



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Skador på mantelrörskarvar

John Lundqvist
Bert Oddving
Rolf Westin

SKADOR PÅ MANTELÖRSKARVAR

**John Ljungqvist
Bert Oddving
Rolf Westin**

Projekt upptar tre olika moment, varav de båda första A och B behandlar skador på mantelrörskarvar och skarvisolering, Den gemensamma bakgrunden är i dessa fall fukt, som på olika sätt kommit in i skarvisoleringen.

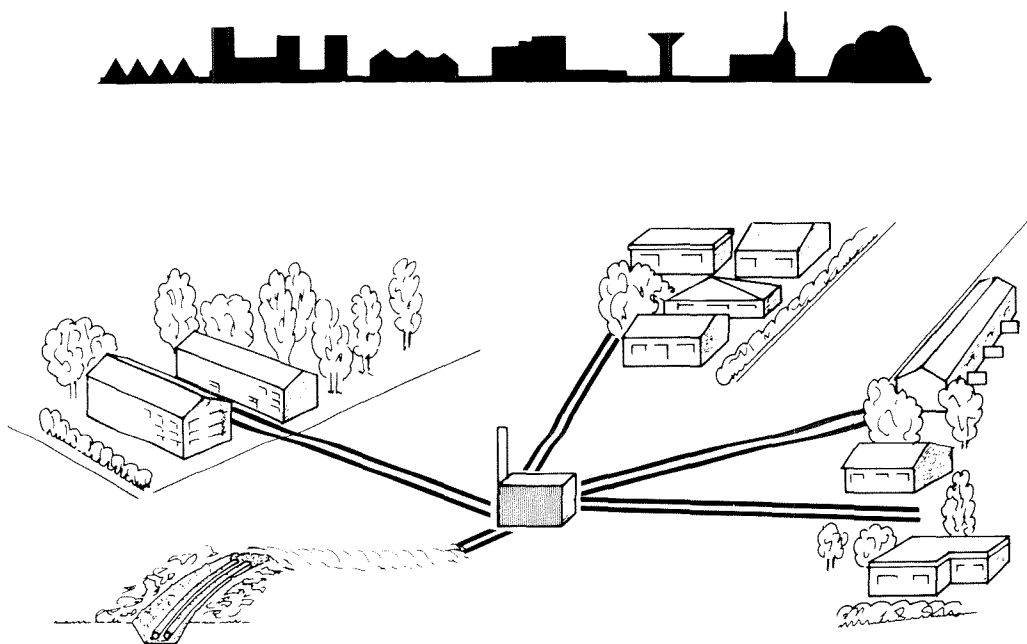
Moment C behandlar olika sätt att mäta fukthalt i kulvertisoleringens ändytor. Några metoder har preliminärt testats praktiskt, varvid vissa modifieringar i utrustningen synes erforderliga.

Pris 100:-

Projekt H1-464

SKADOR PÅ MANTELRÖRSKARVAR

John Ljungqvist
Bert Oddving
Rolf Westin



1986-03-25

John Ljunqvist
Bert Oddving
Rolf Westin

SKADOR PÅ MANTELÖRSKARVAR

Värmeforsk projekt H1-464

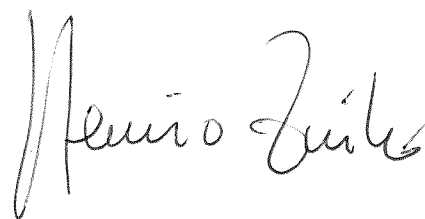
HUVUDINNEHÅLL

Rubricerat projekt innefattar tre olika moment, varav två behandlar skador på mantelrörskarvar och isolering i samband med fukt som på olika sätt kommit in i skarven.

I det tredje momentet redogörs för olika metoder att mäta fukthalten i kulvertisoleringens ändytor.

Arbetet har utförts på uppdrag av Stiftelsen för Värmeteknisk Forskning.

Godkänd av



1986-09-10

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
SAMMANFATTNING	3
1 SKADOR PÅ MANTELÖRSKARVAR - LOSSNANDE KRYMPFÖRBAND	6
1.1 Inledning	6
1.2 Problemformulering	6
1.3 Felsökning	6
1.4 Telefonintervjuer	7
1.5 Undersökning av skadade krymp- förband	7
1.6 Skadehypotes	9
1.7 Resultat	11
1.8 Beräkning av mantelrörets tempera- tur vid användning av helomslu- tande mineralullsmattor som expan- sionsupptagande material	14
1.9 Laboratorieprov	17
1.10 Mastik	18
1.11 Band av glasfiber	19
1.12 Diskussion	20
2 SKADOR PÅ MANTELÖRSKARVAR - FUKTIG ISOLERING	26
2.1 Inledning	26
2.2 Problemformulering	26
2.3 Försöksmetod	28
2.4 Utvärdering	30
2.5 Resultat	32
2.5.1 Beräkning av gastryck i muffen	37
2.6 Slutsatser och rekommendationer	39
3 MÄTMETODER FÖR ATT PÅVISA INNESLUTEN FUKT I KULVERTISOLERING	42
3.1 Inledning	42
3.2 Fuktmätningssinstrument på mark- naden	42
3.2.1 Resistiva fuktmätare	43
3.2.2 Kapacitiva fuktmätare	43
3.2.3 Fuktmätning enl "värme- förlustmetoden"	44
3.2.4 Fuktmätning med hjälp av mikrovågor	45
3.3 Utvärdering	46
3.3.1 Resistiva och kapacitiva instrument	46
3.3.2 Mikrovågsinstrument	47
3.4 Rekommendation	47

1986-09-10

SAMMANFATTNING

Rubricerade projekt upptar tre olika moment, varav de båda första A och B behandlar skador på mantelrörskarvar och skarvisolering. Den gemensamma bakgrunden är i dessa fall fukt, som på olika sätt kommit in i skarvisoleringen.

