

Kartläggning av reparationsmetoder för Kärnkraftsindustrin - Pilotstudie

ELFORSK - 2015:161



Syfte och mål

- Kartlägga påbörjade och planerade reparationsprojekt för att systematiskt beskriva reparationsarbetena inom kärnkraftverken.
- Utvärdera genomförda reparationsobjekt
- Pilotstudien kan utökas med ett huvudprojekt med ökad detaljeringsgraden på rekommendationerna.

Metod

- Kartlägga rep. processer - jämför med SS-EN 1504 & REHABCON.
- Ställdes processerna mot några alternativ?
- Undersök om den valda och genomförda reparationsmetoden uppfyller ställda krav.
- Undersök om det finns nyare reparationsmetoder som kan ersätta den äldre metoden.

Del av litteraturstudien

Kap. 2.7 - Katodiskt skydd:

Genom offeranoder eller påtrycktström sänka armerings korrosionspotential – dvs ta bort de korroderande ytorna.

Fungerande metod

Kap. 2.8 – Korrosionsinhibitorer:

Kemisk substans som kan fördröja initieringen av armeringskorrosion och/eller minska korrosionshastigheten.

Inhibitorer i färsk betongmassa har haft goda resultat i Amerika, Japan och i mellan östern. Applicering på färdiga betong ytor har inte haft några bättre resultat. *(NORECON Task T2)*

Kap. 2.8 – Permeabilitetsreducerare tillsatser (PRA)

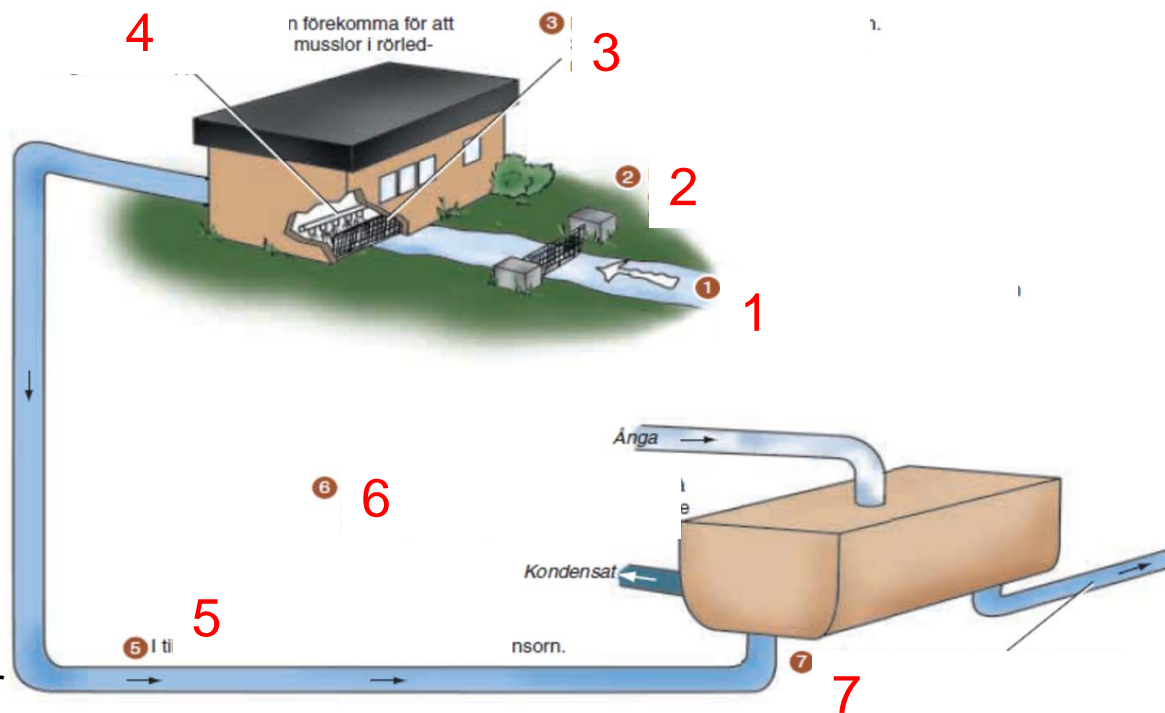
Förbättra betongens hållbarhet genom kontroll av fuktens och vattnets rörelse, (t.ex. reducera inträngande kloridjoner)

