében az utcákban és az ingatlanokban folyamatos bűzhatás volt érezhető. A szakaszok bélelése után megszűnt az infiltráció és ezáltal a bűdös is.



A csatorna építési éve: 1970., szelvény: Ø 30 beton, mélysége: 4-4,5m
Bélelés éve: 2018., Ø 30 mabe, hossz: 95 fm
Alkalmazott technológia: Nordipipe (tömlőzés)

7./ XIII. ker. Pozsonyi u.:

A csatornavizsgálat során a szelvény boltozati részén egy többszáz méter hosszúságú, hosszirányú repedést észleltünk, mely kezdetben 1-1,5 cm széles volt, majd rövid idő alatt (1-2 év) 3-5 cm szélesre nyílt. Az egyesített csatorna nagysága és mélysége, továbbá a szűk és zsúfolt, frekventált lakókörnyezet indokolta a bélelési technológiát, mellyel rövid idő alatt sikerült a rekonstrukciót végrehajtani.





A csatorna építési éve: 1905-07., szelvény: 140/210 t beton, mélysége: 5-8m
Bélelés éve: 2014, 126/186 t mabe, hossz: 668 fm
Alkalmazott technológia: SPR

Kivitelezés időtartama: 4 hónap folyamatos csatornaüzemelés alatt történt a bélelés, szakaszokra bontva, szennyvízátemeléssel.
A felhasznált PVC tekercs hossza: 35 km
Az injektáló anyag mennyisége: 350 tonna!

Az Agriapipe Kft. által használt a Budapesti csatornahálózatban alkalmazott bélelési technológiák 2009-2017. közötti megoszlása:

Rotaloc:	273 fm
Expanda:	6237fm
SPR:	903 fm
CIPP tömlő:	2594 fm, ebből 273 fm a bekötések hossza.
Összesen megépült 10 007 fm, mely idáig hibátlanul működik.	

A bélelés, mint csatornarekonstrukciós technológia, ugyan nem mindenre gyógyszer, de ha bevesszük akkor biztosan hat!



Hornák Rudolf a Fővárosi Vízművek Zrt. Hálózatüzemeltetési Osztály osztályvezetője.

Gépészmérnökként végzett, 1994 óta a Fővárosi Vízművek Zrt munkavállalója. A közel 25 év alatt számos pozíciót töltött be a Társaságnál, de mindvégig az ivóvíz csőhálózat közelében igazi „csővesként” dolgozott. 2006 óta a Hálózatüzemeltetési Osztály vezetője.

Alkalmazott NO-DIG technológiák üzemeltetési tapasztalatai a Fővárosi Vízműveknél

Vázlat

1	NO-DIG technológiákkal felújított vezetékszakaszok a Fővárosi Vízművek által üzemeltetett hálózaton.....	3
1.1	Korai évek.....	3
1.2	1995-2015 időszak.....	4
1.2.1	1995-2003.....	5
1.2.2	2004-2008.....	5
1.2.3	2010-2015.....	7
2	Tervezési irányelvek – a műszaki megoldás kiválasztása.....	8
2.1	Jellemzően alkalmazott technológiák változásának okai	8
2.2	Döntési fa.....	9
3	Üzemeltetési tapasztalatok	10
3.1	Tényadatok	10
3.2	Meghibásodások	10
3.3	Felújítási technológiák üzemeltethetősége	10
4	Összefoglaló	11

1 NO-DIG technológiákkal felújított vezetékszakaszok a Fővárosi Vízművek által üzemeltetett hálózaton

A Fővárosi Vízművek az északi és déli termelő területeken lévő termelési vezetékekkel együtt több mint 5700 km ivóvízhálózatot üzemeltet. Ebből az ivóvíz nyomóhálózat (főnyomó-, gerinc, elosztó vezetékek) hossza több mint 5300 km. A vezetékhalózat a 150 éves Fővárosi Vízművek történetében fokozatosan épült ki, fejlődött, ebből adódóan mind a vezetékszakaszok kora, mind anyaguk széles variációban változik.

A vezetékhalózat átlagos életkora a hossz függvényében 44 év, anyageloszlása az alábbiak szerint alakul jelenleg:



A vezetékhalózat átmérőtartománya DN80-DN1800 mm közé esik.

Ezen a változatos korú és anyagú és átmérőjű vezetékhalózat ismervé Budapest főváros beépítettségét, a közműhalózat sűrűségét, a közterületek, közutak forgalmi terhelését a felmerülő meghibásodások javítása mellett kiemelten fontos egy átgondolt, több szempontból optimalizált hatékony felújítási, rekonstrukciós tervezési program megléte. A tervezés során fontos szempont, hogy egy adott vezetékszakasz felújítása, rekonstrukciója, cseréje elvégezhető-e kitarakás nélküli technológia alkalmazásával.

1.1 Korai évek

A Fővárosi Vízművek régóta alkalmazza a kitakarás nélküli technológiát. A „Balparti ikercsatorna” felújítása során az 1902-ben megépített DN1300-1500 mm-es beton anyagú gravitációs termelési vezetékbe DN1000-1250 mm-es ÜPE (üvegszálalás poliészter) cső került behúzásra 1981-82-ben összességében közel 1,3 km hosszban.

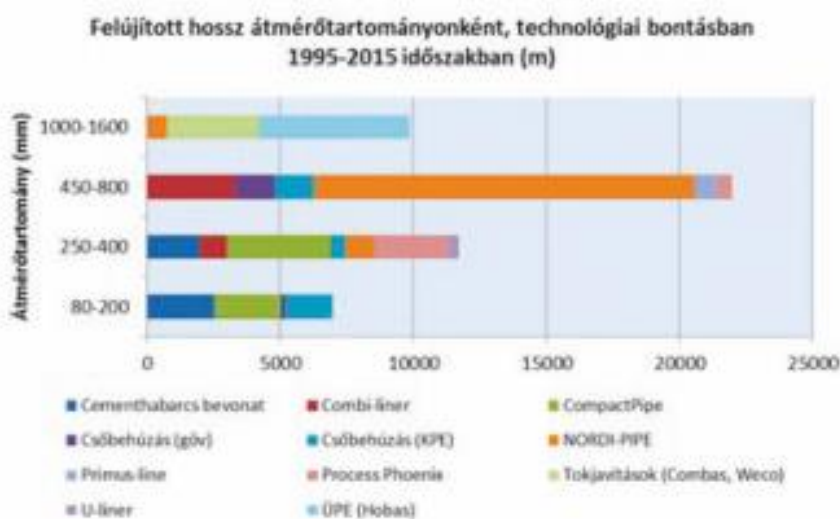


1.2 1995-2015 időszak

A kitakarás nélküli csőfelújítási technológiák megjelenése és elterjedése az 1990-es években gyorsult fel. A Fővárosi Vízművek a kezdetektől fogva nyitott volt az ilyen jellegű technológiák kipróbálására, alkalmazására. Az 1995-2015 közötti időszakban több mint 50 km vezetékhalózat felújítása történt meg kitakarás nélküli technológia alkalmazásával. Az időszakot a jellemzően alkalmazott technológiák alapján három jellemző részre lehet felbontani az alábbiak szerint:

