

# PREGLED UPORABE RAZLIČNIH MATERIALOV ZA VODOVODNE CEVI TER POTENCIALNE MOŽNOSTI ONESNAŽEVANJA VODE ZARADI NJIHOVE SESTAVE

## THE OVERVIEW OF THE USE OF DIFFERENT MATERIALS FOR PIPES OF WATER DISTRIBUTION SYSTEMS AND POTENTIAL POSSIBILITY OF THE POLLUTION OF WATER DUE TO THEIR COMPONENTS

**dr. Darko Drev, univ. dipl. inž. kem.**

**Mitja Peček, univ. dipl. inž. vki.**

Inštitut za vode RS

**izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

**Strokovni članek**

UDK: 628.14:628.19

**Povzetek** | Vodooskrbni sistemi so sestavljeni iz različnih gradbenih objektov, instalacijskih vodov in tehnološke opreme. Velik del teh objektov, instalacijskih vodov in tehnološke opreme je v neposrednem stiku z vodo iz vodooskrbnega sistema. Zato obstaja nevarnost, da pride do raztapljanja določenih snovi iz teh materialov v vodo. Posebej problematično je lahko raztapljanje določenih kovinskih ionov zaradi korozije ali pa migracija aditivov in razkrojnih produktov iz nekvalitetnih plastičnih materialov v vodo. Vsi materiali, ki so v kontaktu z vodo, morajo biti kemijsko zelo odporni. Vendar pa v Sloveniji in v drugih razvitih državah določene komponente vodooskrbnih sistemov še vedno vsebujejo neustrezne materiale. Pogoje za razpadne procese materialov ni težko vzpostaviti, saj pri kontaktu različnih kovin hitro nastanejo galvanski člani. Tudi plastika ni povsem odporna na izluženje različnih nevarnih snovi v vodo (mehčala, stabilizatorji itd.), še posebej, če je izbrani material napačen ali neustrezne kakovosti. V vodooskrbnih sistemih lahko občasno nastanejo pogoji, ki bistveno pospešijo korozijo (pH, temperatura itd.), zato obstaja možnost, da iz lokalnega vodovodnega omrežja priteče kontaminirana voda. Na glavnem vodovodnem omrežju je takšna možnost majhna, vendar pa jo kljub temu ne moremo zanemariti. Veliko vodovodnega omrežja je še vedno izdelanega iz pocinkanih jeklenih cevi, salonita, plastike vprašljive kakovosti itd. Pri tem ne smemo pozabiti tudi na betonske bazene, različne plastične in kovinske rezervoarje, tesnilne materiale, izmenjevalce toplote, ventile, pipe ipd. Da so omenjeni korozijski procesi resnično prisotni, se lahko prepričamo v vsakdanjem življenju, ko moramo zamenjati grelnik ali del lokalnega vodovoda. Znaki korozije so očitno prisotni. Še najočitnejši znaki propadanja vodovodov se kažejo pri izgubah načrpane vode, ki znašajo na vodovodih tudi do 30 %.

**Summary** | Water distribution systems consist of several components: civil engineering structures, water pipes, shafts, and purpose-built technological equipment. Several of these components of the water distribution system maintain constant contact with water. This represents a potential danger for water contamination as there exists a possibility that materials contained by some of these components might dissolve in water. Metallic ions released by corrosion of metals and the migration of additives and decomposition products from plastic materials represent the main threat in this context. This creates a necessity for high chemical resistance of all water-exposed materials used in water distribution. However, in Slovenia and other developed countries components of water distribution systems still consist of inadequate materials. This is troubling because the conditions necessary for decomposition processes to take place are easily met. When inadequate plastic materials are used, the migration of potentially dangerous materials (plasticizers, stabilizers, etc) into water can take place. As conditions in local water distribution systems are often conducive to corrosion, co-location of different types of metal can also quickly produce galvanic cells. Such contamination processes are less of a threat to main water distribution systems as they usually do not contain inadequate materials as local water distribution systems do. Good examples of inadequate construction are zinc-coated and »salonit« pipes, concrete water reservoirs, and inadequate-quality seals, vents, and water fountains. It is easy to see the prevalence of such corrosion processes in every-day life. For example, when we replace a water heater, the signs of corrosion are typically present, and all the decomposition products of this process make their way into our drinking water. Arguably, the most visible sign of water distribution system decay is loss of water through leakage, which can amount up to 30 %.

