

## Härdningsstyrning med ingjutna kylrör

### Bakgrund och syfte

Metoden att kyla grova betongkonstruktioner med ingjutna kylrör är känd hos betongbyggare. Ändå kommer den mycket sällan till användning. Ett av skälen är att dimensionering av kylrörssystemet kräver en metod för beräkning som få har. Hittills har val av kylrör skett mest på känn eller genom grova överslag.

Styrning av härdningstemperaturen hos hårdnande betong med ingjutna kylrör tillämpades sommaren 1989 på kärnkraftverket Ringhals 2 vid igengjutningen av en 6,6×8 m stor håltagning i reaktorinneslutningens 1,2 m tjocka vägg.

Syftet med denna undersökning är att jämföra beräknade effekter av kylrör med uppmätta på en verklig betongkonstruktion under arbetsplatsförhållanden.

### Datorberäkningar av härdningstemperaturer

För att kunna utnyttja metoden med kylrör där den är bäst krävs att man har ett teoretiskt dimensioneringshjälpmedel så att man på planeringsstadiet kan beräkna vilka effekter kylrören ger. Man behöver även kunna jämföra nytta och kostnad för denna metod med andra sätt att påverka betongens härdningsförlopp.

För den aktuella väggdelen bestämdes erforderligt antal kylrör genom att efter hand beräkna medeltemperaturen i tvärsnittet med olika antal kylrör inlagda. Genom att beräkna hur temperaturen varierade över tvärsnittet kunde de enskilda kylrörrens placering väljas så att de gav bäst kyleffekt. De utförda datorberäkningarna förutsatte en- respektive tvådimensionell värmeströmning.

Fig 1 visar beräknad och förutsatt medeltemperatur i väggen. Kylbehovet är störst under de inledande dygnet varför kylningen påbör-

jas redan under gjutningen. När temperaturkurvan har börjat falla, regleras kylvattentemperatur och kylvattenflöde så att betongens medeltemperatur antar avsedd härdningstemperatur, i detta fall +15°C. Fig 1 visar som jämförelse beräknad medeltemperatur utan kylrör.

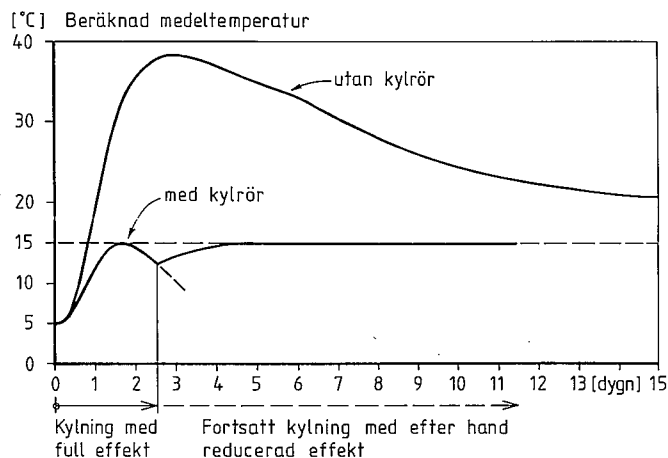
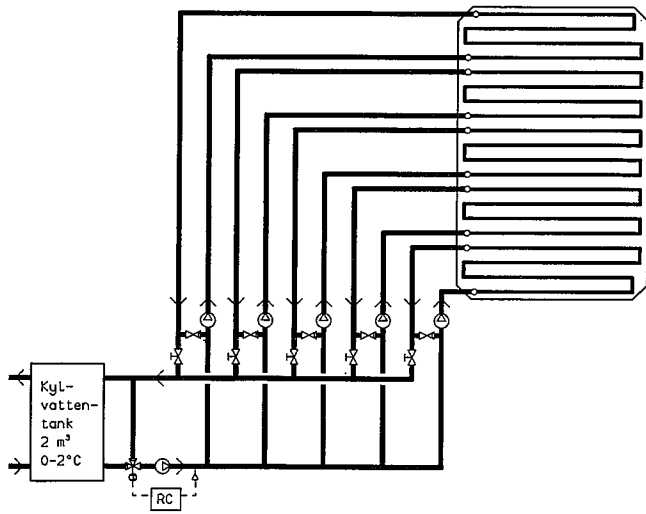


Fig 1. Beräknad medeltemperatur i väggen dels med och dels utan kylrör.

### Kylrörssystem

För att kylrörssystemet skall vara effektivt krävs tillgång på kallt kylvatten, vilket ofta inte finns när kylning med kylrör behöver utnyttjas. För framställning av kylvatten av 0–2°C övervägdes två alternativ. Man kan utnyttja en kylmaskin som producerar kallvatten. Ett annat sätt kan vara att kyla ner kylvattnet genom isinblandning. Montering av kylrör, gjutning och vibrering av en hårt armerad massivkonstruktion kan även av utrymmesskäl medföra svårigheter vid utförandet.

Kylmaskinens effektbehov beräknades utifrån antagandet att all reaktionsvärme skall bortledas genom kylrören. Fig 2 visar installationer för reglering av kylvattenflöden och kylvattentemperaturer genom shuntning i 5 separata kylrörsslängor.