Időszak	Technológia	Felújított hossz (m)	Felújított hossz (m)
1995-2003	Cementhabarcs bevonat	4 460	11 450
	Process Phoenix	3 150	
	Tokjavítások (Combas, Weco)	3 430	
	U-liner	410	
2004-2008	Combi-liner	4 340	33 660
	CompactPipe	3 680	
	Csőbehúzás (KPE)	2 770	
	NORDI-PIPE	16 140	
	Primus-line	820	
	Process Phoenix	240	
	ÜPE (Hobas)	5 670	
2010-2015	CompactPipe	2 690	5 630
	Csőbehúzás (göv)	1 700	
	Csőbehúzás (KPE)	1 030	
	Poliészter	210	
Összesen		50 740	50 740

Az alkalmazott technológiák átmérőtartomány szerinti csoportosítását az alábbi diagram szemlélteti:



Megfigyelhető, hogy kisebb átmérőtartományban (DN80-200 mm) a cementhabarcs bevonatos, a CompactPipe, illetve a KPE csőbehúzásos technológiákat alkalmaztuk jellemzően az 1995-2015 időszakban. DN250-400 mm átmérőtartományban jellemzően a cementhabarcs bevonatos a CompactPipe illetve a Process Phoenix technológiát, DN450-800 átmérőtartományban jellemzően a Combi-Líner és a NordiPipe technológiát, nagy átmérőtartományban (DN1000-1600 mm) pedig lokális tokjavításokat, illetve ÚPE csőbehúzást alkalmaztunk.

1.2.1 1995-2003

1995-2003 közötti időszakban adott technológia volt a cementhabarcs béleléses felújítás. Elsősorban fém anyagú és statikailag ép állapotú csőre és kevés leágazás, bekötés esetén volt alkalmas. A kiválasztott vezetésekről ki kellett derülnie, hogy statikailag lehet a csőfalra számítani.

Ilyen technológiával került felújításra többek között a XXI. kerület Kossuth Lajos utcában 1995-ben az 1950-ben üzembe helyezett DN400 mm-es öntöttvas vezeték ~500 m hosszban, vagy a XIX. kerület Hungária úton 1999-ben a szintén 1950-ben üzembe helyezett DN400 acél vezeték ~1,3 km hosszban. De végeztünk felújítást cementhabarcs béleléses technológiával 2000-ben a XVIII. kerületben DN80-200 mm átmérő tartományú elosztóvezetéseken 2,5 km hosszban.

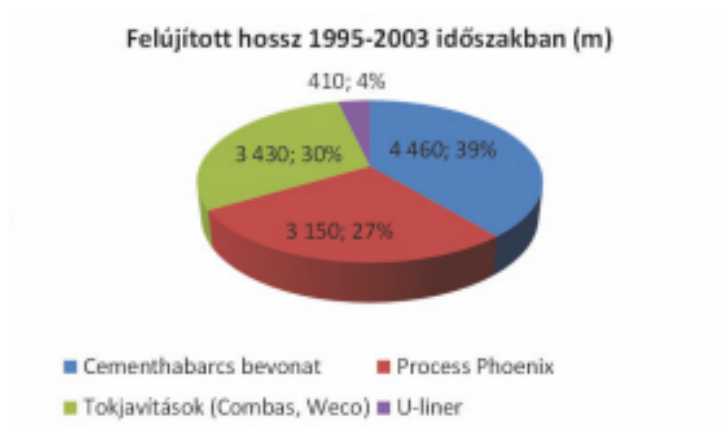
A Hungária úti felújítást követően két évvel 2001-ben ellenőrző feltárásokat végeztünk a DN400 mm-es vezetéken és kiváló tapadást és felületet tapasztaltunk a cementhabarcs bevonaton.

A Process Phoenix béleléses eljárást Társaságunk első ízben próbaképpen 1997-ben alkalmazta egy rövid szakaszon a XVIII. kerület Ráday Gedeon utcai DN400 mm-es acél vezetéken mindössze 50 m hosszban. De ezt követően 1999-ben a VIII. kerület Kőbányai úton, Orczy téren, Baross utcában húzódó 1869-ben üzembe helyezett DN500 mm-es belvárosi gerincvezeték ezen béleléses technológiával került felújításra összességében ~350 m hosszban. Valamint a II. kerület Nyéki úton és a Völgy utcában húzódó 1984-ben üzembe

helyezett DN400 mm-es azbesztcement vezeték is így került felújításra 370 m hosszban. Ez a munka 2000-ben folytatódott a Völgy utcában további 760 m felújításával.

A béleléses technológiák mellett a DN1200 mm-es Észak-budai III-as sentab anyagú főnyomó vezetéken a III. kerület Kossuth Lajos üdülparkon 3,4 km-es szakaszon a sentab tokok belső megerősítő felújítását végeztük el WECO gyűrűk beépítésével 1998-ban. 2002-ben került sor a II. kerület Budakeszi úton az 1882-ben üzembe helyezett DN300 mm-es öntöttvas vezeték felújításra szintén Process Phoenix béleléses eljárással összességében több mint 1,6 km hosszban.

Az alkalmazott technológiák megoszlása az 1995-2003 közötti időszakban az alábbiak szerint alakult:



A Process Phoenix technológia esetén a Budakeszi úti bélelés volt a „vízválasztó” tanulság. Itt a műszaki kiírásban azt kértük, hogy a statikailag bizonytalan falú DN300 mm-es öntöttvas vezeték bélelése védje meg a csövet a „széteséstől”, bírja a magas nyomást (16 bar egy szakaszon) és a Budakeszi úti gépház lengései ellen is védjen. Mivel a tömlő csak kb.12 bar nyomásig volt megfelelő, biztonságból dupla bélelést ajánlott meg a kivitelező a 16 bar-os szakaszra. A technológia „zsalunak” tekinti a régi csövet, tehát átad a terhelésből valamennyit. Az kivitelezés átadásának siettetése miatt egységesen 16 bar nyomáspróba volt a teljes szakaszra, így a 10 bar-os rész szimpla tömlője „természetesen” szétrepedt a csövel együtt.