## 1 • UVOD

Vodooskrbni sistemi so običajno sestavljeni iz vodnih zajetij (črpališč), na katerih se vrši čiščenje in priprava vode, vodovodnega omrežja, vodohranov, hidroforjev, lokalnega vodovodnega omrežja itd. Voda je lahko na samem izvoru, iz katerega se napaja vodooskrbni sistem, zelo čista, lahko pa tudi precej onesnažena. V odvisnosti od čistoče vode so nato potrebni bolj ali manj zahtevni tehnološki postopki priprave vode (Havelaer, 2003). Vsi materiali, ki pridejo v stik z vodo, morajo biti kemijsko in mehansko dovolj odporni, da ne pride do onesnaževanja vode ali motnje pri oskrbi z vodo. Materialov, ki so primerni za izdelavo vodooskrbnih sistemov, je več vrst, odvisno od konkretnih zahtev na posameznem vodooskrbnem sistemu. Uporabljeni materiali morajo ustrezati zahtevam Zakona o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živilom (Uradni list RS, št. 52/00, 42/02 in 47/04). Voda v vodovodnem omrežju pa mora ustrezati kriterijem Pravilnika o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04 in 35/04) in Pravilnika o spremembi pravilnika o pitni vodi (Uradni list RS, št. 26/2006). Poleg tega je za materiale, ki pridejo v stik z vodo, treba upoštevati tudi Uredbo Komisije (ES), št. 372/2007, z dne 2. aprila 2007, idr.

Pri velikih pretokih vode se ne pojavljajo omembe vredne količine snovi, ki pridejo v vodo z izluženjem iz materialov, s katerimi je prišla v stik. To pa ne velja za lokalne veje vodovodov, kjer so pretoki majhni, zaradi česar se lahko povečajo koncentracije izlužkov.

Materiale, iz katerih so zgrajeni vodooskrbni sistemi, lahko razdelimo v naslednje skupine ((Spellman, 1999), (Zilch, 2001)):

- anorganski materiali (beton, opeka, keramika, steklo, azbest, pesek, kremenčeva siga, apnenec itd.);
- polimerni materiali (PE, PP, PVC, PET, PETE, PA, PUR, PES, guma, silikon itd.);
- naravni organski materiali (juta, les, oglje itd.);
- kovine (nerjavno železo, železo, aluminij, medenina, cink, baker, svinec, krom, nikelj itd.).

Na vodnih zajetjih so običajno zgrajeni bazeni iz betona. Podobno velja tudi za večje vodohrane. Zaradi večje kemijske odpornosti in gladkejše površine so betonske površine, ki pridejo v stik z vodo, pogosto zaščitene s polimernimi premazi. Posamezni rezervoarji in deli tehnološke opreme za pripravo vode so običajno izdelani iz okrepljenih polimernih materialov, včasih pa tudi iz nerjavnega

jekla. Redkeje se uporablja običajna jeklena pločevina, ki je površinsko zaščitena z ustreznimi materiali. Ustrezne površinske zaščite rjavčih jeklenih površin so lahko naslednje ((Spellman, 2005), (Nürnberg, 2002)):

- anorganski emalji (pogosto v grelnikih),
- vroče pocinkana površina (cevi itd.),
- galvanjski nanosi kovin (krom, nikelj, cink),
- polimerni zaščitni sloji (epoksidni premazi, alkiidni premazi, akrilatni premazi itd.),
- oblaganje s keramičnimi ploščicami.

Vodovodne cevi so v zadnjem obdobju izdelane večinoma iz polimernih materialov (PE, PP, PVC itd.) in delno tudi jeklenih cevi. V obstoječih vodooskrbnih sistemih je vgrajenih še vedno veliko salonitnih cevi, katerih glavni sestavini sta azbestno vlakno in cement. Na lokalnih vodovodnih omrežjih obstajajo tudi kovinske cevi, pri katerih lahko prihaja do korozije. Pri tem je najbolj problematičen svinec. Vendar pa tudi bakrene in pocinkane cevi lahko onesnažijo vodo.

Veliki viri onesnaževanja vode so lahko tudi neustrezna tesnila, neprimerni materiali za pripravo vode itd. Pogosto pa se povsem spregleda zadnji del vodovodnega omrežja, s katerim je voda v stiku, preden jo uporabimo. To so pipe, tesnila in razni čistilni elementi na mestu uporabe. Tudi iz teh materialov lahko pride do izluženja strupenih snovi v vodo.

## 2 • PROCESI DEGRADACIJE MATERIALOV IN IZLUŽEVANJA STRUPENIH SNOVI V VODO

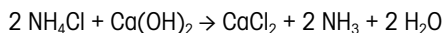
### Korozija betona

Kvaliteten neporozen beton je bistveno od-pornejši proti koroziji od poroznega betona. Pri koroziji lahko pride do razpada kalcijevih vezi, kot so na primer:  $\text{CaCO}_3$ ,  $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  in  $\text{Ca(OH)}_2$  (Rauch, 1984). Razlog za to so lahko kisline in soli z vrednostjo pH 6 ali manj:

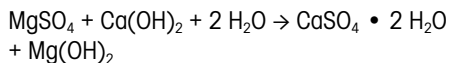
- Mehka voda z majhno vsebnostjo kal-cija ima dobre sposobnosti raztapljanja  $\text{Ca(OH)}_2$  iz cementa.
- Med agresivnimi snovmi in cementom pride do kemijskih reakcij, pri čemer nastanejo spojine, ki se lahko delno raztapljajo v vodi. Te reakcije lahko vplivajo na  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$  ali proste ogljikove kisline ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) v betonu. Pri reakcijah lahko nastane ta vodotopni  $\text{CaCl}_2$  ali  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  (mavec).
- Pri kemičnih reakcijah med agresivnimi snovmi in betonom nastanejo tudi netopne snovi, ki ostanejo v betonu. Te ostanejo v porah in zmanjšujejo mehanske lastnosti betona. Med takšne snovi štejemo tudi kal-cijev aluminijev sulfat ( $3 \text{CaAl}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{CaSO}_4 \cdot 32 \text{H}_2\text{O}$ ).

