

## UPRAVLJANJE KVALITETOM PRI SANACIJI ARMIRANOBETONSKIH OBJEKATA

### QUALITY MANAGEMENT IN THE RECONSTRUCTION OF THE REINFORCED CONCRETE OBJECTS

Zdenko Ipavec\*, Mirko Soković\*\* in Bojan Grum\*\*\*

\*Salonit Anhovo, d.d., 5210 Anhovo, Slovenija

\*\*Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva 6, 1000 Slovenija

\*\*\* Constructa d.o.o., Hajdrihova 28, 1000 Ljubljana, Slovenija

#### REZIME

*U radu je dat primjer upravljanja kvalitetom pri sanaciji armiranobetonskih (AB) objekata - konkretno silosa za skladištenje cementa. Izložen je celokupan tok projekta, od snimanja početnog stanja, definisanja željenog stanja, planiranja postupaka sanacije, verifikacije dokumentacije, izbora izvodjača radova, sistemskog obezbedjenja kvaliteta izvodjača radova, nadzor kvaliteta izvedenih radova od strane investitora sanacije, do provere postignutog kvaliteta od strane spoljne i nezavisne ovlaštene institucije.*

**Ključne riječi:** upravljanje kvalitetom, sanacija AB - objekata, silosi za cement

#### SUMMARY

*In this paper a sample of a quality management in the reconstruction of a reinforced concrete objects - specially surfaces (walls) of reinforced concrete silos for the cement powder warehousing is described. All project phases have been studied: silos condition recording before reconstruction, reconstruction aim definition, reconstruction activity planning, reconstruction plan verification, executor selection, systematic reconstruction quality assurance by executor, supervision of reconstruction quality by investor and verification by an external independent institution.*

**Key words:** quality management, reinforced concrete objects reconstruction, cement powder silos

#### 1. UVOD

Očekivani vijek trajanja armiranobetonskih konstrukcij je najmanje 50 godina. U većini slučajeva u praksi je vijek takvih objekata, zbog različitih grešaka i propusta, kraći od očekivanog. Greške (propusti) nastaju kako u procesu projektovanja tako i u fazi gradnje i eksploatacije objekata. I odgovarajuće projektovani i građeni armiranobetonski objekti moraju biti u fazi eksploatacije podvrgnuti periodičkim pregledima i održavanju. Tako betonu kao i čeličnoj armaturi prijeti propadanje, što uz nedostatak potrebnih radova na održavanju prouzrokuje teško popravljiva oštećenja.

U preduzeću Salonit Anhovo su se s takvim primerom oštećenosti objekta suočili na armiranobetonskim silosima (sl. 1) za skladištenje cementa. Zbog grešaka (propusta) u fazi gradnje silosa i neodržavanja objekta u toku 21-godišnje eksploatacije, su na

spoljnim površinama silosa nastala takva oštećenja, da je bila ugrožena njihova funkcija – silosi nisu bili više vodo-nepropusni.



Slika 1: Silosi za skladištenje cementa (pred sanaciju)

Najuticajnija oštećenja su bila /1/:

- **odstupanje betona na otvorima za šalovanje**

Na mestima gde su bili otvori za šalovanje su po završenoj gradnji ostala ubetonirana metalna sidra. Otvori su bili zatvoreni cementnim malterom. Vreme je pokazalo, da postupak zatvaranja tih otvora nije bio odgovarajući. Sloj cementnog maltera nad ostatkom metalnog sidra je bio pretanak, što je omogućilo udar agresivnih čestica iz atmosfere i s tim koroziju sidara. Korozija je s vremenom prouzrokovala odstupanje betona na nekim od tih mesta (sl. 2a), što je bio uzrok za vodo-propusnosti zidova silosa.

- **oštećenje betona zbog korozije metalne armature**

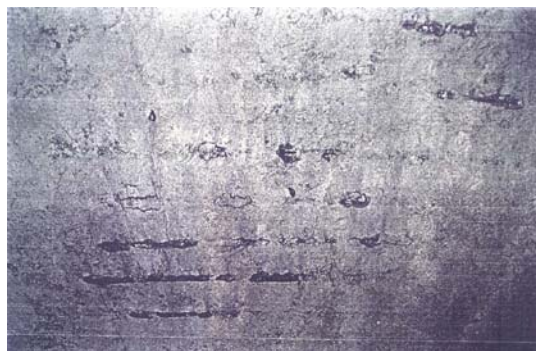
Na nekim mestima je bila čelična armatura pri gradnji silosa nepravilno ugrađena (neposredno ispod površine betona). Debljina betonskog sloja nije bila dovoljna da adekvatno zaštiti armaturu pred korozijom, što je prouzrokovalo karakteristično odstupanje betona nad armaturom (sl. 2b).

