

## OBNOVA KANALA

Starenjem na kanalima se stvaraju pukotine od nejednolikog slijeganja, dinamičkih opterećenja, djelovanja agresivnih kemijskih spojeva, prodiranja korijena biljaka. Ova oštećenja mogu biti uzrokom povećanja protoka uslijed povećane infiltracije, naročito u kišnim razdobljima. Povećani protok uslijed infiltracije podzemnih voda utječe na češće aktiviranje rasterećenja i stvara probleme na uređaju za čišćenje otpadnih voda kroz povećano hidrauličko opterećenje (više energije za crpljenje). S druge strane u uvjetima niskih razina podzemne vode povećana je eksfiltracija u podzemlje, čime su ugrožene podzemne vode.

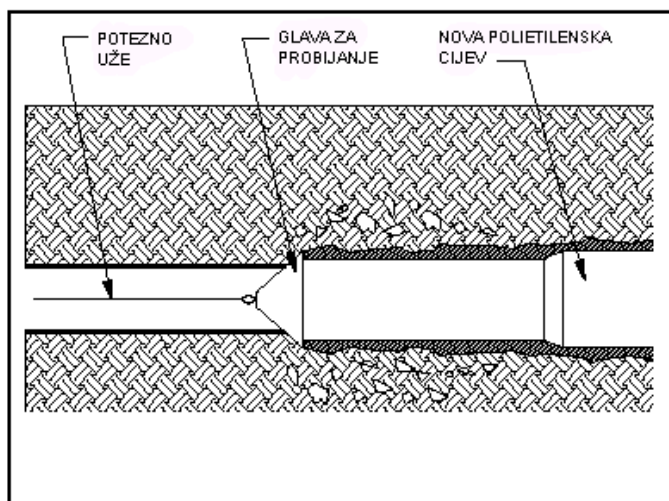
Tradicionalnim metodama oštećeni kanali su se mijenjali potpunim iskapanjem i zamjenom stare cijevi novim kanalom, ili polaganjem novog paralelno postavljenog kanala. Moderne tehnologije sanacije ne zahtijevaju iskop već je stara cijev "domaćin" novoj cijevi ili oblozi. Ove se tehnologije nazivaju jedinstvenim pojmom "*tehnologije sanacije cijevi bez rova*" odnosno izvorno "*Trenchless Sewer Rehabilitation*". Metodama koje čine ovu tehnologiju ispravlja se defektnost cijevi s manje radova i manje ometanja i degradacije okoliša nego s tradicionalnim metodama kopanja i zamjene "*dig and replace method*".

Većina tehnoloških postupaka patentirana je u SAD i sukladno tome je dobila originalne patentne nazive koje je vrlo teško uspješno prevesti na hrvatski jezik. Osim toga ovi postupci, iako su u uporabi već više od dvadeset godina, u našoj praksi praktično nisu primjenjivani, te stoga nisu imali priliku dobiti hrvatske nazive.

Tehnologija sanacije cijevi bez rova (TSCBR) uključuje slijedeće metode:

- metoda proboja ili linijske ekspanzije (engl: Pipe bursting, ili Line Expansion)
- metoda klizajuće obloge (engl: Sliplining)
- metoda sanacije u mjestu (engl: Cured in Place Pipe)
- metoda obloge s promjenjivim poprečnim presjekom (engl: Modified Cross Section Lining)

**Metoda proboja ili linijske ekspanzije** je metoda u kojoj se postojeća stara cijev istiskuje alatom za probijanje. Patentirala ju je Britanska plinska kompanija 1980. godine za svoje potrebe kod sanacije plinskih cijevi. Tijekom zadnjih dvadeset godina patentirano je više metoda proboja. Kod linijske ekspanzije stara se cijev koristi kao vodilica ekspanzionoj glavi (dio opreme za probijanje). Glava se povlači kablom i povećava površinu za novu cijev gurajući postojeću cijev radijalno van do sloma. Postupak je prikazan na Sl. 1. Na probojnom alatu koriste se različite vrste glava kao što su dinamičke i statičke. Statičke glave koje nemaju pokretnih unutarnjih dijelova, proširuju postojeću cijev samo guranjem probojnog alata, dok dinamičke glave proizvode dodatne pneumatske ili hidrauličke učinke na ploham dodira. Pneumatske glave pulsiraju promjenom unutarnjeg tlaka, a hidrauličke povećavaju i smanjuju glavu. Dok dinamička glava pulsira (ili se povećava i smanjuje), naprava za probijanje se povlači kroz postojeći cjevovod pri tom ga drobeći i uvlačeći novu cijev neposredno iza stare.