Primeri korozijskih reakcij betona:

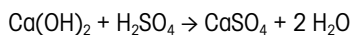
1. Amonijak in amonijeve soli lahko raztapljajo beton. Takšne spojine so prisotne v odpadni vodi in bazenski vodi (kloramin), v pitni vodi pa redkeje. Amonijev klorid lahko nastane pri kloriranju vode, ki vsebuje amonijak.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  raztopi  $\text{Ca(OH)}_2$ , ki je prisoten v vodi, po sledeči reakciji:



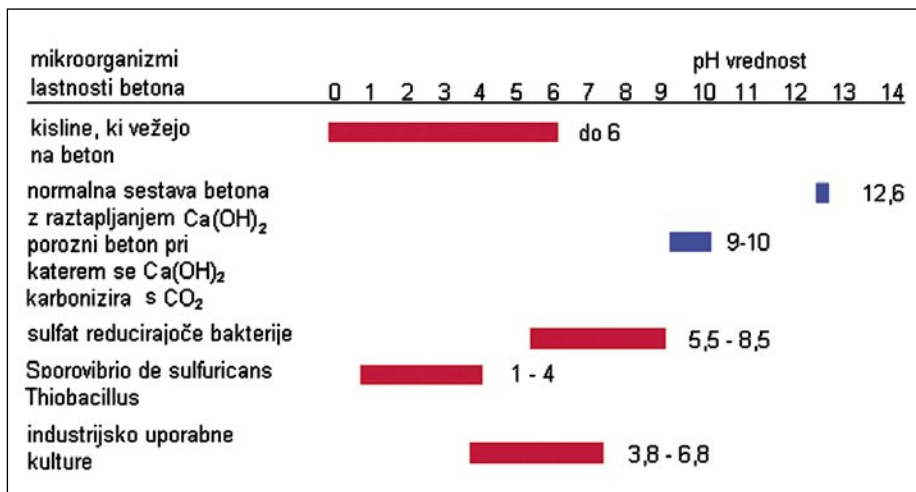
2. V mnogih kemijskih snoveh so prisotni sulfati. Sulfati reagirajo s steno betona in tvorijo topne produkte. V naslednji reakciji je prikazan primer takšne korozije:



3. Žveplove (VI) kislina je lahko prisotna v vodi zaradi raztapljanja sadre ali pa na kakšen drug način. Reagira s  $\text{Ca(OH)}_2$  in tvori delno topen  $\text{CaSO}_4$ , ki je glavna sestavina sadre.

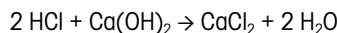


4. V vodi se lahko pojavijo tudi klorovi ioni. Klorove ione vsebuje natrijev klorid, ki se uporablja za soljenje cest. Vsebujejo jih različni minerali, in nastanejo tudi pri kloriranju. Klorove ione vsebuje tudi PVC, ki je pogosto



Slika 1 • Vpliv kislin in mikroorganizmov na železobetone v odvisnosti od vrednosti pH (Rauch, 1984)

uporabljen za izdelavo cevi. Klorovodikova kislina reagira s  $\text{Ca(OH)}_2$  in tvori topni  $\text{CaCl}_2$ .



Tudi mikroorganizmi lahko vplivajo na razkroj betona, kar je razvidno iz slike 1. Njihov vpliv je odvisen od vrednosti pH.

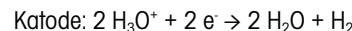
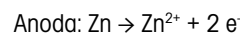
### Korozija železa in drugih kovin

Veliko vodovodnih cevi in drugih delov v vodovodnih sistemih je izdelanih iz jekla. Hišna vodovodna napeljava je izdelana običajno iz pocinkanih jeklenih cevi. Vsi ti deli pa bolj ali manj korodirajo. Nastali produkti korozije povzročajo onesnaževanje vode z direktnim onesnaževanjem ali pa posredno kot gojišča mikroorganizmov.