- **rast lišajeva odnosno mahovine**

Pojedina područja (pre svega u sjeni) su bila oštećena zbog prevelike poroznosti i vodo-upojnosti betona. U pore se je zbog zadržavanja vlage naselila mahovina (sl. 2c), što je dodatno ubrzalo propadanje površinskog sloja betona.



a)



b)



c)

Slika 2: Karakteristična oštećenja betona

## 2. ODLUKA O SANACIJI

Obzirom na vrstu i raširenost oštećenja kao i uticaj oštećenja na funkcionalnost silosa, u preduzeću Salonit Anhovo d.d. su se odlučili za integralnu sanaciju objekta.

### 2.1 Definisanje željenog stanja - glavnih ciljeva sanacije

Ciljevi, koji su bili prioritarno postavljeni su sledeći:

- **obezbediti vodotesnost objekta;**
- **zaštiti betonske površine pred prevelikom upojnošću vode i time smanjiti mogućnost ponovnog nastanka oštećenja;**
- **obezbediti određenu estetiku objekta, obzirom na to da objekat stoji na osetljivoj lokaciji uz smaragdnu reku Soču.**

### 2.2 Odredjivanje potrebnih postupaka za postizanje ciljeva

Za postizanje postavljenih ciljeva odnosno željenog kvaliteta bio je potreban sistemski pristup po sledećim koracima /8/:

1. Planiranje postupaka radova - izrada projekta sanacije.
2. Verifikacija nacрта sanacije - revizija projekta.
3. Izbor odgovarajućega izvođača radova.
4. Obezbedjenje kvaliteta izvođenja sanacionih radova.
5. Provera (super nadzor) postignutog kvaliteta.

### 3. PRIKAZ PROJEKTA SANACIJE

#### 3.1 Planiranje postupaka radova - izrada projekta sanacije

Izrada projekta je bila poverena preduzeću za consulting, projektovanje i nadzor, koje ima bogata iskustva sa sanacijama takve vrste, tako u zemlji kao i u inostranstvu. Projekat je bio izrađen u skladu sa postojećim zakonima, tehničkim propisima, pravilnicima, opšte priznanim normativima i standardima, koji važe za to područje. Projekat je obuhvatao:

- tehnološki projekat za izvođenje sanacije,
- izmeru površina, koje je potrebno sanirati,
- popis radova i predviđeni obim pojedinih radova.

Sa stanovišta upravljanja kvalitetom najveći uticaj je imao tehnološki projekat, koji je na osnovu utvrđenog stanja betonskih površina određivao:

- potrebne tehnološke postupke odnosno faze radova,
- kvalitet upotrebljenih materijala.

#### 3.2 Verifikacija nacрта sanacije - revizija projekta

Obzirom na značajnost projekta smo se odlučili za dodatnu provjeru adekvatnosti pre svega tehnološkog projekta sanacije. Pošto investitor nije imao određena znanja i iskustva s takvim sanacijama je taj zadatak poverio nezavisnoj i stručno osposobljenoj instituciji - Gradbenemu inštitutu ZRMK, Ljubljana.

#### 3.3 Izbor odgovarajućeg izvođača radova

Na osnovu verifikovanog projekta za izvođenje sanacije je bio izvršen izbor ponuda prijavljenih izvođača radova, koji su specijalizovani za takve radove. Pri izboru najadekvatnijeg ponuđača je bio, pored cijene i roka završetka sanacije, poseban akcent dat na ocenu sposobnosti izvođača da obezbjedi i garantuje kvalitetno izvođenje radova. Provjeravao se:

- ugled na tržištu (reference),
- pristup ka upravljanju kvalitetom (sistem obezbeđenja kvaliteta),
- poverenje izvođača u kvalitet vlastitih usluga (ponuđene garancije).

#### 3.4 Upravljanje kvalitetom izvedbe sanacionih radova

Sve učesnike kao i njihove uloge u procesu upravljanja kvalitetom izvođenja radova prikazuje model na slici 3.