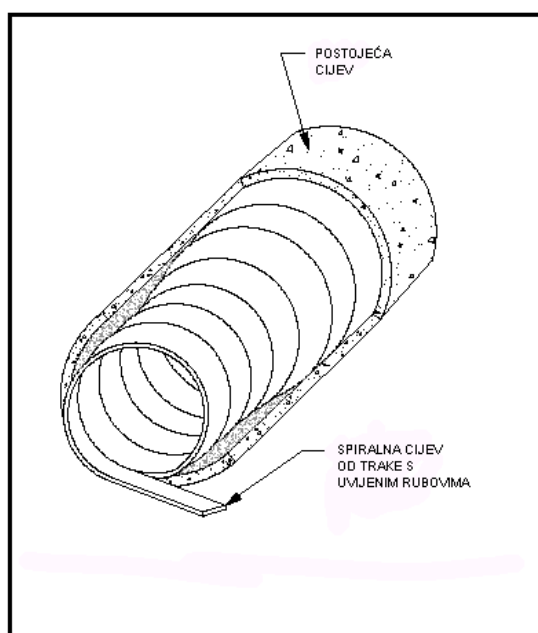


Sl. 1 Postupak proboja

Dinamičke se glave koriste za teška tla i čvrste cijevne materijale. Pošto dinamičke glave mogu pokrenuti okolno tlo i stvoriti dodatne tlakove i slijeganja, radije se praksi koriste statičke glave gdje god je to moguće.

Za vrijeme probijanja potrebno je protok u dionici cijevi koja se obnavlja preusmjeriti crpljenjem kroz privremeni mimoilazni vod. Nakon što je uvlačenje završeno, bočni priključci se ponovno spajaju uz pomoć robota opremljenog alatima za rezanje.

**Metoda klizajuće obloge** je dobro pozicionirana u suvremenoj praksi. Za vrijeme izvođenja u staru se cijev uvlači klizajuća obloga manjeg promjera. Slobodni prstenasti otvor između stare i nove cijevi ispunjava se mortom koji sprječava istjecanje i osigurava konstruktivnu cjelovitost cijevi. Ako prostor između cijevi nije zapunjen mortom obloga se ne smatra konstruktivnom.



Sl. 2 Metoda klizajuće spiralne obloge

U najvećem broju metoda klizajuće obloge, okna se ne mogu koristiti za pristup opremi. U tim situacijama potrebno je iskopati jedan kratki prokop za uvođenje, za svaku dionicu koja se sanira. Zbog navedenog metoda klizajuće obloge nije potpuna tehnologija sanacije bez rova. Ipak količine iskopa su bitno manje od klasičnih metoda zamjene cijevi. Primijenjena metoda i lokalne prilike uvjetuju količinu iskopa.

Metode klizajuće obloge uključuju, kontinuiranu, segmentnu i spiralnu oblogu. Za sve tri metode lateralni priključci se izvođe iskopom ili upravljanim robotom opremljenim alatima za rezanje. Kod kontinuiranog uklizavanja, nova cijev, spajana u kontinuirani odsječak, ulazi se

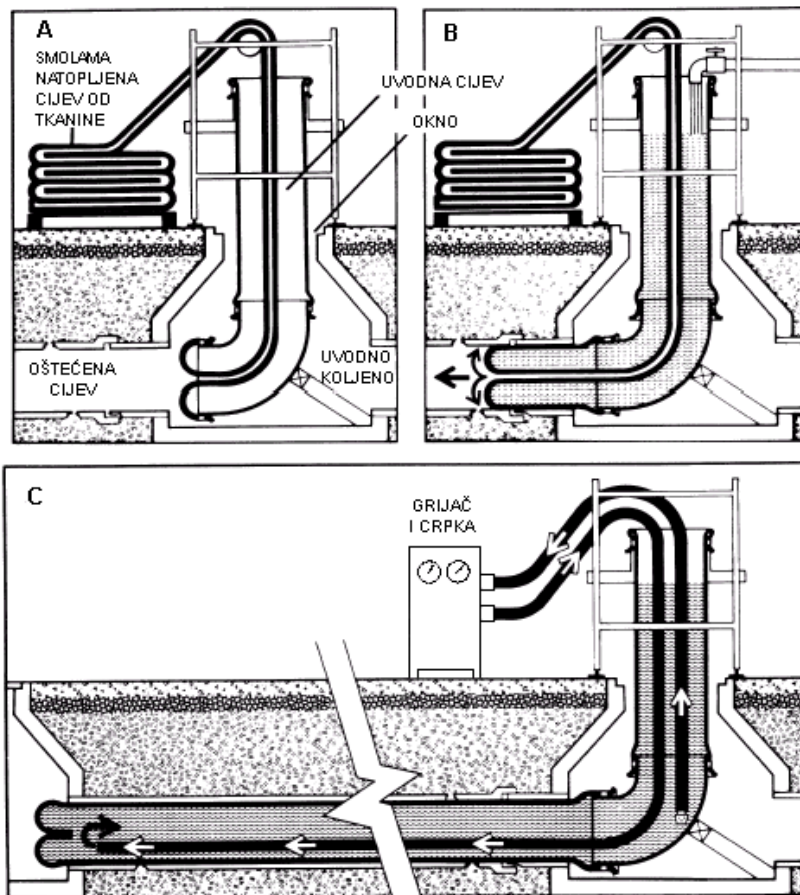
u postojeću cijev na pogodnim lokacijama. Okno ili prokop koji se koristi za uvođenje nove cijevi, mora omogućiti slobodno savijanje cijevi.