1.2.2 2004-2008

A fent leírt Budakeszi úti eset tanulsága alapján egyrészt keresnünk kellett olyan tömlős megoldást, ami önmagában önhordó lesz kikeményedés után, szinte semmi terhet nem ad át a régi csőnek, külön önálló csőnek tekinthető akkor is, ha a külső cső teljesen elveszíti mechanikai szilárdságát. Így került képbe először a CombiLiner technológia majd a NordiPipe, amely gyakorlatilag önálló csőként funkcionál kikeményedés után. Ezzel a technológiával béleltük végig pl. az Észak-budai I-es DN 800 mm-es főnyomó vezetékét.

Másrészről a 2000-es évek elején 2001-2003 között több robbanásszerű, nagy károkozással járó csőtörés történt nagytérű főnyomó vezetéseken, amelynek következtében a Fővárosi Vízművek egy átfogó nagytérű rekonstrukciós programot indított a kockázatosabbnak minősített csővezeték szakaszokra. Ennek köszönhetően a kitakarás nélküli csőfelújítási eljárások is fokozottan előtérbe kerültek, mivel a gazdaságosság mellett az érintett nagytérű vezeték elhelyezkedése miatt a kivitelezés során a környezetre, a közlekedésre gyakorolt hatás is erőteljesen előtérbe került.

Ebben az időszakban került felújításra többek között Nordipipe technológiával a II-III. kerületben a fent említett Észak-budai I-es DN 800 mm-es, 1930-as években üzembe helyezett, öntöttvas anyagú főnyomó vezeték 2004-2005-ben több mint 8,6 km hosszban, mely felújítás folytatódott az I. Krisztina körúton és a III. kerület Bécsi úton 2006-2007-ben további 3 km felújításával.



A NordiPipe technológia mellett jelentősebb vezeték felújítások történtek Combi-liner technológiával és a CompactPipe technológia alkalmazásával.

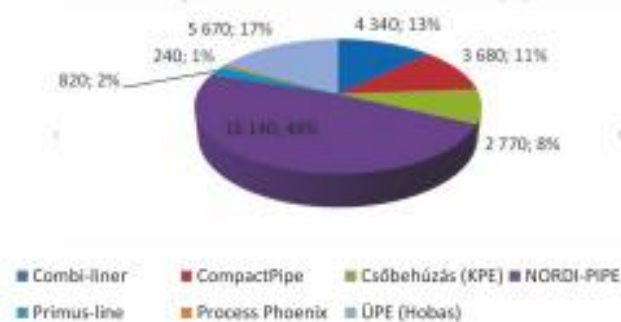
Combi-liner technológiával újult meg többek között több belvárosi főnyomó és gerincevezeték DN500-800 mm átmérőtartományban több mint 1,1 km hosszban, vagy a VIII. kerület Baross utcában az 1869-ben, illetve 1898-ban üzembe helyezett DN500 mm-es öntöttvas vezeték több mint 1,6 km hosszban 2004-ben és 2005-ben.

CompactPipe technológiával lett felújítva többek között a VII. kerület Rottenbiller utcában az 1971-ben üzembe helyezett DN200 mm-es azbesztcement vezeték 2005-ben közel 400 m hosszban, vagy a Pesti alsó rakparton a DN300 mm-es vezeték 2006-ban több mint 1,6 km hosszban.



Az alkalmazott technológiák megoszlása az 2004-2008 közötti időszakban az alábbiak szerint alakult:

Felújított hossz 2004-2008 időszakban (m)



Részen a technológia továbbfejlődése, részben a belső műszaki igények, részben egyes technológiáknál felmerült későbbi meghibásodás (bár kis számban, de előfordult, részben egyértelműen anyaghibára visszavezethető hiba) miatt a későbbiekben az átmérő csökkentést „elbíró” nagyobb vezetékknél már elsősorban a „biztosan új csőként” funkcionáló csőbehúzási technológiákat használtuk. Kisebb átmérőkben pedig a szoros illeszkedésű KPE anyagú felújítási technológiát.

1.2.3 2010-2015

2010-re a 2004-ben indított nagyátmérőjű rekonstrukciós program fő elemei megvalósultak ezekben az években a beruházási tervben már a kisebb átmérőjű, de állapotuk alapján szintén rekonstrukcióra megérett vezetékszakaszok is előtérbe kerülhettek. A kitakarás nélküli technológiák alkalmazásában CompactPipe technológia és a gömbgrafitos öntöttvas vagy KPE csőbehúzásos technológia alkalmazása kerül előtérbe.

CompactPipe technológiával került felújításra többek között 2010-ben a III. kerületben Békásmegyeren DN150 és DN200 mm-es átmérőkben közel 500 m hosszban, a X. kerületben

a Zágrábi és Szárnyas utcákban DN200 mm-es átmérőben több mint 1 km hosszban vezetékszakasz, 2011-ben a XI-XII. kerület Korompai utcában DN400 mm-es átmérőben közel 500 m hosszban, és a XVIII. kerület Felsőcsatári úton DN400 mm-es átmérőben 670 m hosszban vezetékszakasz.

KPE cső behúzásával újítottuk fel többek között 2011-ben a XI. kerület Szent Gellért rakparton a DN250 mm-es öntöttvas vezetékét. 300 m hosszban DN200 mm-es KPE cső került behúzásra.

Gömbgrafitos öntöttvas cső behúzása történt 2011-ben a III. kerület Dereglye utcában. Itt a DN800 mm-es öntöttvas vezetékbe DN600 mm-es göv. cső került behúzásra 200 m hosszban.



2013-ban a XI. kerület Orlay utcában a korábbi DN1000 mm-es sántab anyagú vezetékbe DN800 mm-es göv. cső került behúzásra ~300 m hosszban.



2014-ben a II. kerület Árpád fejedelem útján az Észak-budai DN800 mm-es II. főnyomó vezeték egy ~700 mm-es szakaszába DN600 mm-es göv cső került behúzásra. 2015-ben pedig a I-XII. kerület Krisztina körút, Vérmező út nyomvonalon került felújításra DN800 göv cső behúzással ~450 m hosszban a korábbi vezeték.