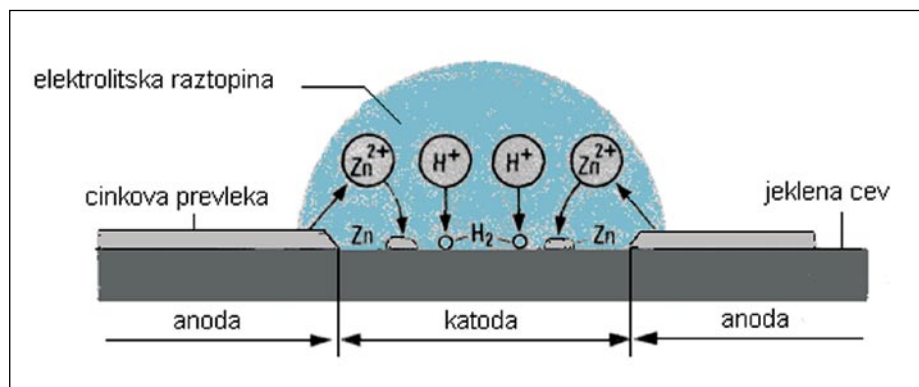
Pri železu nastane več različnih mehanizmov korozije, odvisno od sestave vode ter vrste

galvanskega člena, ki omogoča korozijo (Ladetzki, 2007).

Pri pocinkanih ceveh se vzpostavi galvanski člen tako, da je anoda cinkova prevleka, ki je manj žlahtna kovina in se pri tem raztaplja, železo pa je katoda in se ne porablja, dokler je na razpolago dovolj cinka (Boeckmann, 1999). To je tudi osnovna naloga cinkove prevleke, da štiti železo pred korozijo s tem, da se sam raztaplja. Kot posledica takšnega raztapljanja cinka se pojavijo v vodi cinkovi ioni. Na sliki 2 je prikazana korozija pri galvanskem členu cinkova prevleka – jeklena cev.



Železova katoda sprejema elektrone, ki jih oddaja hidronijevim ionom, pri čemer se sproščata voda in vodik.



Slika 2 • Prikaz galvanskega člena med jekleno cevjo in cinkovo prevleko (Sommer, 1991)

Pri vodovodnih sistemih je lahko jeklo tudi v kombinaciji s kakšno drugo kovino in tvori galvanski člen. Takšne kovine so na primer: kositer, baker, svinec itd. V primeru kombinacije z žlahtnejšo kovino (baker, kositer itd.) postane anoda železo, katoda pa žlahtnejša kovina. V tem primeru se raztoplja železo tako, da nastajajo železovi ioni in elektroni. Železovi ioni tvorijo hidroksid. Žlahtnejša kovina ostane nedotaknjena, saj deluje le kot pospeševalec razpada železa. Na sliki 3 je prikazan galvanski člen, ki nastane pri jekleni površini s kositrovim slojem. Kositer se zelo pogosto uporablja pri spajkanju.

Anoda:  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 e^-$

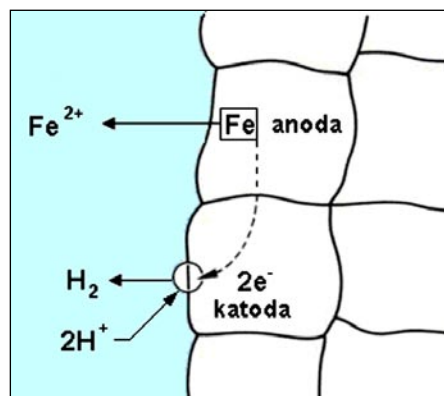
$4 \text{Fe}^{2+} + 18 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 8 \text{H}_3\text{O}^+$

Katoda:  $2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 e^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2$

V toplotnih izmenjevalcih se pogosto uporablja pocinkana pločevina. Če pa je toplotni izmenjevalec izdelan iz bakra, nastane galvanski člen pri priključitvi na jekleno cev vodovodnega omrežja.

Korozija železa pa lahko poteka brez tvorbe galvanskega člena z drugo kovino, če so dani ustrezni pogoji (Boeckmann, 1999). Takšne pogoje pa zagotavlja vsak običajni vodovod. Pri tem poznamo dve vrsti korozije:

- vodikova korozija (slika 4)
- kisikova korozija (slika 5)



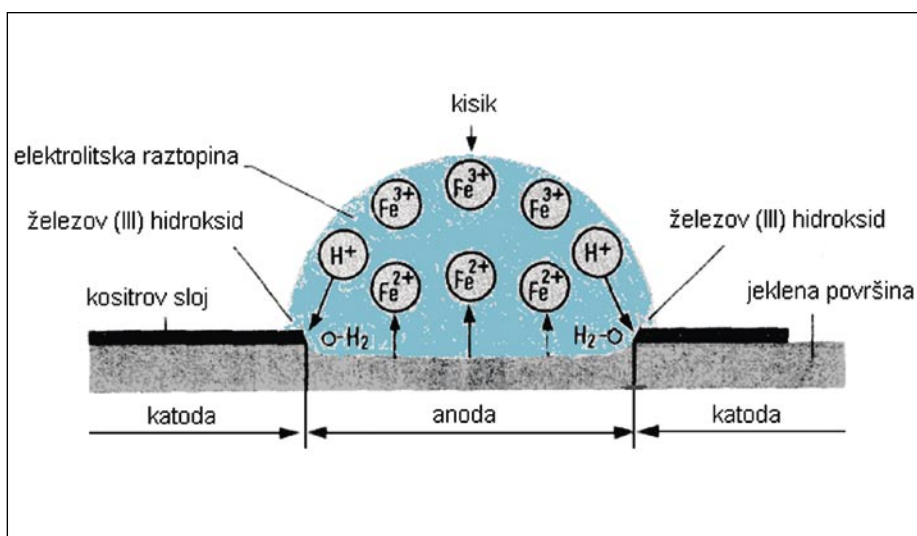
Slika 4 • Prikaz vodikove korozije železa (Korrosion/Korrosionsschutz, 1994)