Segmentna obloga se formira na mjestu pristupa. Postupak je moguće izvesti bez preusmjeravanja postojećeg protoka. U mnogim primjenama postojeći tok vode pospješuje uvlačenju cijevi, jer smanjuje trenje.

Spiralna obloga od posebnih limova s patentnim spojem spaja se ispred mjesta uvođenja i oblikuje u cijev, te potom umeće u postojeću staru cijev kako je pokazano na Sl.2.

**Metoda sanacije u mjestu** je postupak u kojem s fleksibilna cijev od tkanine (tzv. čarapa) presvučena slojem termostabilizirajuće smole uvlači u staru cijev. Cijev od tkanine se uvlači kroz postojeće okno.

Smole kojim je natopljena cijev od tkanine sadrže nesaturirani poliester, vinil ester i epoksi, koji su redom otporni na otpadne vode. Ovom se metodom mogu sanirati



Sl. 3 Metoda sanacije izvrnuti u mjestu

puknuća, pomaknuti spojevi, i konstruktivno defekti segmenti cijevi. Termostabilizirajuće smole čine s postojećom cijevi vrlo tijesnu vezu.

Metoda se najčešće javlja u dvije inačice koje se razlikuju po načinu uvlačenja nove cijevi u staru. Prva je: uvući-u-mjesto (winch-in-place), a druga je: izvrnuti-u-mjestu (invert-in-place). Prva inačica uvlači novu cijev u staru uz pomoć užeta. Nakon što je cijev uvučena cijev se napuhne i priljubi uz stjenku stare cijevi.

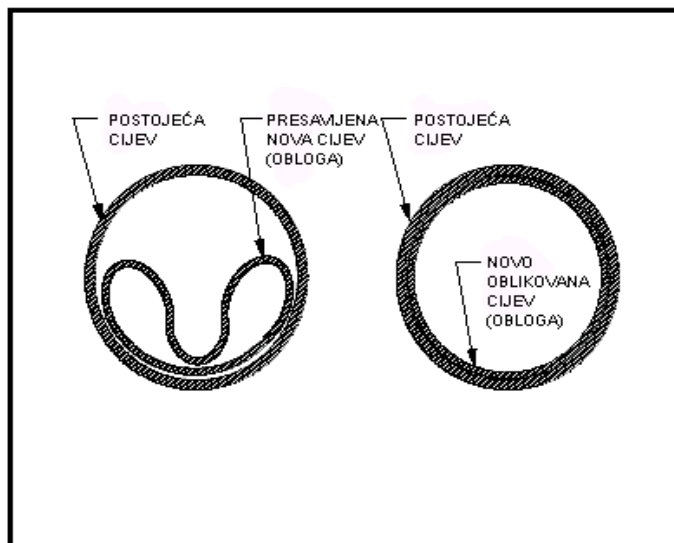
Više korištena metoda izvrnute cijevi koristi tlak vode ili zraka za uvlačenje nove cijevi po principu izvrnute čarape. Nakon što se cijev uvuče, u obje spome-

nute inačice, zagrijavanjem zraka ili vode, smola u oblozi se skruti i stvori čvrstu vezi između stare i

nove cijevi. Nova cijev može biti samo obloga, a može i potpuno preuzeti sve konstruktivne funkcije. Tipični izvrnuti-u-mjestu postupak prikazan je na Sl.3

Na mjestima bočnih priključaka obložna cijev se malo deformira, što je dovoljno za detekciju uz pomoć kamere na robotu, te potom izrezivanje uz pomoć posebnog alata.