A fenti példákkal felsorolt technológiák mellett a Fővárosi Vízművek további kitakarás nélküli megoldást is kipróbált, alkalmazott. 1997-ben a XXI. kerület Petz Ferenc utcában 1981-ben üzembe helyezett DN300 PVC cső felújítása történt meg U-liner technológiával 410 m hosszban. 2006-ban a Primus-line technológiát próbáltuk ki a XIX. kerület Kolozsvár utcában. Itt az 1950-ben üzembe helyezett öntöttvas vezeték felújítása történt meg ~720 m hosszban.

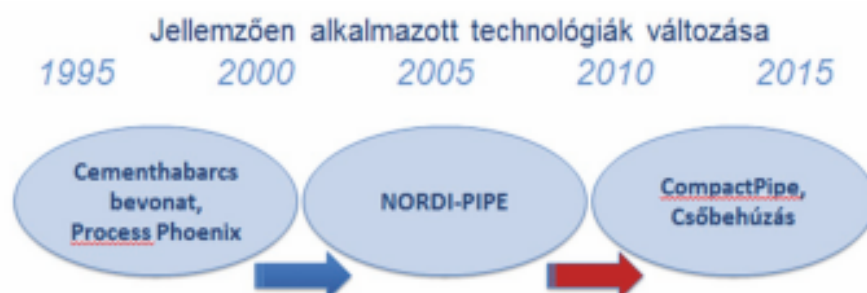
2 Tervezési irányelvek – a műszaki megoldás kiválasztása

2.1 Jellemzően alkalmazott technológiák változásának okai

Az 1995-2015 közötti időszakban a Fővárosi Vízműveknél alkalmazott kitakarás nélküli technológiák több okból is változtak:

- + folyamatosan jelentek meg a piacon új, korszerűbb technológiák,
- + megnövekedett az igény a „biztosan új csőként” funkcionáló csőfelújítási technológia iránt, önmagában önhordó új cső lett az igény, amely szinte semmi terhet nem ad át a régi csőnek, külön önálló csőnek tekinthető akkor is, ha a külső cső teljesen elveszti szilárdságát,
 - o a több mint 80 éves átlagéletkorú öntöttvas, és a közel 49 éves átlagéletkorú azbesztcement anyagú csővezetésektől már nem várható el, hogy hosszú éveken át még teherhordó szerepet töltenek be,
 - o a statikailag bizonytalan falú vezeték bélelése esetén is védje meg a csövet a „széteséstől”, bírja a magas nyomást (akár 16 bar) és elviselje a nyomáslengéseket.

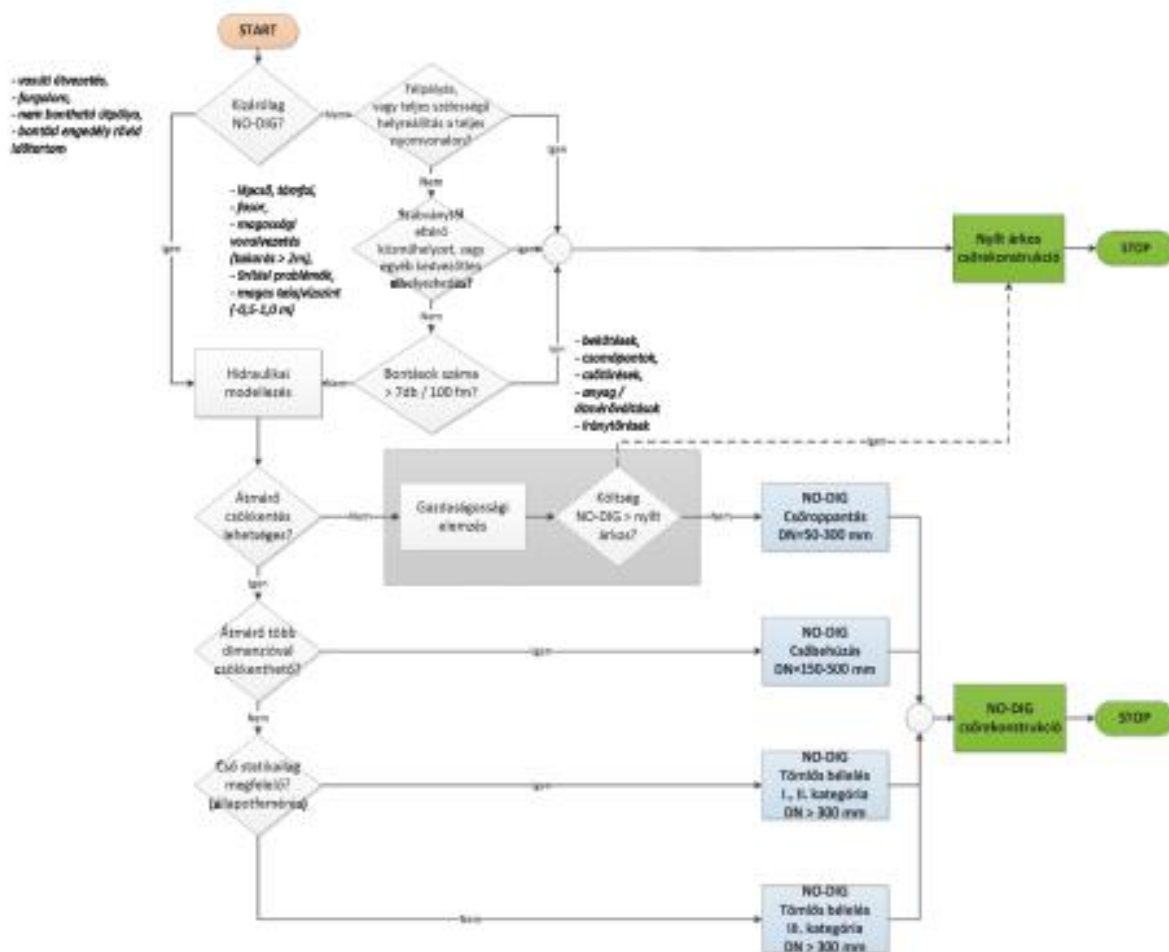
Ezek voltak a fő okai az 1995-2015 közötti időszakban az alábbiak szerint végbement technológiai „evolúciónak” mely a Fővárosi Vízművek által alkalmazott jellemző kitakarás nélküli technológiák esetében megtörtént.



