

Iskontoret

ved NVE, Hydr. avd.

AVKJÖLING av VANNET i en FRITTLIGGENDE RÖRLEDNING

Erfaringer viser at ved passasjen i en tunnel vil vannet ikke forandre sin temperatur merkbart, men ved passasjen i en frittliggende rørledning er forholdet et helt annet. Temperaturmålinger fra Gjuva kraftverk i Hemsedal kan her gi viktige data.

Ved Gjuva kraftverk er den frittliggende stålrørledning 894 m lang, midlere diameter er 0,9 m og overflaten (kjøleflaten) er ca 2800 m². Det holdes jevnt full belastning med 3 m³/sek.

På grunnlag av målinger fra vinteren 1959-60 og 1960-61 fant dr. Olaf Devik at ved denne vassføring ville t.eks. en lufttemperatur ca -25 °C avkjøle vannet omtrent 1 grad under passasjen, dvs. fallet i vann-temperatur var omtrent 4 % av forskjellen mellom lufttemperatur og vann-temperatur.

Setter vi varmetapet fra rørflaten proporsjonalt med flaten F og med midlere temperaturforskjellen mellom rør og luft $(t/2 - T)$ får vi følgende ligning når vannet avkjøles t° ved å passere røret:

$1000 Q t = - SF (t/2 - T)$, hvor S er en proporsjonalitetsfaktor. For $Q = 3 \text{ m}^3/\text{sek.}$ er $t = - 0,04 T$ som innsatt gir

$$S = \frac{3000 \cdot 0,04}{2800} = 0,043 \text{ kcal/m}^2/\text{sek.}$$

$$= 43 \text{ kcal pr. dekar pr. sek.}$$

Når vanntemperaturen ved innløpet til rørledningen er t° vil temperaturen være sunket til 0 °C (hvor isdannelse vil inntre) etter passasjen av en kritisk kjøleflate F_0 som kan beregnes tilnærmet etter ligningen:

$$F_0 = \frac{1000 \cdot Q \cdot t}{0,043 \cdot (T + t/2)}$$

når vi for praktiske formål setter T like antall kuldegrader i luften.

Vi kan som eksempel beregne følgende tabell over kritisk kjøleflate og kritisk rørlengde (beregnet etter midlere rørdiameter på 1 m):

Eksempel på overslagsberegning:

Vanntemp. °C	Lufttemp. °C	Vassføring m ³ /sek.	Kritisk flate i m ² ca	Kritisk rörlengde i m (Ø = 1 m) ca
2	- 10	5	19400	6200
		2,5	9700	3100
	- 20	5	10500	3350
		2,5	5250	1675
1,5	- 10	5	15000	4780
		2,5	7500	2390
	- 20	5	8100	2580
		2,5	4050	1290
1,0	- 10	5	10600	3380
		2,5	5300	1690
	- 20	5	5500	1750
		2,5	22750	875
0,5	- 10	5	5500	1750
		2,5	2750	875
	- 20	5	2800	890
		2,5	2400	445

Av formelen ovenfor eller av denne tabell ser en at under en eventuell døgnregulering hvor vassføringen kan gå ned til halvparten, vil den kritiske rörlengde gå ned i samme forhold som vassføringen avtar. Under sterk kulde er det derfor ikke tilrådelig å gå ned med vassføringen.

Ved driftstans i en kraftstasjon om vinteren må det sørges for en passende kontinuerlig gjennomstrømning for å hindre frost i rørene. Den minste vassføring som med sikkerhet hindrer frysing er avhengig for det første av de ventede meteorologiske forhold og kuldeperiodens varighet og for det annet av rørledningens beliggenhet, isolasjon osv. Snødekte rørstrekninger t.eks. er meget mindre utsatt for frost enn de luftomstrømte.

I faglitteraturen finnes til dels meget avvikende angivelser om dette emne ⁺⁾ . Iskontoret har stor interesse av å få nærmere opplysninger fra kraftverk som har erfaringer med frittliggende rørledninger.

⁺⁾ Se: E. Mosonoy, Wasserkraftwerke, Bd. II side 311 - 313.

Den minimale vassføring for å hindre
frost i rørledninger.