Tätar mot inträngning av vatten med tryck, fortsatt aktiva och vid fukt självtätar de sig. *(ACI 212.R-10)*

Valda reparationsobjekt - Kylvattenkanaler

Allmän beskrivning av kylning av kärnkraftverk

1. Kylvatten från havet leds in till intagsbyggnaden via kylvatteninlopp med ca 20 – 60 m³/s för varje turbin.
2. Rensgaller grovrensar vattnet
3. Finrensning i intagsbyggnaden.
4. Ev. dosering för att motverka påväxt i systemet.
5. Från tillloppstunnel pumpas vatten till kondensorn i turbinbyggnaden.
6. Kylvattnen upptar värme från ångan som passerar turbinanläggningen. Det kondenserade vattnet pumpas tillbaka in i anläggningen.
7. I avloppstunneln går kylvattnet ut i havet igen. Det utgående vattnet är ca 10 °C varmare än det ingående vattnet.



Instruktioner och underhållsprogram RAB

Underhållsprogram Ringhals

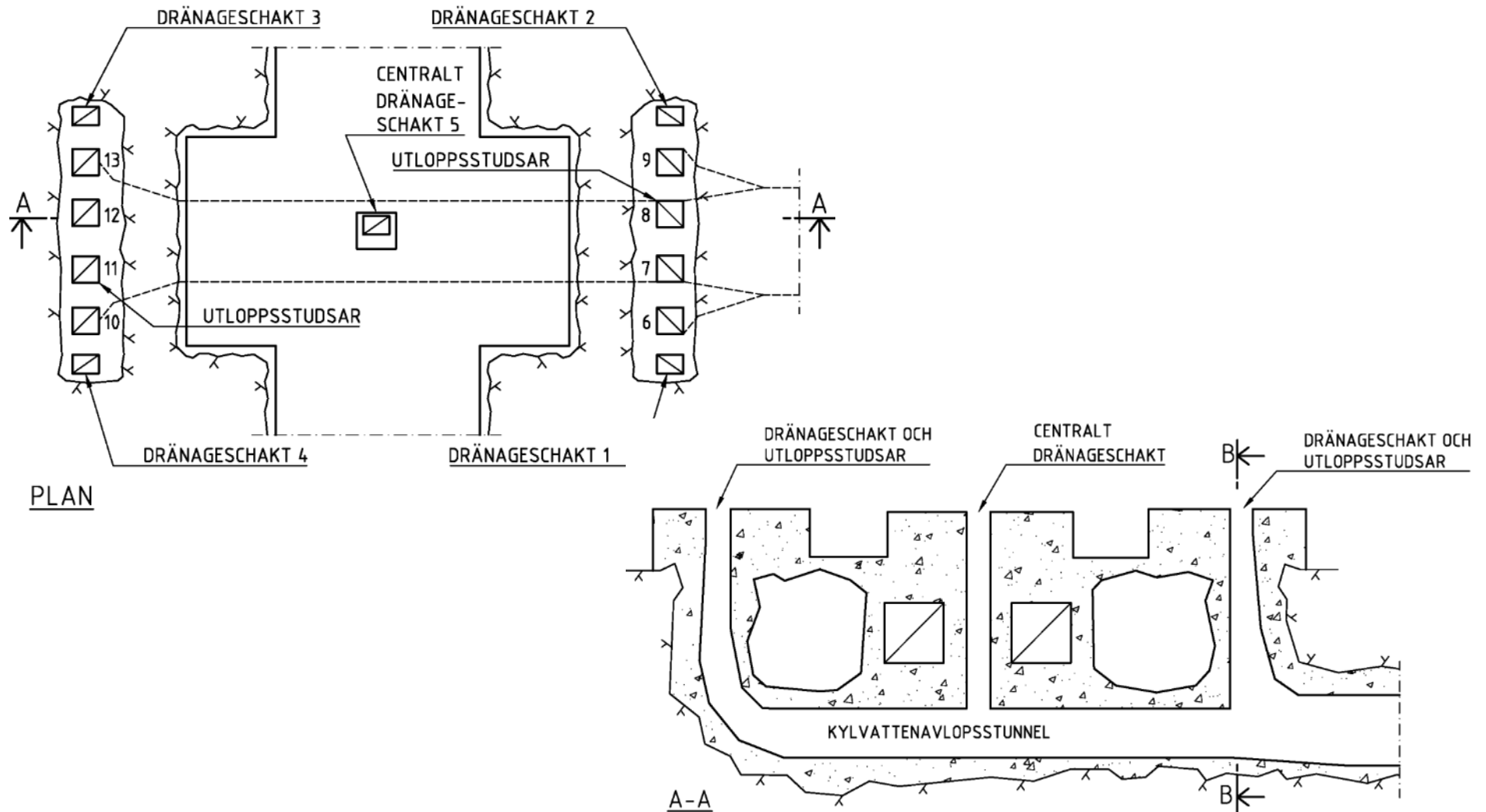
- Anger instruktioner som ska användas vid kontroller med angivna inspektionsintervall.