2.2 Döntési fa

Az évek során a rekonstrukciós tervezés során kialakítottunk a döntésmechanizmust, amely a számos műszaki és gazdaságossági szempontok mérlegelése alapján az optimális és hatékony csőrekonstrukciós technológia kiválasztását támogatta és támogatja jelenleg is.

A Fővárosi Vízművek által döntési fa az alábbiak szerint épül fel:



A rekonstrukciós technológia során többek között figyelembe vesszünk környezeti körülményeket, a kivitelezés közlekedésre gyakorolt hatását, bontási tilalmas útszakaszokat, a burkolat helyreállításra vonatkozó előírásokat, a közműhelyzetet, a rekonstrukcióra szánt vezetékszakas elhelyezkedését, üzemeltetési szempontokat, illetve speciális közterületi objektumok jelenlétét, a vezetékszakasról működő leágazások számát.

Mindemellett vizsgáljuk az átmérőcsökkentés lehetőségét. A Fővárosi Vízművek által üzemeltetett ivóvíz hálózat az 1980-as évek csúcsvízfogyasztásaira lett méretezve, kialakítva, amelyhez képest az átlagos vízfogyasztás napjainkban a felére csökkent. Ebből adódóan – legfőképpen a főnyomó, illetve gerincvezetékek – a vezetékhálózat jelenleg túlméretezett, a jelenlegi lecsökkent vízfogyasztások miatt a vízáram lelassult, ami miatt a másodlagos vízszennyező források megjelenésének kockázata megnövekedett. Minden nagyátmérőjű vezetékszakas rekonstrukciós tervezése során vizsgálni szükséges az átmérőcsökkentés lehetőségét. Az elosztó hálózatok esetében ez jellemzően nem alkalmazható a Fővárosi Vízművek által üzemeltetett ivóvízhálózatban, mivel itt a fogyasztás helyett a hálózaton elhelyezkedő tüztöltő vízforrások (tűzcsapok) által biztosítani szükséges oltóvíz igény dominál. A Fővárosi Vízművek által üzemeltetett ivóvíz hálózaton több mint 34 000 tűzcsap üzemel.

A műszaki szempontok mellett minden olyan esetben, ahol valamilyen kitarakás nélküli technológia alkalmazása szóba jöhet gazdaságossági elemzéssel kell összehasonlítani a No-

dig, illetve a nyíltárkos kivitelezés költségeit, és így kerül kiválasztásra a műszaki és gazdaságossági szempontok alapján legelőnyösebb rekonstrukciós technológia.

3 Üzemeltetési tapasztalatok

A Fővárosi Vízművek a több mint 5 300 km hosszú ivóvíz nyomóhálózaton éves szinten átlagosan 1 000 db csősérülést hárít el. Ehhez a csőtörés számhoz képest az 1995-2015 között kitarakás nélküli technológiával felújított vezetékszakaszokon elenyésző számú meghibásodás jelentkezett. Mindazonáltal viszont az átlagos 1 000 db csőtörés egy több mint 44 éves átlagéletkorú vízellátó rendszeren merül fel éves szinten, ehhez képest a kitarakás nélküli technológiával felújított vezetékszakaszok még nincsenek 25 évesek.

3.1 Tényadatok

20 év alatt 67 helyszínen 50 km felújítás történt kitarakás nélküli technológiával. A 67 helyszínből 7 helyen (10%) volt a felújítást követően meghibásodás. A meghibásodások az alábbi technológiákkal felújított vezetékszakaszokon jelentkeztek:

- + 1 db Combi-liner felújításon,
- + 1 db KPE csőbehúzást követően,
- + 4 db NORDI-PIPE felújítást követően,
- + 1 db tokjavítást követően.

3.2 Meghibásodások

A III. kerület Kossuth Lajos üdülőparton az 1998-ban belülről Weco-zott tok folyósodott meg 2009-ben. A hiba oka szerelési hiba, nem volt kitöltve belülről a toknál lévő hézag.

A XI. kerület Budaörsi úton Combi-liner technológiával 2004-ben felújított vezetéken tömlőhiba (szita) jellegű lyukadás keletkezett.

A X. kerület Harmat utcában 2004-ben KPE csőbehúzással felújított cső hibásodott meg 2011-ben. A KPE cső tompahegesztése elengedett.

A III. Szentendrei úton a 2005-ben NORDI-PIPE technológiával felújított vezetéken a felújítás során a Pók utcai vasúti híd alatti tolózár áthelyezésre került, a berakott göv. anyagú csőpótlás nem lett idomozva (Express-U), hanem csak tengelybe lett állítva és átbéelve. A magas Duna vízszint okozta talajmozgás megrogyasztotta a munkagödört, a cső megsüllyedt, és elnyírta a bélésűcsövet.

Az I-XII. kerület Krisztina körút, Kék Golyó utca nyomvonalon NORDI-PIPE technológiával 2006-ban felújított vezetéken valószínűleg a tömlő gyártási hibájából adódó lyukadás/repedés keletkezett.

A III. kerület Királyok útján szintén NORDI-PIPE technológiával 2006-ban felújított vezetéken valószínűleg a tömlő gyártási hibájából adódó lyukadás/repedés keletkezett.

A III. kerület Bécsi úton szintén NORDI-PIPE technológiával 2007-ben felújított vezetéken valószínűleg a tömlő gyártási hibájából adódó lyukadás/repedés keletkezett.

A fenti felsorolásból is látszik, hogy az esetek közül 3 alkalommal egyértelműen szerelési hibára vezethető vissza a meghibásodás.

A Combi-liner technológiával 2004-ben felújított vezetéken felmerült tömlőhiba egyértelműen anyaghiba volt.

A NORDI-PIPE technológiával felújított vezetékeken felmerült tömlő lyukadás/repedés eredetét egyértelmű okra nem tudtuk visszavezetni. Elképzelhető gyártáskori anyaghiba, de a szállítás, illetve a kivitelezés során is felmerülhetett olyan káros beavatkozás, amely a tömlő későbbi lyukadásához/repedéséhez vezetett.

Egyértelmű üzenete a fenti meghibásodásoknak, hogy akár nyíltárkos, akár kitakarás nélküli technológia kerül alkalmazásra a technológiai fegyelem, a szerelési utasítások pontos betartása nagyon fontosak a kivitelezés során.