**Metoda obloge s promjenjivim poprečnim presjekom** (Engl: Modified Cross Section Lining) uključuje deformirano-reformirano metodu (deformed and reformed method), kalupnu oblogu (Engl: swagelining) i metodu valjaka (Engl: Rolldown method). Ovim metodama se mijenja oblik poprečnog presjeka cijevi, ili smanjuje površina poprečnog presjeka, tako da se obloga može provući kroz postojeću cijev. Nakon provlačenja obloga se proširi i poprimi oblik stare cijevi.



Sl. 4 Metoda deformacije - reformacije

Kod sanacije metodom deformacija-reformacija nova savitljiva cijev se deformira (preklopi) u oblik slova “u” i uvuče u staru cijev što joj smanjuje promjer za oko 30%. Nakon što se ugura u staru cijev, stavi se pod tlak i grije dok ne poprimi oblik stare cijevi. Tipični poprečni presjek u fazi deformacije i reformacije prikazan je na Sl.4.

Da bi se postigao dobar kontakt između stare i nove cijevi-obloge moguće je posebnim postupcima privremeno smanjiti poprečni presjek cijevi koja se uvlači, da bi ona nakon toga ekspandirala i priljubila se uz staru cijev. Za tu namjenu koriste se kemijski i mehanički postupci.

**Kalupna obloga** je postupak u kojem se smanjenje poprečnog presjeka postiže grijanjem i potom prolaskom cijevi kroz posebni kalup za smanjenje poprečnog presjeka. Kemijska reakcija između kalupa i materijala cijevi privremeno smanjuje promjer cijevi za 7-15%, što omogućava uvlačenje nove cijevi u postojeću. Hlađenjem cijev se širi do stvarnog promjera

**Metodom valjaka** smanjuje se privremeno promjer cijevi prolaskom kroz niz valjaka, a nakon uvlačenja, uz pomoć topline i tlaka cijev se širi na originalni promjer.

Postupci s oblogom s promijenjenim poprečnim presjekom ne koriste smole za postizanje oblika i kontakta između nove i stare cijevi. Kao i kod ostalih metoda bočni priključci se izrezuju uz pomoć robota opremljenog alatom za rezanje. Materijal koji se koristi za postupke s promjenjivim poprečnim presjekom su polivinilklorid PVC i polietilen visoke gustoće HDPE.

## PRIMJENA

U mnogim gradovima obnova i sanacija kanalskog sustava temeljni su dio programa pogona i održavanja. Prema postojećem katastru cjevovoda u sustavu odvodnje i redovnim pregledima video kamerom sastavlja se lista prioriteta u sanaciji. Prema lokalnim i ekonomskim prilikama određuje se način sanacije.

TSCBR primjenjuje se u različitim uvjetima, a posebno je pogodna u urbanim sredinama, gdje su utjecaji građenja posebno nepovoljni za poslovanje, stanovanje, automobilski i pješački promet. Prepreka su i mnoge podzemne instalacije ako se primjeni klasični pristup izmjene cijevi iskapanjem.

Tabl.1 *Usporedba mogućnosti različitih TSCBR*

Metoda		Raspon promjera (mm)	Najveća duljina dionice (m)	Materijal obloge
Linijska ekspanzija	Metoda proboja	100-600	230	PE, PP, PVC, APE
Klizajuća obloga	segmenta	100-4000	300	PE, PP, PVC, APE, (-EP i -UP)
	kontinuirana	100-1600	300	PE, PP, PE/EPDM, PVC
	spiralna	150-2500	300	PE, PVC, PP, PVDF
Sanacija u mjestu	izvrnuti- u-mjestu	100-2700	900	Termostabilizirajuća smola/kompozitni filc
	uvući-u-mjesto	100-1400	150	Termostabilizirajuća smola/kompozitni filc
	nanos na oblogu	75-4500	150	Epoksi smole/cementni mort
	Presavini i formiraj	100-400	210	PVC
Metoda obloge s promjenjivim poprečnim presjekom	deformirano-reformirano	100-400	800	(termoplastika) HPDE
		60-600	300	(termoplastika) HDPE, MDPE
	metoda valjaka	60-600	300	HDPE, MDPE
	tankostijena obloga	500-1100	960	HDPE

EPDM = Etilen-polipelen-dien-monomer  
 APE = Armirani poliester  
 HPDE = Polietilen visoke gustoće  
 MDPE = Polietilen srednje gustoće  
 PE = Polietilen  
 PP = Polipropilen  
 PVC = Poli-vinil-klorid  
 PVDF = Poli-viniliden-klorid

Tehnologije sanacije bez iskopa mogu se primjenjivati na tlačne i gravitacijske cjevovode. Moguća je sanacija od okna do okna, ili sanacija pojedinih kritičnih mjesta. Vrijeme izvođenja radova je bitno kraće od klasičnih postupaka, pa je i to jedan od razloga primjene u slučajevima gdje se prekid osnovne funkcije cjevovoda ne može dopustiti duže vrijeme.