Anoda:  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 e^-$

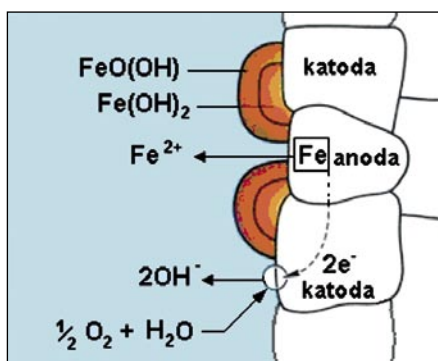
Katoda:  $2 \text{H}^+ + 2 e^- \rightarrow \text{H}_2$

$\text{Fe} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2$

Vodikova korozija je prisotna v kislih pogojih. Posebej intenzivna je pri vrednosti pH 4 in manj. Pojavlja se tudi pri nekoliko višjih vrednostih pH, vendar je bistveno počasnejša. Kisle pogoje se doseže v vodovodni vodi relativno hitro pri kloriranju.



Slika 3 • Prikaz galvanskega člena med jekleno površino in kositrovo prevleko (Sommer, 1991)



Slika 5 • Prikaz kisikove korozije železa (Korrosion/Korrosionsschutz, 1994)

Katoda:  $\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 e^- \rightarrow 2 \text{OH}^-$

Anoda:  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 e^-$

$\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$

$2 \text{Fe}(\text{OH})_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{FeO}(\text{OH}) + \text{H}_2\text{O}$

Kisikova korozija je prisotna pri nevtralnih in alkalnih pogojih. V praksi je zato ta korozija pomembnejša od vodikove korozije, saj je več pogojev za njen nastanek.

#### Raztapljanje različni snovi iz plastike

Pri vodooskrbnih sistemih se že dolgo uporabljajo različne vrste plastike. Poleg teh osnovnih plastičnih materialov pa moramo upoštevati različne polimerne premaze in tesnilne materiale, ki prav tako sodijo v širšo skupino polimerov. V največji meri se uporabljata naslednje vrste polimerov:

polietilen (PE)  $-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-$

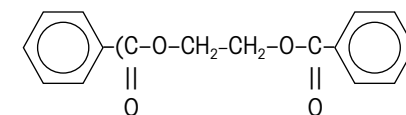
polipropilen (PP)  $-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-$   
|  
CH<sub>3</sub>

polivinilklorid (PVC)  $-(\text{CH}_2-\text{CH})_n-$   
|  
Cl

polistiren (PS)  $-(\text{CH}_2-\text{CH})_n-$   
|

poliamid 6 (PA6)  $-(\text{C}-\text{CH}_2)_5-\text{NH})_n-$   
||  
O

poliethylentereftalat (PET)



Posamezni plastični materiali imajo lahko enako osnovno kemijsko sestavo, vendar se med seboj bistveno razlikujejo (Ehrnstein, 2001). Postopki polimerizacije imajo odločilen vpliv na lastnosti polimerov. S postopki polimerizacije se doseže dolžina verig (molekularna teža), razvejanost verig, oblika delcev itd. Pri postopkih polimerizacije se uporabljajo različni dodatki (iniciatorji, regulatorji, zaščitni

koloidi, emulgatorji itd.), ki lahko v majhnih količinah ostanejo v polimerih.

Poleg lastnosti, ki izhajajo iz postopkov polimerizacije, imajo velik vpliv na lastnosti polimernega materiala razni aditivi. Ti se dodajajo polimerom za doseganje ustreznih predelovalnih in končnih lastnosti (termostabilizatorji, UV-stabilizatorji, mehčala, drsna sredstva, barvila, polnila itd.).

Polimerni materiali lahko vsebujejo različne aditive (Domininghaus, 2005). Posamezni aditivi lahko prehajajo v vodo. Če so ti aditivi strupeni, pride do kontaminacije vode. Poleg aditivov (dodatkov) se nahajajo v polimernih materialih tudi ostanki reaktantov od polimerizacije. Ostanki, ki so običajno prisotni v minimalnih količinah, so: ostanki iniciatorjev (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, benzoilperoksid, naftalidi alkalijskih kovin itd.), ostanki emulgatorjev (mila, tenzidi itd.), ostanki regulatorjev, ostanki zaščitnih koloidov, ostanki pufrov, ostanki monomerov ...