3.3 Felújítási technológiák üzemeltethetősége

Az elmúlt 25 évben kitakarás nélküli technológiával felújított vezetékszakaszok üzemeltetési tapasztalatainak leglényegesebb elemei a következők:

- + a cementhabarcs bevonat tartósnak és jól tapadónak mutatkozik, továbbá természetes anyag,
- + a close-fit technológiák (U-liner, CP-liner, Omega-liner előzetesen „nagyon meggyötrik” a cső anyagát, ami vitatottá teszi az élettartamot, bár a legutóbbi időben erre vonatkozóan elvégzett tesztek megnyugtató eredményeket hoznak a cső élettartamára vonatkozóan,
- + jellemzően nincs kiforrott, komplett javítástechnológia, arra alkalmas eszköz (régie cső lefejtés, béléscső kötése, megfűrés készítés, stb.), erre vonatkozólag napjainkban kezdenek csak megjelenni anyagok, eszközök,
- + kitakarás nélküli felújítás esetén a régi cső elhelyezkedése adottság, kedvezőtlen nyomvonal esetén ezt konzerváljuk (pl. kis szögű közműkeresztezés),
- + meghibásodás esetén a hiba helyének lokalizálása problémás.

4 Összefoglaló

A kitakarás nélküli csőfelújítási technológiák számos helyzetben nyújtanak előnyös műszaki megoldást, amellett, hogy jól megválasztott helyszíneken, vezetékszakaszok esetében gazdaságilag is előnyös választás lehet. A megfelelő technológia körültekintő tervezést igényel, de „kényes” helyzetekben (pl.: HÉV, MÁV, villamos sínek, folyómeder alatti átvezetés) gyors, és költséghatékony javítási/felújítási lehetőség.

A nyílt árkos, vagy kitakarás nélküli technológia kérdésének eldöntésére mindig fontos elem a tervezés során a gazdaságossági elemzés.

Amennyiben fontos, és ez jellemzően mindig fontos, hogy „biztosan új csöként” funkcionáló csőbehúzási technológiát alkalmazzunk, akkor nagyméretben a tömlős bélelések közül pl. a NordiPipe technológia az egyik legalkalmasabb jelenleg a Fővárosi Vízművek által alkalmazott technológia, kisebb átméretben pedig valamilyen szoros illeszkedésű (close-fit) technológia (pl. CompactPipe) lehet a legalkalmasabb.

Amennyiben az átméret csökkentés elfogadott (vagy ivóvíz-biztonsági okok miatt akár kívánatos), akkor Társaságunk elsősorban valamilyen csőbehúzási technológiát alkalmaz.



Dr. Budai Péter
adjunktus
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki
Tanszék



Dr. Fülöp Roland
adjunktus
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki
Tanszék

Kitakarás nélküli vezeték rekonstrukció a környezetvédelem tükrében

A kitakarás nélküli vezeték felújításokat a zöld – azaz környezetbarát – technológiák közé sorolhatjuk. Ezen technológiák általános jellemzője, hogy a környezetükre és a természeti erőforrásokra mérsékelt hatással járnak: kevesebb káros hatásuk van az emberekre, valamint az állat- és növényvilágra. Elhasználódott vezetékhálózatunkat a kitakarás nélküli technológiák segítségével felelősen, költséghatékonyan és nem utolsó sorban gyorsan lehet felújítani a jövő nemzedékek számára; tervezési élettartamuk ugyanis összehasonlítható a hagyományos építési módokkal. Általános jellemzőik:

- + A környező lakó és kereskedelmi létesítményeknek minimális zavarása
- + Gyorsabb kivitelezés
- + Karbon lábnyom (azaz a klímaváltozásban szerepet játszó gázok kibocsátásának) csökkentése
- + Környezetvédelmi szempontból értékes területek védelme (folyók, vízfolyások, zöldfolyosók)

A megvalósítandó rekonstrukciós technológia kiválasztása során a költségek mellett azokat a környezetre gyakorolt hatásokat is érdemes vizsgálni, amelyek mint közvetett költségek (externális gazdasági hatások) jelentkeznek az élet más területein (**1. ábra**). Bizonyos esetben egy nyílt árkos vezetéképítési módnál a közvetett költségek összege akár a direkt építési költségekkel megegyező lehet (Ormsby, 2009).



1. ábra. Építőipari tevékenységek externális hatásai (forrás: Apeldoorn S)

A szennyezőanyag kibocsátások közül az alábbiakra irányul a legnagyobb figyelem:

- szálló por / PM10 (földmunka, motorok)
- NO_x, C_xH_y (motorok, kapcsolt emissziók)
- üvegházhatású gázok: CO₂, CH₄ stb. (motorok, kapcsolt emissziók)

A legtöbb esetben a kitarítás nélküli technológiák környezeti terhelése jóval alacsonyabb a hagyományos építési módszereknél. A legnagyobb környezeti terhelést a beépítendő anyag előállítása eredményezi. Vahidi és munkatársai (2016) számításai szerint pl. 1 km hosszú DN 500 átmérőjű új csővezeték előállítása az alábbi környezetterhelésekkel jár (**2. táblázat**):

Környezeti hatás kategória	Mértékegység	Vasbeton	Duktil	ÜPE	PVC	HDPE	Kőagyag
Ózonréteg csökkenés	kg CFC-11 egyenérték	2,65*10 ⁻³	1,18*10 ⁻²	8,21*10 ⁻³	2,79*10 ⁻³	6,44*10 ⁻³	9,75*10 ⁻³
Globális felmelegedés	kg CO ₂ egyenérték	8,89*10 ⁴	3,89*10 ⁵	1,45*10 ⁵	1,62*10 ⁵	1,55*10 ⁵	1,70*10 ⁵
Szmogképződés	kg O ₃ egyenérték	6,18*10 ³	2,46*10 ⁴	1,26*10 ⁴	9,69*10 ³	7,10*10 ³	8,29*10 ³
Savasodás	kg SO ₂ egyenérték	3,63*10 ²	2,37*10 ³	1,01*10 ³	6,14*10 ²	4,99*10 ²	9,99*10 ²
Eutrofizáció	kg N egyenérték	1,30*10 ⁷	6,77*10 ⁷	3,57*10 ⁷	1,81*10 ⁷	3,38*10 ⁷	6,12*10 ⁷
Légúti megbetegedések	kg PM2,5 egyenérték	4,80*10 ⁴	4,00*10 ²	1,29*10 ²	5,88*10 ⁴	5,25*10 ¹	1,01*10 ²

2. táblázat. 1 km közművezeték anyagának előállításához kapcsolódó környezeti hatások (Vahidi és munkatársai, 2016)

A kitakarás nélküli rekonstrukciós technológiák egyik előnye, hogy a strukturális szempontból még hasznosítható régi csövek kibélelése fajlagosan kevesebb anyagszükséglettel jár, ezáltal – gyakorlatilag még a kivitelezési munkálatok megkezdése előtt – komoly csökkenés érhető el a környezetterhelésben.