Kod analize ekonomičnosti TSCBR i klasične metode iskopa, osim poznatih troškova za rad i materijale, potrebno je ocijeniti i ostale veličine koje je teško ili gotovo nemoguće materijalno procijeniti. To se prije svega odnosi na indirektne troškove koji nastaju zbog ograničenja prometa (obilasci, smanjena brzina kretanja, veći utrošak goriva), smanjenog prometa trgovina i ostalih uslužnih djelatnosti za vrijeme građenja, mogućih nepredvidivih troškova vezanih uz oštećenje susjednih građevina (klizanje zemljišta, oštećenje i presijecanje instalacija), opasnost od povrede pješaka i sl.

Osim navedenog bitan je i odnos prema stanovnicima koji su za vrijeme klasičnog postupka sanacije izloženi buci, obilaženju, prelascima preko improviziranih staza, parkiranju vlastitih vozila na udaljenim lokacijama i sl. U turističkim središtima bitan je i loš estetski dojam koji izaziva otvoreno gradilište.

TSCBR može se povećati hidraulički kapacitet cijevi. Kod metode proboja moguće je ugraditi cijev većeg poprečnog presjeka od stare, a kod ostalih metoda kapacitet se može povećati na račun smanjene hrapavosti.

## **PREDNOSTI I MANE**

Primjenom TSCBR smanjuje se infiltracija podzemnih voda u cjevovod a time poboljšava režim rasterećenja u mješovitim sustavima kanalizacije. Ovaj učinak povoljan je i za smanjenje troškova crpljenja i pročišćavanja.

Zemljani radovi su mnogo manjeg obima, što pogoduje zaštiti lokacija s vrijednom biljnim pokrovom. Smanjuje se ometanje pješaka i prometa, uklanjanje stabala, buka i onečišćenje zraka. Ako je potrebno sanirati cjevovode s mnogo promjena poprečnog presjeka između okana, ili čak promijeniti uzdužni pad i trasu, ili posteljicu kanala, tada je uporaba TSCBR upitna. U Tabl.2 dat je sažeto prikaz ograničenja u uporabi TSCBR.

## **Učinkovitost**

Učinkovitost TSCBR ogleda se u smanjenju infiltracije. Mjerenjem infiltracije prije i poslije sanacije može se izmjeriti učinkovitost. U konkretnim slučajevima u praksi zabilježene su učinkovitosti od 50-80%. Naravno da ukupna učinkovitost ovisi i sanaciji okana i drugih mogući izvora tuđih voda.

## Troškovi

Radova na TSCBR kod nas praktično nema, tako da je nemoguće govoriti o cijenama. O cijenama je općenito teško govoriti, pošto one jako ovise o konkretnim uvjetima na svakoj lokaciji. Činjenica je da su cijene zabilježile apsolutne padove s razvojem novih i poboljšanjem starih metoda, te s porastom obima radova. Poznata američka firma "Insituform" zajedno sa sestrinskim firmama u Europi, godišnje sanira 1100 km cjevovoda, od čega u Europi oko 10%.

U svakom slučaju TSCBR imaju budućnost u primjeni, naročito u visoko-urbaniziranim i ekonomski razvijenim sredinama.

Tabl.2 Ograničenja u primjeni TSCBR

Metoda	Ograničenja
Proboj ili linijska ekspanzija	Potrebno izgraditi mimoilazni vod Potreban je prokop za uvađanje Vibracije opreme mogu pomaknuti tlo Nije pogodna za sve cijevne materijale
Klizajuća obloga	Potreban je prokop za uvađanje Smanjuje se promjer postojeće cijevi Nije pogodna za male promjere cijevi
Sanacija u mjestu	Potrebno izgraditi mimoilazni vod Sanacija može biti otežana na dugim segmentima Potrebno je osigurati odgovarajuće vrijeme za stvrdnjavanje Teško je ispraviti teže oštećene instalacije Smole se mogu istaložiti na dno cijevi Smanjuje se promjer postojeće cijevi
Obloga s promjenjivim poprečnim presjekom	Potrebno izgraditi mimoilazni vod Poprečni se presjek može skupiti ili preklopiti nakon proširenja Smanjuje se promjer postojeće cijevi Ako se prostor između stare cijevi i obloge ne zabrtvi, može doći do infiltracije vode Obloga može biti preslaba da preuzme konstruktivnu stabilnost