Symboler:

- |                  |                                     |
|------------------|-------------------------------------|
| pump             | $\phi$ ställdon                     |
| backventil       | tre-vägs reglerventil (shuntventil) |
| strypventil      | temperaturgivare                    |
| RC reglercentral |                                     |

Fig 2. Utrustning för reglering av kylvattentemperatur och kylvattenflöden.

### Styrning av härdningstemperaturen

För att begränsa behovet av kylrör valdes en låg gjuttemperatur. Betongmassan kyldes i två steg från 26°C till endast 5°C, först genom inblandning av finkrossad is i betongblandningen och sedan genom fortsatt kylning med flytande kväve i roterbilen på arbetsplatsen.

Betongkonstruktionen kylades under härdningen genom ingjutna kylrör. Härdningstemperaturen styrdes genom att reglera kylvattentemperaturen och kylvattenflödena. Temperaturerna mättes med ingjutna termoelement.

### Resultat

Fig 3 visar uppmätt temperaturfördelning i en sektion genom kylrören. Det övre diagrammet visar temperaturfördelningen vid stigande temperatur med maximum efter 19 timmar. Det undre diagrammet visar temperaturfördelningen 19 timmar – 7 dygn efter gjutningen, varvid härdningstemperaturen successivt reglerades till avsedd medeltemperatur 15°C i väggdelen utanför tätplåten. Uppmätt kylvattentemperatur framgår av fig 4.

Sammanfattningsvis kunde den förutsatta härdningstemperaturen 15°C som medelvärde i igengjutningen uppfyllas genom styrning av härdningstemperaturen med ingjutna kylrör.

Datorprogram för endimensionell värme-strömning ger beräknad medeltemperatur i väggen med kylrör. Program för tvådimensionell värmeströmning ger därutöver temperaturvariation över väggvärsnittet. Beräknade temperaturnivåer överensstämmer hyggligt med uppmätta.

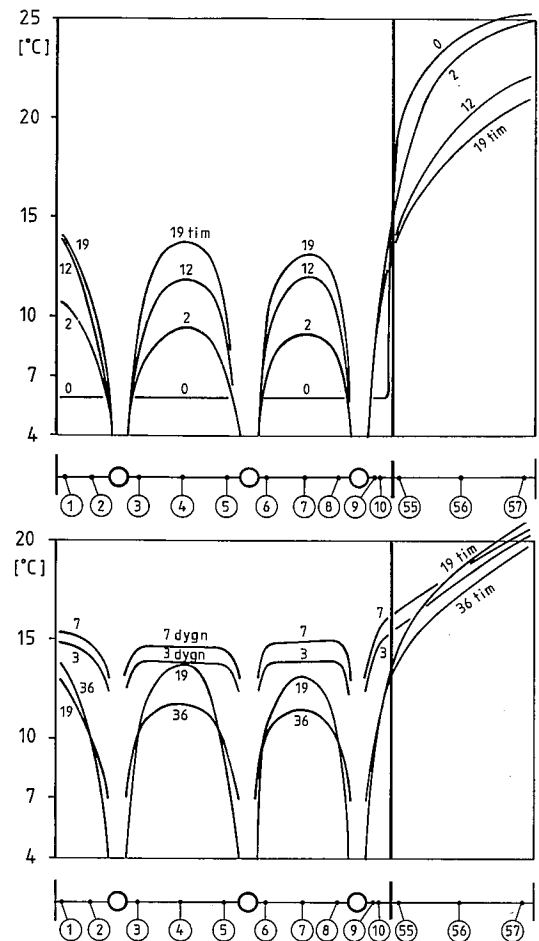


Fig 3. Uppmätt temperatur i en sektion genom kylrören vid olika tid efter gjutningen.

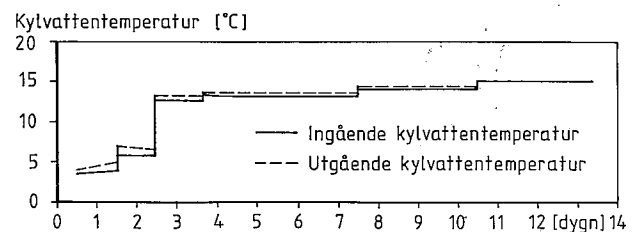


Fig 4. Uppmätt kylvattentemperatur.

Kylning med ingjutna kylrör är en kraftfull metod att sänka härdningstemperaturen. Med kylrör kan hydrationsvärmets snabbt och effektivt bortledas. Kylningen påbörjas redan under gjutningen. Kylbehovet är störst under inledningsskedet och kan trappas ned efter 1,5–2 dygn. Kylrören cementinjekteras efteråt, varför varje kylslingas längd måste begränsas så att injekteringen är möjlig att utföra.

Ytterligare information lämnas av Ingvar Nilsson, NCC, Malmö, tel 040-31 70 00.

Artikeln "Replacement of the Steam Generators at Ringhals 2" i Nordisk Betong nr 2–3, 1990, sid 19–24, sammanfattar delar av rapporten.

Rapporten Härdningsstyrning av hårdnande betong med ingjutna kylrör tillämpat vid ånggeneratorbytet på Ringhals 2 (av Ingvar Nilsson, 50 sid) kan beställas utan kostnad från SBUF, tel 08-679 79 79.