### 3.4.1 Obezbedjenje kvaliteta od strane izvođača radova

Izvođač obezbeđuje kvalitet izvedbe radova tako, što radove izvodi po "Programu obezbeđenja kvaliteta", kojeg je sam izradio pred početkom sanacije. Osnova za izradu Programa obezbeđenja kvaliteta je tehnološki projekat sanacije, koji određuje zahtjeve za upotrebene materijale i tehnološke postupke za izvedbu sanacije. U Programu obezbeđenja kvaliteta je izvođač definisao:

- **uputstva za izvedbu pojedinih postupaka odnosno faza radova,**
- **plan (nacrt) izvodjenja tekuće unutarnje kontrole.**

#### 3.4.1.1 Uputstva za izvedbu pojedinih postupaka

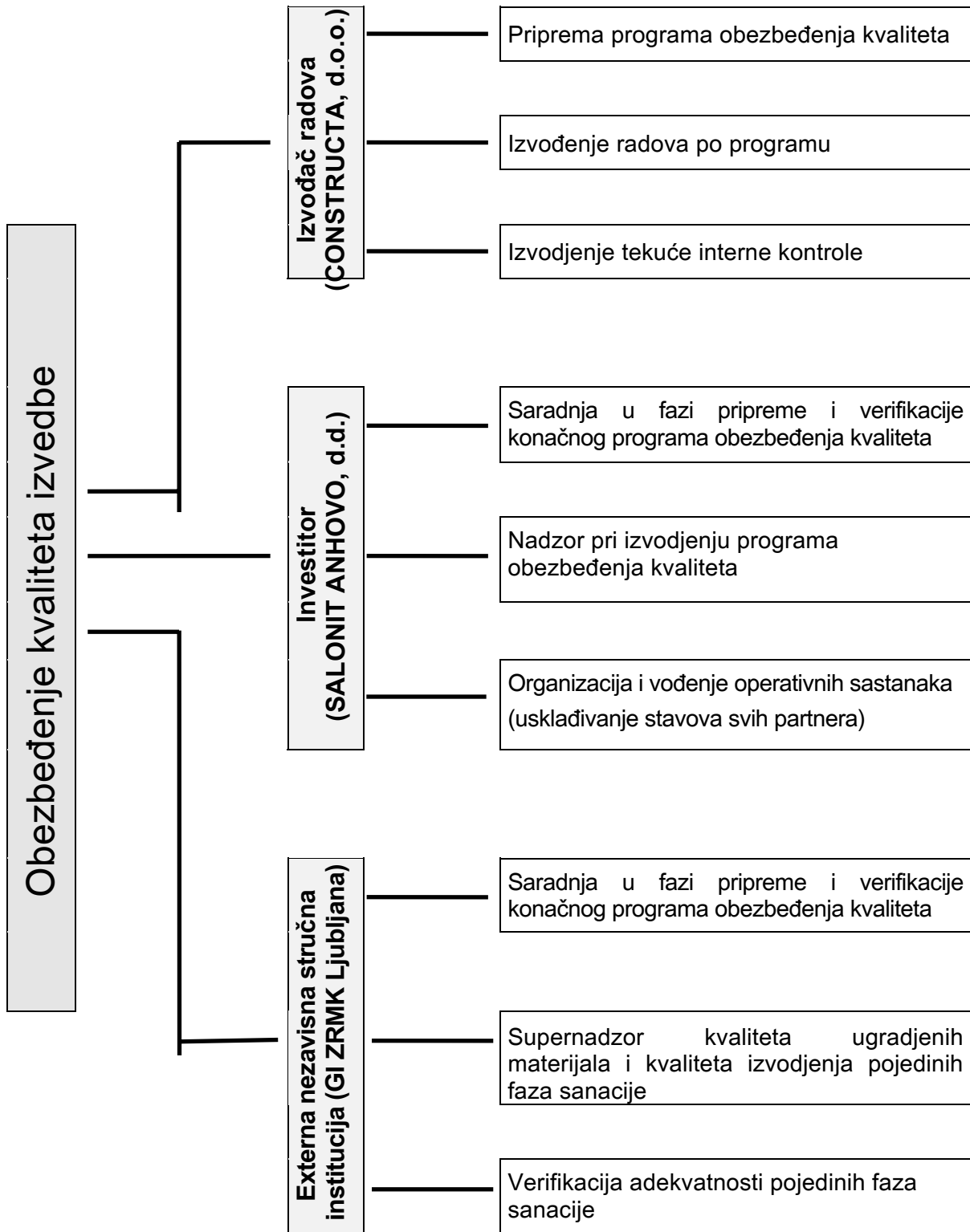
Izvođač radova je, u saradnji sa predstavnikom investitora i spoljne nezavisne kontrole, izradio uputstva za izvođenje pojedinih, pri sanaciji upotrebljenih tehnoloških postupaka, t.j. "Uputstava za postupke":