Vrste aditivov, ki se lahko nahajajo v polimernih in kompozitnih materialih, so: antioksidanti, kovinski dezaktivatorji, UV-stabilizatorji, primarna mehčala, sekundarna mehčala, drsna sredstva, visokomolekularni aditivi za izboljšanje udarne trdnosti, barvila, aditivi za doseg odpornosti proti gorenju, aditivi za doseg antistatičnih lastnosti, zamreževalci, polnila in ojačitveni materiali ter vlaknasti ojačitveni materiali.

Glavne skupine termostabilizatorjev so: tio-bisfenoli (molekulske mase od 300 do 600), alkiliden-bisfenoli (molekulske mase od 300 do 600), alkiliden-bisfenili (molekulske mase > 600), alkilfenoli, di-(3-tert-butil-4-hidroksi-5-metilfenil)-d ciklopentan, hidroksibencilne spojine (molekulske mase 300–600), hidroksibencilne spojine (molekulske mase > 600) oktadecil-3-(3,5-di-tert-butil-4-hidrifetil)-propionat, polihidroksifenilpropionat (molekulske mase > 600), amini, tioetri, fosfiti in fosfoniti, Zn-dibutil-ditiokarbamat, mešanice primarnih in sekundarnih antioksidantov.

Termoplastični materiali, ki se največkrat uporabljajo za embaliranje živil (polietilen, polipropilen, polistiren, polivinilklorid, polietilentereftalat itd.), in tudi vodovodne cevi niso najstabilnejši, zato jim proizvajalci dodajo razne stabilizatorje že v fazi priprave granulatov.

Glavne skupine drsnih sredstev so: alkoholi masti in estri dikarbonskih kislin, estri mastnih kislin glicerina in ostali alkoholi s kratkimi verigami, mastne kisline, amidi mastnih kislin, kovinske soli mastnih kislin, oligomeri mastnih kislin, mastni alkoholi – estri mastnih ki-

slin, kisline voskov, njeni estri in mila, polarni polietilenski voski in podobni produkti, nepolarni, poliolefinski voski, naravni in sintetični parafini, fluorirani polimeri, kombinirana drsna sredstva ...

Pigmenti in barvila so lahko anorganskega in organskega izvora (Smith, 1999). Med najpogostejše anorganske pigmente spadajo: TiO<sub>2</sub> – bela barva, ZnO – bela barva, (FeO)<sub>x</sub> (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>y</sub> – rjava barva, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – zelena barva, (Cd, Zn)S – rumena barva, Cd(S,Se) – rdeča barva, PbCrO<sub>4</sub> – rumena barva, Pb (Cr, Mo, S)O<sub>4</sub> – rdeča barva, Na<sub>6-8</sub>(Al<sub>6</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>24</sub>)S<sub>2-4</sub> – ultramarin modra, saje – črna barva, itd.

Med najpogostejše organske pigmente spadajo: azopigmenti (monoazopigmenti, diazopigmenti, kondenzirani diazopigmenti, soli azo-barvnih kislin), ne-azopigmenti (ftalocianidni pigmenti, cianakridoni, perilenski pigmenti, derivati naftalintetrakarbonskih kislin, Cu-ftalocianin, izoindoli, antrakrinski pigmenti, diazo-Sn-pigmenti itd.

Polnila in ojačitveni materiali so lahko organskega ali organskega izvora. Delno lahko v to skupino štejemo tudi pigmente.

Najpogostejša anorganska polnila so: kreda, smukec, stekleni prah, kremenov prah ipd. Kot organsko polnilo se najpogosteje uporabljata lesna moka in škrob.

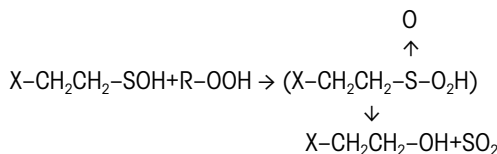
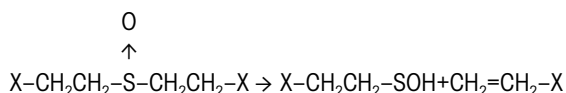
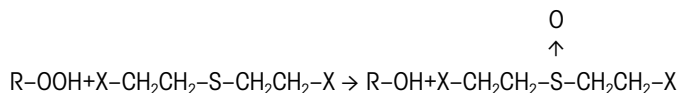
Kot ojačitveni materiali se uporabljajo: steklena vlakna, ogljikova vlakna, tekstilna vlakna

itd. Pogosto se na polimerno folijo oblepljajo ojačitvene tekstilne mreže.