Inspektion av	Intervall
Kylvattentunnel	1ggr/1år
Hjälpkylvattentunnlar	1ggr/2år

Underhållsinstruktioner Hjälpkylvattentunnlar för R1 - R4

- Anger hur inspektion och vilka kontroller som ska utföras.
 - **Avsyning** - Okulär kontroll
 - **Inspektion och kontroll** – Bomkartering, Friläggning av armering, täckskiktskontroll och betongprover

Renovering av kylvattentutlopp R3/R4



Ren. av kylvattentutlopp R3/R4 - Utloppstuds

- Efter vattenbilning - kraftig armeringskorrosion hittades i flera områden.
- Flera områden utan indikation på bom hade rostangripen armering.
- Kloridkoncentrationen vid armeringsdjup 40-50 mm in i betongen varierar mellan 0,8 – 1,5 Cl⁻ /cementvikt [%] vid skvalpzon.
- Framtida korrosionsprocess kan förhindras med ett katodiskt skydd.



Renovering av kylvattentutlopp R3/R4 - Tunnel

- Betong kring utfällningar av svartrost var överlag inte bom.
- Armeringen var i ett gott tillstånd med enstaka lokala korrosionsangrepp.
- Kloridkoncentrationen 40-50 mm in i betongen varierar mellan 0,7 – 1,3 Cl/cementvikt [%]
- Inga åtgärder bedöms vara nödvändiga. Övervakning och besiktning bör utföras ett 5-års intervall.

(För jmf, Beräknade kloridtröskelvärden
Forsmarksmiljö)



Exponering, marin miljö	Tröskelvärde, Cl _{t,C} , i % av cementvikt		
	Portlandcement (CEM I) med vct =		
	0.5	0.4	0.3
Ständigt under vatten	1.6	2.1	2.3
Stänk- och tidvattenzon	0.5	0.8	0.9
Luftburet salt	0.5	0.8	0.9

Genomgång kylvattentutlopp OKG

Sammanställning av undersökta konstruktioner vid OKG:

Låg omfattning av korrosion

- Rensverksbyggnad O1, O2 – 2010, 2013
- Inloppskanal, O3. 2007, 2013

Måttlig omfattning av korrosion

- Turbinbyggnad, inlopp till kondensorn, O2. 1998, 2013
- Turbinbyggnad, inlopp till kondensorn, O3. 2011

Hög omfattning av korrosion

- Turbinbyggnad, utlopp från kondensorn, O2. 1998, 2013
- Turbinbyggnad, av utlopps-bassäng för hjälpkylsystem, O2. 2012
- Hjälpkylvattenbyggnad, utloppskanal kanal L7, L8 och L12, 2014

Tidiga reparationer kylvattentutlopp OKG

Betong- och armeringsprovning, in- och utloppstunnlar – O2 (2010-10085)

- *Inspektion utförd 1998*

Reparationsanvisningar

1. *"Takytor: Bomma partier vattenbilas till ca 100 mm djup. All frigjord armering rengörs från rost och betongrester. Skadade armeringsstänger kompletteras med nya. Takytan lagas med sprutbetong, hållfasthetsklass lägst K40."*
2. *"Golv: Samtliga golvytor bomknackas och skadade ytor lagas med betong K40."*
3. *"Skadade partier på samtliga väggar vattenbilas och lagas med sprutbetong K40."*



Nya inspektioner av tidiga reparerade kylvattentutlopp OKG

2013 gjordes tillståndsbedömningar av betongkanaler efter kondensorn.