Uputstvo br. 1: **Priprema podloge.**  
Uputstvo br. 2: **Protikorozijska zaštita metalnih delova.**  
Uputstvo br. 3: **Reprofilacija oštećenja na betonskim površinama.**  
Uputstvo br. 4: **Zaštita betona sa hidroizolacionim premazima.**  
Uputstvo br. 5: **Površinska zaštita betonskog omotača (plašta) silosa.**  
Uputstvo br. 6: **Površinska zaštita betonskog krova silosa.**

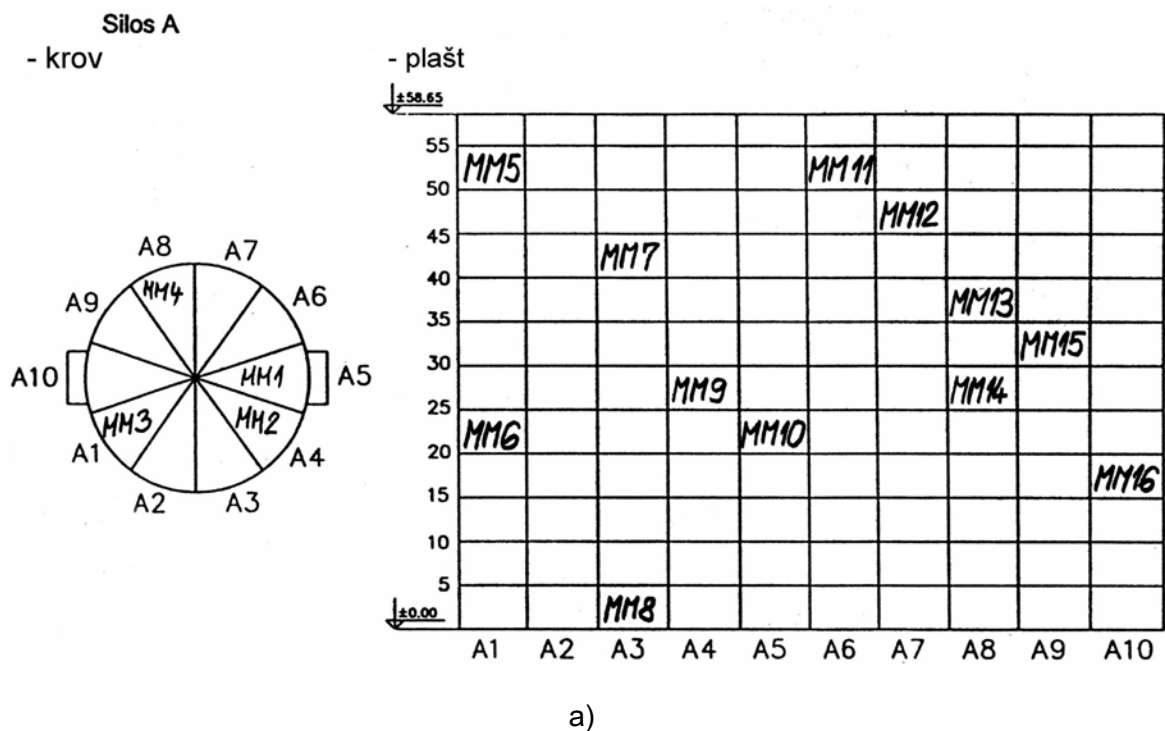
Uputstva za pojedine postupke radova opredeljuju:

- namenu i obim radova,
- referentnu dokumentaciju,
- preduslove,
- zahteve sigurnosti i ograničenja,
- tehnološka uputstva za izvedbu postupka,
- kriterijume adekvatnosti izvedbe postupka,
- izvedba nadzora.