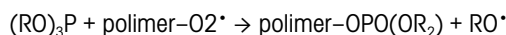
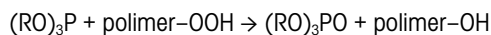
Pri vseh polimernih materialih se pojavljajo procesi degradacije (Domininghaus, 2005). To je glavni razlog za to, da se jim dodajajo različni stabilizatorji. Ti stabilizatorji so namenjeni njihovi termostabilnosti v fazi termičnega preoblikovanja, pozneje pa tudi odpornosti izdelkov. Izdelki iz plastike so zato praviloma zelo obstojni in v naravi zelo počasi razpadajo. Pri plastiki, ki se uporablja pri vodooskrbnih sistemih, pa je njihova stabilnost proti razpadanju še pomembnejša. Ker v večini primerov niso izpostavljeni atmosferi in sončni svetlobi, je njihova kemijska stabilnost še toliko večja. Kljub temu pa moramo v določenih primerih upoštevati tudi degradacijske procese, ki povzročajo poslabšanje kemijskih in mehanskih lastnosti, ter tudi raztapljanje določenih strupenih snovi v vodi. Še pomembnejše od tega pa je dejstvo, da so lahko stabilizatorji strupene snovi, ki lahko prehajajo v vodo. Zaradi tega je zelo pomembno kakšen PVC ali PE izberemo.

Pri avtooksidaciji so prisotni polimerni hidroperoksidi z reaktivnimi skupinami: –OH, –CO in –OOH (Ehrnstein, 2001). Te reaktivne skupine pospešujejo razpad polimera. Stabilizatorji delujejo tako, da izločijo reaktivne skupine, na ta način pa preprečijo nadaljnji razpad. Kot najboljši stabilizatorji so: tiospojine, fosforjeve spojine in kovinski dezaktivatorji.

Mehanizem stabilizacije s tiospojini:



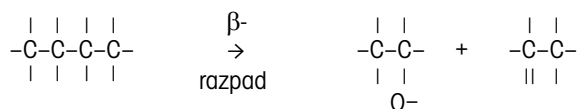
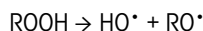
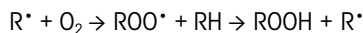
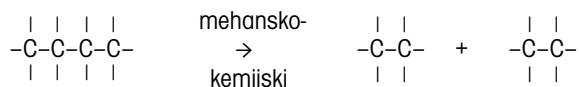
Mehanizem stabilizacije s fosforjevimi spojinami:



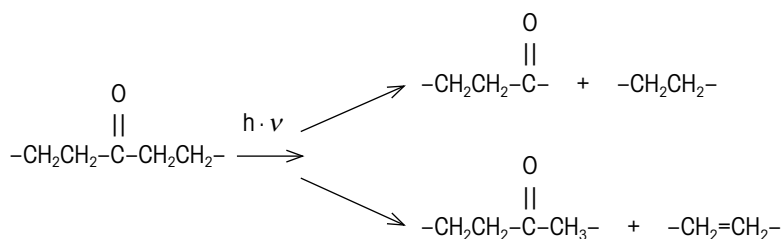
Kovinski dezaktivatorji sami ne stabilizirajo, temveč morajo biti v kombinaciji z drugimi antioksidanti.

Pri fotooksidaciji pride do poškodbe polimernih verig zaradi UV-žarkov, zaradi česar se na nestabilna mesta veže kisik iz zraka. Pri poliolefinih poteka fotooksidacija preko radikalov:  $R^{\bullet}$ ,  $RO^{\bullet}$ ,  $ROO^{\bullet}$ , pri čemer nastajajo hidroperoksidi, karbonil- in karboksivinsilne spojine, voda itd.

Nastajanje reaktivnih mest pri predelavi polimerov:



Razpadne reakcije pod vplivom UV



Navedeni so le najpomembnejši procesi degradacije in stabilizacije polimernih materialov, ki so bolj ali manj prisotni pri vseh vrstah plastike. Na lokalnem vodovodnem omrežju se lahko pogosto pojavijo povišane temperature od 30 °C do 90 °C, zato je pomembno, da so izbrani polimerni materiali dovolj termično stabilni. Pri tem je bistvenega pomena, kateri

stabilizatorji omogočajo takšno termično stabilnost.

#### Ostali materiali

Med pomembne materiale, iz katerih so zgrajeni vodooskrbni sistemi, lahko štejemo tudi: keramiko, salonit, juto, oglje, les itd. Od teh materialov v negativnem smislu najbolj

izstopa le salonit, ki vsebuje azbest. Vsi ostali materiali so bolj ali manj neproblematični. Morda je lahko problematična samo še juta, ki se uporablja kot tesnilni material pri spajanju cevi. Vendar pa je njen stik z vodo zelo majhen in zato nepomemben. Iz jute se lahko izlužijo različne snovi. Problematična snov pri tem je vretensko olje, ki se dodaja juti v fazi njene predelave v predilnici. Služi za lažje drsenje vlaken v fazi predenja.

Salonit je sestavljen iz azbestnih vlaken in cementnega veziva. Korozijo cementa smo obravnavali v predhodnem poglavju, ostanejo pa nam še azbestna vlakna. Azbestna vlakna so po svoji kemijski sestavi aluminijevi silikati. Zato so kemijsko zelo stabilna in ne povzročajo kakršnih koli kemijskih negativnih vplivov na človeka. Problematična je le njihova igličasta struktura, če pridejo v pljuča (Rossenmayer, 1999). Zelo drobna in ostra vlakna se zapičijo v pljučne mehurčke in povzročajo težke posledice za zdravje ljudi (azbestoza, rak). Če so azbestna vlakna prisotna v vodovodni vodi in pridejo v človeški organizem oralno, pa niso znani negativni vplivi na zdravje ljudi. Kontaminacija z azbestom je zato verjetna le pri vzdrževalnih in gradbenih delih, ko nastanejo prašni delci, ne pa pri zaužitju vode, v kateri je prisoten azbest.