E. Mosoney, Wasserkraftwerke, Bd. II, s.311-313 behandler varmetap for en frittliggende rørledning. Her er gitt et utdrag. NVE-bibliotek 621.311 M 85 W.

Ved driftstans ved kraftverker om vinteren må det sørges for en liten kontinuerlig gjennomstrømning for å hindre frost i rørene. Man kan imidlertid se bort fra det hvis rørledningen er overdekket med et dekklag (under midteuropeiske eller lignende klimaforhold) på minst 0,8-1,0 m. I motsatt fall gjelder det å kunne bestemme den minimale strømhastighet som med sikkerhet hindrer frysing. Denne grenseverdi avhenger åpenbart i første rekke av de meteorologiske forhold. Rørfabrikkene gir i alminnelighet de nødvendige forskrifter. Ved oppstilling av disse forskrifter må en ta i betraktning den sannsynlig laveste temperatur, varigheten av de største kuldeperioder, rørledningens beliggenhet osv.

I faglitteraturen finnes til dels meget avvikende angivelser. F.eks. er det angitt at frittliggende rørledninger vil kunne holdes frostfrie i sterk kulde ved en gjennomstrømhastighet på 0,5 m/sek. Det er også vanlig å angi den frosthindrende gjennomstrømningen i forhold til den føyoverflate som er utsatt for frostfare, til 1 m³/time pro m². Ch. Bouvet sier at disse verdier er meget usikre.

Bouvet bekjentgjør en del iakttagelser for å karakterisere forholdene om vinteren. I rørledningen ved kraftverket Portillon, Frankrike, ble det installert et fjerntermometer for å måle vanntemperaturen,

som ved $-0,4^{\circ}\text{C}$ utløste et lys- og lydsignal i kommandorommet. På dette signal ble en maskin satt igang som skiftet ut det avkjølte vannet. Etter erfaringen derfra behøver man ikke å regne med noen frostfare så lenge lufttemperaturen ikke synker under -5°C . Noen frostfare inntreffer først ved omkring -7°C . I så fall skifter man ut vannet i rørledningen 2-3 ganger i døgnet. (Trykkrøret ved Portillon kraftverk har en fallhøyde på 1413 m mellom 2562 og 1149 m o.h.) Det ble også iaktatt at snødekkete rørstreknings var meget mindre utsatt for frost enn de luftomstrømte.

Etter en metode av Massé og Dewulf viser Bouvet at de ovenfornevnte verdier for frosthindrende gjennomstrømning, særlig for minste-hastigheten er overdrevet. Da Massé og Dewulf's fremgangsmåte gjør det mulig å bestemme den frosthindrende gjennomstrømning på rent fysikalsk grunnlag - istedenfor den hittil vanlige skjønsmessige vurdering - gjen-gis nedenfor resultatene.

t_1 - vanntemperaturen i øvre ende av rørledningen

t_2 - " " i nedre " " "

t - temperaturen av den omgivende luft.

For temperaturforskjellene bruker man betegnelsene

$$t_o = t_1 - t$$

$$t_x = t_2 - t$$

For varmeovergangen mellom det strømmende rørrinnhold og luften avleder Massé og Dewulf grunnbetingelsen

$$\frac{t_o}{t_x} = e \frac{SK}{CQ}$$

hvor

e = grunntallet i det naturlige logaritmesystem,

g = rørledningens veggflate (m^2)

K = Varmeovergangstallet mellom rørvegg og den omgivende luft (kcal/sek. pro m^2).

Q = Gjennomströmningen i trykkröret (m³/sek.).

C = Vannets spesifikke varme 1000 (kcal/m³).

Etter overgang til Briggske logaritmer kan den nödvendige gjennomströmningen uttrykkes ved formelen

$$Q = \frac{SK}{C} \lg e \frac{1}{1 \lg t_0 - 1 \lg t_x}$$

For varmeovergangstallet anbefaler Massé & ta følgende grenseverdier i betraktning:

$$K_{\text{maks}} = \frac{35}{3600} \quad \text{og} \quad K_{\text{min}} = \frac{10}{3600} \quad (\text{kcal/sek. pro m}^2).$$