U sklopu uputstava za izvedbu postupaka /2/ su bila, skladno uputstvima, pripremljena odgovarajuća testna polja sa predlaganim sistemom sanacije i konačnim premazom. Katastar pojedinih polja na krovu i plaštu silosa prikazuje slika 4a, "pull off test" slika 4b, testno polje za konačni premaz pa slika 4c. Izvedeni testovi na tim poljima su potvrdili vrednosti iz kataloga za predložene materijale kao i adekvatnost uputstava.



Slika 3: Model upravljanja kvalitetom pri sanaciji armiranobetonskih silosa



b)

c)

Slika 4: Prikaz testnih polja I "pull off" testa

Rezultati athezijske čvrstoće materijala, dobiveni s "pull off" testom na testnom polju, su dati u tabeli 1.

Tabela 1

Postojeće stanje		Athezijski naponi u MPa			Prosek u Mpa	min. u MPa	Zahtevi u MPa
		1.mereni	2.mereni	3.mereni			
betonska podloga	vrednost	3,80	3,60	3,30	3,57	3,30	min. 1,50
	pretra	kontakt	kontakt	kontakt			
Hidroizol po 7	vrednost	1,30	1,70	1,50	1,50	1,30	pros. 1,50 odn.
	pretra	kontakt	30 p. 70	kontakt			

### 3.4.1.2 Plan (nacrt) izvedbe tekuće unutarnje kontrole

U planu (nacrtu) izvođenja tekuće unutarnje kontrole izvođač zapiše kako će kontrolisati kvalitet sanacionih radova po pojedinim fazama.

Zbog značajnosti elementa tekuće unutarnje kontrole izvođača u ukupnom sistemu obezbeđenja kvaliteta sanacije, su predstavnici svih triju, pri sanaciji saradujućih, strana posvetili veliku pozornost pripremi plana (nacrt) interne kontrole. Određeni su bili:

- **postupci interne kontrole za obezbeđenje kvaliteta ugrađenih materijala:**

1. Identifikacija dobavljenog materijala.
2. Kontrola dobavljenoga materijala.
3. Kontrola uslova uskladištenja dobavljenog materijala.
4. Provera dokaza o adekvatnosti materijala.
5. Ispitivanje čvrstoće sanacionih maltera.

- **postupci interne kontrole za obezbeđenje kvaliteta izvedbe radova:**

1. Utvrđivanje karbonatizacije betona.
2. Utvrđivanje adekvatnosti pripreme betonskih površina.
3. Utvrđivanje adekvatnosti čišćenja metalnih površina.
4. Provera klimatskih uslova u toku izvedbe sanacije.
5. Provera adekvatnosti izvedbe antikorozijske zaštite.
6. Provera adekvatnosti čvrstoće reparacionih maltera.
7. Provera adekvatnosti čvrstoće hidroizolacionog premaza do podloge.
8. Provera adekvatnosti čvrstoće konačnog premaza boje do podloge..

Za svaki kontrolni postupak je izrađen kontrolni list pomoću kojeg je praćeno izvođenje postupaka. Na kontrolnom listu su za svaki kontrolni postupak opredjeljeni:

- način izvedbe,
- opis izvedbe,
- lokacija izvođenja,
- učestanost (frekvencija) izvođenja,
- kriterijum kvaliteta.

Pored učestanosti (frekvencije) izvođenja postupaka kontrole su bile u mreže omotača (plašta) silosa, obzirom na unaprijed predpisan raster (sl. 4a), unesene lokacije izvedbe postupaka i s tim dodatno kontrolisana pravilna distribucija (razpršenost) uzimanja uzoraka odnosno izvođenja određenog postupka.

### 3.4.2 Obezbeđenje kvaliteta od strane investitora

Investitor je značajno doprinio obezbeđenju kvaliteta izvedenih radova kroz:

- **planiranje i izvođenje vlastitih aktivnosti u smislu nadzora,**
- **angažovanje i uključivanje nezavisne stručne institucije u proces sanacije.**

Aktivnosti odnosno zaduženja investitora su bila pre svega:



- saradnja u fazi pripreme i verifikacije "Programa obezbeđenja kvaliteta sanacionih radova";
- nadzor usklađenosti izvedbe radova izvođača sa "Programom obezbeđenja kvaliteta sanacionih radova";
- organizacija i vođenje operativnih sastanaka, kao i sastanaka za potrebna usklađivanja između izvođača (interna kontrola), investitora (nadzor) i nezavisne stručne institucije (eksterna kontrola - super nadzor).