Pri pripravi vode pridejo v stik z vodo tudi nekateri drugi materiali, ki niso sestavni deli inštalacijskih vodov in rezervoarjev. Takšni materiali so: različni filtrirni mediji, flokulanti, koagulant, ionski izmenjevalci, sredstva za dezinfekcijo itd. Tudi pri teh materialih je treba upoštevati možnost, da lahko vsebujejo določene problematične snovi, ki ostanejo v vodi.

nem omrežju. Za plastiko je bistvenega pomena, da ne vsebuje nevarnih snovi, ki bi lahko prehajale v vodo.

Pogosto se pri projektiranju in izgradnji vodooskrbnih sistemov premalo upošteva, kakšni materiali bodo vgrajeni. Sanacije lokalnih vodovodnih omrežij pa so večinoma prepuščene mojstrom, ki ne poznajo dovolj materialov, ki jih vgrajujejo, in tudi ne nevarnosti, ki lahko pri tem nastajajo. Nehote lahko ustvarijo galvanski člen, vročo vodo spustijo skozi premalo odporno plastično cev, uporabijo neustrezno tesnilo itd. Še celo pri nestrokovni uporabi filtra, ki je namenjen za čiščenje vode pred neposredno uporabo, lahko naredimo več škode kot koristi.

### 3 • SKLEP

Za zagotavljanje zadostnih količin kvalitetne pitne vode ne zadostujejo samo naravne danosti, temveč mora biti ustrezno zgrajen in vzdrževan tudi vodooskrbni sistem. Bistveno pri tem je tudi, da uporabimo ustrezne materiale. Pri nevodotesnem vodovodnem omrežju lahko nastane kontaminacija od zunaj, še posebej, če je v bližini nevodotesna kanalizacija. V korodiranih in nevodotesnih ceveh so lahko odlični pogoji za razvoj mikroorganizmov. Kontaminacija zaradi izluževanja kemijskih snovi v vodo je možna le v lokalnih

vodah z majhnimi pretoki. Opaznejši vplivi razpada materialov so zmanjšanje vodotesnosti vodovodnih omrežij. V Sloveniji znašajo povprečne izgube načrpane vode na vodooskrbnih sistemih med 10–30 %. Za procese razpadanja vodovodnih omrežij so krivi predvsem kovinski in cementni izdelki (salonit), medtem ko je plastika kemijsko precej stabilnejša. Pri plastiki so lahko intenzivnejši razpadni procesi samo pod vplivom sončne svetlobe ali pa pri povišani temperaturi. Takšnih pogojev pa običajno ni na vodovod-

## 4 • LITERATURA

- Boeckmann, W., Schwenk, W., Handbuch des katodischen Korrosionsschutz, Wiley, 1999.
- Dominghaus, H., Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, Springer Verlag, 2005.
- Ehrnstein, G. W., Polymeric Materials, Hauser Fachbuch, München, 2001.
- Korrosion/Korrosionsschutz, Fonds der Chemischen Industrie, 1994, Informationsserie Nr. 08, <http://fonds.vci.de>.
- Havelaer, A. H., Melse, J. M., Quantifying public health risk in the WHO, Guidelines for. Drinking – Water Quality, RIVM report 73401022/2003.
- Sommer, K., Wissenspeicher Chemie, Volk und Wissen Verlag, Berlin, 1991.
- Ladetzki, K., disertacija, Oberflächenuntersuchung von Edelstahlfeilen nach chemisch – physikalischer Belastung, Universität Marburg/Lahn, 2007.
- Nürnberg, U., Korrosion und Korrosionsschutz in Bauwesen, Bauverlag, 2002.
- Rauch, P., Korrosion von Beton und Stahlbeton durch chemische Verbindungen und Mikroorganismen, Institut für technische Mikrobiologie, Mannheim, 1984.
- Rossenmayer, H. J., Schzmm, H. P., Tepasse, R., Asbest-Handbuch, Erich Schmidt Verlag, 1999.
- Spellman, F. R., The Drinking Water Handbok, CRC PRESS, 1999.
- Zilch, K., Diederich, C. J., Katzenbach, R., Handbuch für Bauingeniere, Springer, 2001.



**KOČEVSKI TISK**

**KOČEVJE** d.d.

Ljubljanska cesta 18a, 1330 Kočevje

**REPROSTUDIO** ●  
**TISK** ●

**KNJIGOVEZNICA** ●

Ljubljanska c. 18/a  
1330 Kočevje

Tel.: 01 89 30 120

Fax: 01 89 30 130

E-mail: [info@kocevski-tisk.si](mailto:info@kocevski-tisk.si)  
<http://www.kocevski-tisk.si>