Emellett a kivitelezési fázis során is kedvezőbbnek bizonyulnak a no-dig módszerek. Loss és munkatársai (2018) DN 200 és DN 500 átmérőjű azbesztcement és öntöttvas vízvezeték csövek rekonstrukcióját vizsgálták nyílt árkos és csőroppantásos (pipe bursting) technológiával. Eredményeik szerint a kitakarás nélküli módszernek 50-65 %-kal kisebb a karbon lábnyoma a hagyományos megoldáshoz viszonyítva. Beale és munkatársai (2013) DN 200 átmérőjű vízvezeték csövek rekonstrukcióját vizsgálták 1,5 m fektetési mélységben nyílt árkos, valamint csőroppantásos és csőbehúzásos (sliplining) és technológiával. Elemzésük szerint az utóbbiak esetében rendre 74 és 81 százaléknyi karbon lábnyom csökkenés érhető el a kivitelezés során. Hasonló következtetésekre jutott Sihabuddin és Ariaratnam (2009) konkrét projektek adataiból kiindulva (**3. táblázat**):

	C _x H _y	CO	NO _x	PM	CO ₂	SO ₂
	kg/km					
nyílt árkos	14,9	67	193	7,4	29317	52
csőroppantás	10,4	40	118	6,8	16899	34
környezeti hatás csökkenés	30%	40%	39%	9%	42%	35%

3. táblázat. Csőroppantásos és nyílt árkos közművezeték rekonstrukció munkálatai során fellépő környezeti hatások (Sihabuddin és Ariaratnam, 2009)

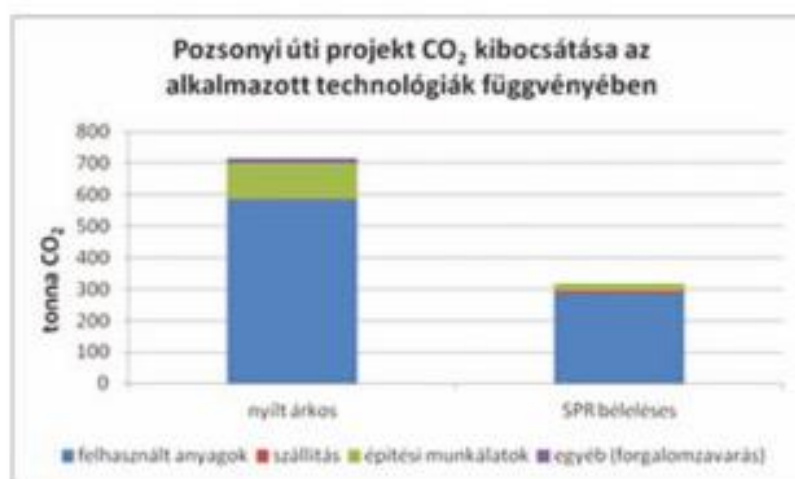
Vladimirov (2011) szintén egy konkrét projekt adatainak tükrében mutatta ki a kitakarás nélküli vezetéképítés környezeti előnyét a nyílt árkos módszerrel szemben. Varsó 2010-ben létesített új szennyvíz főgyűjtőjének (DN 2800) kialakítása több mint négyszer annyi CO₂-kibocsátással járt volna nyílt árkos telepítés esetén, mint a végül megvalósult no-dig eljárással. Az elemzés érdekessége, hogy külön kitért a közúti járműforgalom zavarásából fakadó kibocsátásokra is (a vezeték nyomvonala részben egy 2x3 sávú út alatt vezet), melynél hasonló arányú – 3,5-szeres – különbség adódott a kitakarás nélküli építési technológia javára.

Muraoka és Wada (2008) életciklus-elemzése az alapanyag-gyártás, helyszínrre szállítás és beépítés fázisaihoz köthető energiafogyasztás mellett kitért a járulékos CO₂, NO_x, ill. SO₂ emissziókra is. Esettanulmányukban kétféle átmérőjű (DN 400 és DN 600) betoncső rekonstrukcióját vizsgálták 50 m hosszú szakaszon, a következő technológiákkal: helyszínen kikeményedő tömlőzéses eljárás (CIPP), csőbehúzás, spiráltekercseléses csőbélézés (SPR), valamint hagyományos nyílt árkos módszer. Eredményeiket a **4. táblázat** foglalja össze. Az egyes életciklus fázisok közötti arányokat vizsgálva a szerzők megállapították továbbá, hogy a környezeti hatások oroszlánrészét a gyártás és az építés teszi ki (a kibocsátások e két fázis közti megoszlása azonban csömérettől és technológiától függően változik). A tanulmányban vizsgált környezeti tényezőket összegezve a spiráltekercseléses bélelési technológia bizonyult a legkedvezőbbnek.

	DN 400				DN 600			
	Energiailgény	CO ₂	NO _x	SO ₂	Energiailgény	CO ₂	NO _x	SO ₂
	Mcal	kg	kg	kg	Mcal	kg	kg	kg
CIPP	14283	3679	4070	3254	25623	6524	6246	5471
behúzás	11484	3307	4211	3229	23409	6758	7759	6375
SPR	5088	1613	2977	1185	9985	3002	5459	2260
nyílt árkos	27719	6064	12791	8349	46345	9018	17723	12218

4. táblázat. Különböző kitakarás nélküli és nyílt árkos közművezeték rekonstrukciós technológiák környezeti hatásai „bölcsőtől az átadásig” jellegű életciklus-elemzés alapján (Muraoka és Wada, 2008)

A spiráltekercseléses csőfelújítási technológiával kapcsolatban rendelkezésre állnak hazai eredmények is. A Pozsonyi úti csatorna a budapesti csatornahálózat egyik rendkívül fontos főgyűjtője, amely a XX. század első éveiben épült. Egy ellenőrzés során az üzemeltető észlelte, hogy a helyenként 8-9 m mélyen fekvő boltozatban hosszirányú, folyamatos repedés alakult ki. Szakértői vizsgálatok arra a következtetésre jutottak, hogy a meghibásodás súlyos statikai problémához vezethet, ezért elkerülhetetlenné vált a felújítás, melynek a helyszín adottságaiból kifolyólag leginkább az SPR technológia felelt meg. A rekonstrukcióhoz köthető járulékos CO₂-kibocsátás alakulását a megvalósult kitakarás nélküli, illetve egy hipotetikus nyílt árkos eljárás esetére a **2. ábra** mutatja be. Látható, hogy a projekt megvalósítása során alkalmazott technológia karbon lábnyoma jelentősen kisebb. A kitakarás nélküli megoldás választása ebben az esetben mintegy 400 tonnányi CO₂ kibocsátását tette elkerülhetővé, ami közel 100 hektár erdőterület által éves szinten megkötött szén-dioxid mennyiségének felel meg.