Za što je moguće bolju informisanost i usklađeno djelovanje svih partnera u procesu sanacije su bili organizovani redovni nedeljni operativni sastanci. Na tim sastancima se:

- usklađivalo stavove i popravljalo odnosno dopunjavalo "Program obezbeđenja kvaliteta";
- ažurno informisalo o toku sanacionih radova;
- detaljno terminski planiralo aktivnosti;
- proveravalo izvođenje usvojenih dogovora;
- ažurno informisalo o rezultatima i zaključcima interne kontrole, nadzora in eksterne kontrole - super nadzora;
- verifikovalo adekvatnost ili neusklađenost izvedbe pojedinih postupaka (faza radova);
- donosilo zaključke o konkretnim merama u slučaju, da rezultati kontrole nisu postigli propisane vrednosti.

Nezavisna stručna institucija (ZRMK Ljubljana) je značajno doprinijela ka obezbeđenju kvaliteta izvedbe sanacionih radova kroz slijedeće aktivnosti:

- **saradnju u fazi pripreme i verifikacije "Programa obezbeđenja kvaliteta" izvođača radova**

U pripremi novog Programa obezbeđenja kvaliteta je ta institucija saradivala kroz:

- davanje saveta o sadržini i obliku dokumenta;
- predlaganje uvođenja određenih dodatnih kontrolnih postupaka;
- predlaganje odnosno određivanje kriterijuma kvaliteta kod pojedinih kontrolnih postupaka;

- **super nadzor kvaliteta ugrađenih materijala i kvaliteta izvedbe pojedinih faza sanacije**

Nezavisna stručna institucija je obezbeđivala kvalitet ugrađenih materijala kroz:

- nadzor postupaka obezbeđenja kvaliteta ugrađenih materijala od strane interne kontrole izvođača;
- vlastita ispitivanja pojedinih pri sanaciji ugrađenih materijala (npr. ispitivanje čvrstoće na savijanje i pritisak sanacionih maltera).

U okviru super nadzora kvaliteta izvedbe pojedinih faza sanacije je nezavisna stručna institucija:

- tekuće pratila rezultate interne kontrole izvođača i zapažanja nadzora investitora;
- izvodila vlastite kontrolne preglede i ispitivanja;
- proveravala atehzijsku čvrstoću konačnog zaštitnog premaza ("pull off" test).

O rezultatima ispitivanja i testiranja je nezavisna stručna institucija tekuće informisala tako investitora kao i izvođača na operativnim sastancima u prostorima investitora. Po završetku pojedinih faza sanacije je ta institucija izdala pisni dokument o izvršenim kontrolnim pregledima i ispitivanjima.

- **verifikaciju adekvatnosti izvedbe pojedinih faza sanacije**

Po završetku pojedine faze sanacije je nezavisna kontrolna institucija potvrdila adekvatnost izvedbe te faze na osnovu:

- informacija od strane nadzora investitora,
- rezultata unutarnje kontrole izvođača,
- rezultata vlastitih kontrolnih pregleda i ispitivanja.

Adekvatnost izvedbe pojedine faze sanacije je potvrdila podpisom na kontrolnom listu interne kontrole izvođača u rublici "Kontrolu kvaliteta potvrdio: \_\_\_\_\_".

#### 4. ZAKLJUČAK

Smatramo da je izuzetno važno, da se takvoj sanaciji pristupi sistematski, korak po korak, tako kao što je to predstavljeno u radu. U fazi pripreme na sanaciju je korisno uložiti više vremena i energije, jer jedino na osnovu toga možemo očekivati planiran tok izvedbe radova i postizanja željenog kvaliteta.

Rezultat dobro pripremljenih i vođenih radova je uspešno završena sanacija cca. 15000 m<sup>2</sup> betonskih površina silosa (sl. 5).



Slika 5: Konačni izgled saniranih silosa za beton

#### 5. LITERATURA

- /1/ Ipavec Z.: Zagotavljanje kakovosti pri sanaciji betonskih silosov, diplomska naloga S109, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 1999.
- /2/ N.N.: Projekt sanacije silosov cementa, št. projekta: 156-G/98 Constructa d.o.o., Idrija, 1998.