- Det fanns eroderade ytor med frilagd ballast.
- Korroderad armering vid friläggning.
- Delaminerad betong vid bomknackning, runt tidigare lagade ytor.
- Kloridhalten varierade på stråkens insidor från 0,13 till 1,41 kloridjoner per cementvikt-%



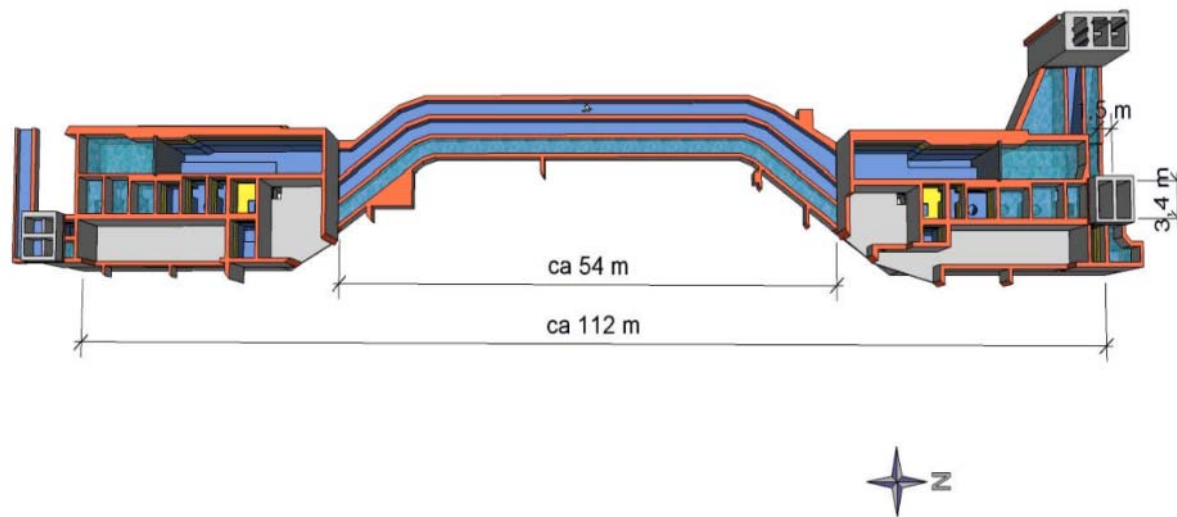
Bedömning:

- Korrosionsangreppen är omfattande och behöver åtgärdas.
- Borrkärnorna hade en mycket hög kloridhalt. Flertalet av de kontrollerade armeringsjärnen uppvisade korrosionsangrepp av s.k. svartrost.
- De offeranoder som har installerats har troligen inte bidragit till att korrosionsangreppen avstannat pga. att bomområden har hittats.

Genomgång kylvattenvägar FKA

Inspektion och åtgärder hjälpkylvattenkanaler L3 och L4

- Okulär inspektion
- Bomknackning
- Täcksiktсмätning
- Mätning av armeringskorrosion (potentialmätning)
- Urtag av borrhärnor



Genomgång kylvattenvägar FKA



Rostutfällningar som troligen härrör från formstag



Handbilning av lös betong

Konstruktioner under vatten: Korrosionshastigheter under vattenytan var låga pga. begränsad tillgång på syre. Förslag visuella inspektioner t.ex. vartannat år.

Konstruktioner vid vattenlinjen:

- Upptäckta korrosionsskador låg vid vattenlinjen. Hög korrosionshastighet vid mätning.
- Okulär besiktning och bomknackning bör utföras årligen.

Konstruktioner belägna över vattenlinjen:

Låg risk för armeringskorrosion. Inspektion med ett intervall på 2-3 år.

Reparationsprocess enligt REHABCON

Förvaltningsprocessen enligt REHABCON:

Anläggningsdata

Inspektion

Tillståndsbedömning

Krav och normer

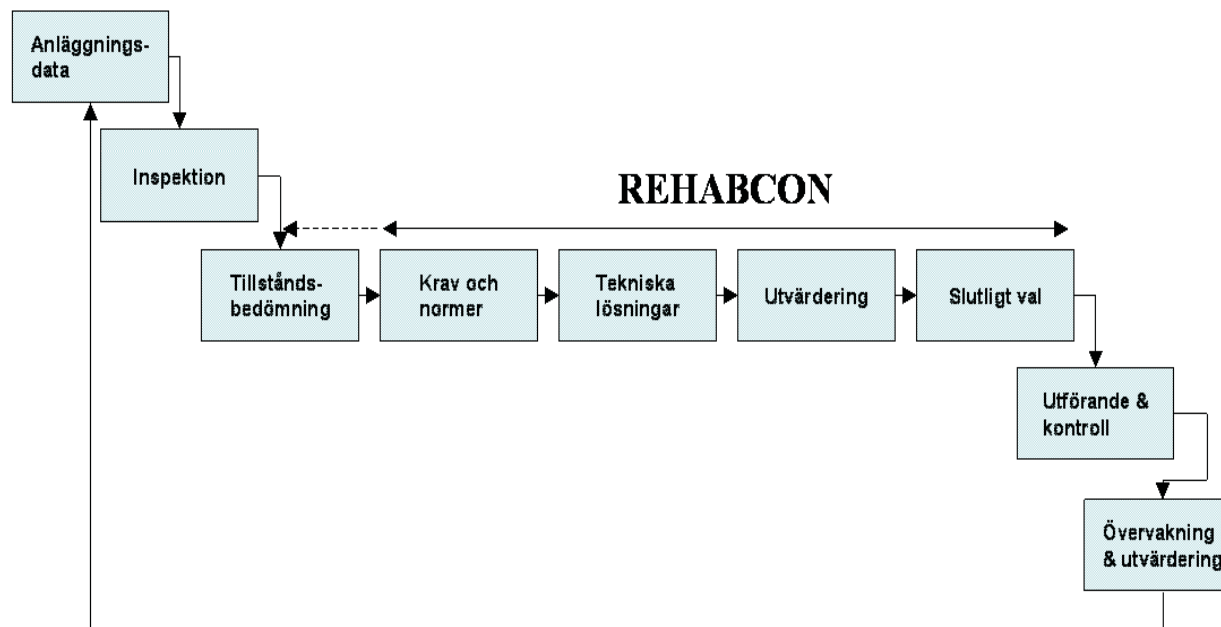
Tekniska lösningar

Utvärdering

Slutligt val

Utförande och kontroll

Övervakning och utvärdering



Reparationsstandard SS-EN 1504-9

SS-EN 1504-9 Allmänna principer:

Behandlar reparationsprocessen med dess huvudmoment:

- Tillståndsbedömning
- Orsaksidentifiering till nedbrytning
- Val av lämpliga principer och reparationsmetoder

- **SS-EN 1504-10 - Utförande**

- Krav på reparationen
- Preparering och applicering av underlag
- Kvalitetsstyrning

Sammanfattning

Tillståndsbedömningar och val av reparationsmetod kärnkraftverken:

- FKA och RAB har besiktningsrutiner med kontroll punkter och program hur dessa ska åtgärdas.
- Reparationsmetoderna stämmer väl överens med SS-EN 1504.

Reparationsmetoderna för skadade pga armeringskorrosion likadana för samtliga kärnkraftverk.

- Vattenbilning av skadad och kloridhaltig betong
- Ersättning och/eller komplettering av skadad armering
- Pågjutning av ny betong eller applicering av sprutbetong med god kvalitet och med ett lågt vct.
- Täckande betongskikt för vald exponeringsklass enligt standard.
- Katodiskt skydd

Slutsatser

- Kloridtröskelvärde är generellt svårt att bestämma. Vid skvalpzonen kan kloridtröskelvärde gå ner så lågt som till 0,2 %.
- Vattentemperaturen är förhöjd i kylvattenavloppssystemet och kan vara en trolig orsak till förekomsten av svartrost i konstruktionerna. Ökad temperatur är gynnsam för armeringskorrosion.
- Olika former av katodisk skydd har visat sig fungera. Vid mätning på fält för ett påsprutat zinklager visade att ingen pågående korrosion fanns då. => Det påsprutade zinksiktet skyddar armeringen.
- Vid reparationer ställs det krav på utförandet för att reparationerna ska bli bra.
 - T.ex. vid vattenbilningen i OKG kan man se att den ej har gjorts tillräckligt djupt bakom armeringen. Tillståndsbedömningar efter dessa utförda reparationer konstaterades delamineringar bl.a. i tidigare lagningar.
- Generellt är en tät betong av god kvalitet viktig. Eventuellt kan tillsatser i den färska betongen öka livslängden. Tillsatser kräver generellt en tät betong för att ge ett gott resultat t.ex. korrosionsinhibitorer.

Thank you for your attention!