2. ábra

Összegezve megállapítható, hogy a kitakarás nélküli technológiák alkalmazása általában jóval kisebb terhet jelent a környezet számára. A „no-dig” előnyei még inkább szembetűnőbbek sűrű, városias beépítésű területeken felmerülő rekonstrukciós igények esetén. A környezeti hatásokat befolyásoló számos paraméter miatt azonban nem lehet egy „minden helyzetben optimális” technológiát kijelölni – minden esetben célszerű előzetes tanulmányt készíteni a különböző lehetséges forgatókönyvekre.

Felhasznált irodalom:

Apeldoorn S: *Comparing the costs – trenchless versus traditional methods*, (New Zealand Councillor, Australasian Society for Trenchless Technology)

Beale D J, Marlow D R, Cook S: *Estimating the Cost and Carbon Impact of a Long Term Water Main Rehabilitation Strategy* (Water Resources Management, Vol. 27., pp. 3899-3910)

Loss A, Tonioolo S, Mazzi A, Manzardo A, Scipioni A: *LCA comparison of traditional open cut and pipe bursting systems for relining water pipelines* (Resources, Conservation and Recycling, Vol. 128, pp. 458-469)

Muraoka M és Wada Y: *Life Cycle Assessment of Sewer Rehabilitation Methods* (11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008)

Sihabuddin S és Ariaratnam S T: *Quantification of carbon footprint on underground utility projects* (Building a Sustainable Future – 2009 Construction Research Congress)

Vahidi E, Jin E, Das M, Singh M, Zhao F: *Environmental life cycle analysis of pipe materials for sewer systems* (Sustainable Cities and Society, Vol. 27, pp. 167-174)

Vladimirov V: *Comparison of CO₂ emissions from trenchless and open-cut installation methods. Installation of OD 3000 mm diameter pipes for Project Czajka, Warsaw, Poland*

Ormsby C: *A Framework for estimating the total cost of buried municipal infrastructure renewal projects*, McGill University, Montreal 2009



SZABADICS

alapítva: 1989

**A Szabadics Zrt. büszke rá, hogy
2018-ban is tehetett a környezet védelméért...**



Magyarország legkorszerűbb, akkreditált* szennyvízágazati laboratóriuma és mintavevő részlege

rövid határidővel vállal

- **szennyvíz,**
- **felszín alatti víz,**
- **szennyvíziszap,**
- **helyszíni kémiai**

rutinelemzéseket és
vizsgálatokat.

* A vizsgálólaboratórium az MSZ EN ISO/IEC 17025/2005 szabvány követelményei szerint, a Nemzeti Akkreditáló Hatóság által NAH-1-1333/2015 számon; a mintavevő részleg NAH-7-0016/2015 számon akkreditált.

A vizsgálólaboratórium és a mintavevő részleg magas szintű működését és szolgáltatásait a korszerű műszerezettség, valamint a jól és folyamatosan képzett, nagy gyakorlati tapasztalattal rendelkező szakembergárda garantálja.

Az aktuális árak és a mérési módszerek leírása az www.fcsm.hu weboldalon megtalálható.



**Fővárosi
Csatornázási Művek Zrt.**

**Környezetvédelmi Osztály
Laboratóriumi Csoport**

Cím: 1044 Budapest, Tímár u. 1.
Tel.: 272-3630 • E-mail: erdelyii@fcsm.hu
Honlap: www.fcsm.hu





“...ahol a No-Dig gyerekjáték”

Környezet- és költségkímélő zöld technológiák a csővezeték- hálózatok hosszútávú és biztonságos üzemeltetéséhez

Az elhasználódott, előregedett közműhálózatokban keletkező meghibásodások minimalizálása érdekében szükség van a rendszerek folyamatos ellenőrzésére és az időben elvégzett felújításokra. Az **Agriapipe Csőtisztító, Építő és Szolgáltató Kft.** csővezetéki problémák feltárása, megelőzése, az optimális megoldások megtervezése és kivitelezése területén kínál korszerű eljárásokat a közművezeték-hálózatok és ipari csővezeték-hálózatok üzemeltetői számára.

A csővezetékek meghibásodása sokféle lehet, ezért a kifogástalan eredmények elérése érdekében számos felújítási eljárást kínálunk. Honlapunkon a **technológia kereső applikáció** segítségével a felújítandó csővezeték főbb adatainak megadásával gyorsan és egyszerűen tájékozódhat arról, hogy adott csővezetéki problémára melyik feltárás nélküli felújítási technológia nyújthat megoldást.

• Fotó: negydecméteres csatorna felújítása SPRT™ eljárással



Tartalom

Előszó.....	3
Köszöntő	4
Szerkezeti tervezés csapadékvíz-elvezetők és szennyvízcsatornák rehabilitációjához.....	5
<i>Bernard Falter</i>	
Bélelések helyszínen kikeményedő béléscsővekkel.....	31
<i>Thomas Sammans</i>	
Close Fit megoldások előre deformált PE csövekkel – gyakorlati előnyök és esettanulmányok.....	39
<i>Abraham Juri Hofmann</i>	
Bélelések spiráltekercselt béléscsővekkel – alkalmazások, gyakorlati megoldások.....	49
<i>Varga Zoltán</i>	
A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt-nél alkalmazott feltárás nélküli felújításokkal szerzett tapasztalatok.....	59
<i>Mórocz Zoltán</i>	
NO-DIG technológiák alkalmazása a Fővárosi Vízművek Zrt-nél.....	67
<i>Hornyák Rudolf</i>	
Kitakarás nélküli vezeték rekonstrukció a környezetvédelem tükrében.....	79
<i>Budai Péter, Fülöp Roland</i>	