Moment C behandlar olika sätt att mäta fukthalt i kulvertisoleringens ändytor. Några metoder har preliminärt testats praktiskt, varvid vissa modifieringar i utrustningen synes erforderliga.

Moment A

Vid flera svenska värmeverk har man uppmärksammat fel på kulvertskarvar där krympförband lossnat från mantelrör/skarvhylsa och svällt ut i form av "öron". I samtliga undersökta fall har skadan resulterat i vattenläckage in i kulvertisoleringen med kostsamma reparationsarbeten som följd. Teoretiska beräkningar visar att denna typ av skada kan uppkomma som en följd av felaktig användning av markskivor vid expansionslyror och böjar.

Genom att placera mineralullskivor runt kulverten erhålles en lokal extraisolering vilket höjer temperaturen på mantelröret. Om man i dessa punkter använder en mastik med alltför låg mjukningstemperatur kan man erhålla en mastik som "rinner ut" ur förbandet om den utsätts för ett yttre tryck.

De prov och studier som utförts antyder att skador på krympförband i form av "öron" primärt är en funktion av en alltför hög mantelrörstemperatur och sekundärt en funktion av kulvertens rörelser i expansionslyror och böjar vid variationer av fram- och returtemperatur.

Moment B

I samband med transporter, lagring eller montage (i vattenfyllda schakt) finns alltid risk att fukt kan tränga in i kulverttrörens PUR-isolering eller mellan denna och mantelrörets insida. Det instängda vattnet kan eventuellt orsaka problem vid skumningen av skarvarna.

För att undersöka dessa problem har några försök med skarvisolering vid närvaro av fukt gjorts. Målet har därvid varit att undersöka, vilket inflytande den inneslutna fukten kan ha på skarvisoleringens kvalitet och på skyddshöljets täthet efter montage av krympförband.

1986-09-10

Faktorer som via fukten kan påverka skarvisolerings kvaliteten är fuktens fördelning, mediarörtemperaturen samt metoden för anbringande av isoleringen. I denna rapport redovisas resultatet av försök, där dessa faktorer studerats.

Provresultaten visar att närvaro av fukt vid skumisoleringen av skarvar har en påtagligt negativ inverkan på skummets kvalitet. Om vatten blir direkt inblandat i skummet får detta en katastrofal inverkan vad gäller värden på densitet och tryckhållfasthet.

Men även fukt i mindre koncentrerad form såsom ånga från uppsugen fukt i kulvertisoleringens snittytor ger, när skummet kommer i kontakt med dessa, upphov till defekter i skarvisoleringen. Sålunda konstaterades att skummet i sådana fall var mjukare (lägre tryckhållfasthet) och hade lägre densitet vid skarvens ändar än i mitten av skarven. Ännu tydligare syntes denna skillnad, om fukten var koncentrerad till vissa ställen (kaviteter) på snittyterna.

Om uppsugningen av fukt i kulvertledningen får ske vid uppvärmt mediarör (ca 90°C) och en följande torkperiod om ca ett dygn, kunde inga defekter iakttagas i skarvisoleringen, som då hade ett fullt normalt utseende och normala tryckhållfasthets- och densitetsvärden. Det synes därför vara av stor vikt, att dränkta skarvställen får torkas väl genom värmning, innan skumning äger rum.

På muffar och krympmanschetter kunde inte några defekter till följd av fukt i isoleringen iakttagas.

Moment C

Marknaden har undersökts med avseende på fuktmätningssinstrument lämpade för att i fält bestämma fukthalten i kulvertisolering i samband med lägningsarbete.

Instrument som grundar sig på fyra olika fysikaliska metoder för fuktbestämning har undersökts. Dessa är enligt uppställning nedan:

- 1 Resistiv metod
- 2 Kapacitiv metod
- 3 Mikrovågmetod
- 4 Värmebortledningsmetod

1986-09-10

Jämförelsen utföll till metod 1 och 2:s fördel. Dessa instrument har ett robust utförande och ett pris som endast är 5 - 8 % av priset för instrument som bygger på metoderna 3 och 4.

Instrument grundande sig på metod 1 och 2 är avsedda att mäta fuktinnehållet i plana träytor. För att dessa ska vara lämpade för att mäta fuktinnehåll i kulvertisolering krävs en modifiering av utförandet.

Redovisning av undersökningsmetoder och resultat i de olika momenten återfinns i avsnitt 1, 2 och 3.

1986-09-10

1 SKADOR PÅ MANTEL RÖRSKARVAR - LOSSNANDE KRYMPFÖRBAND

1.1 Inledning

Följande rapport behandlar en speciell typ av skada på krympförbandet på kulvertskarvar i fjärrvärmenät. Skadan utmärks av att krympförbandet lossnar i vissa punkter så att "öron" bildas på kulverten. Se fig 1. I samtliga undersökta fall har skadan resulterat i vattenläckage in i kulvertisoleringen med kostsamma reparationsarbeten som följd.

I rapporten redovisas ett antagande om varför dessa "öron" bildas och hur det kan undvikas.

1.2 Problemformulering

Sedan cirka två år tillbaka har man vid några av de svenska värmeverken haft problem med en speciell typ av skador på mantelrörskarvarna till fjärrvärmekulvertar.

På krympförband har uppstått skador i form av "öron" i positionen "tio i två" eller "tjugo i fyra", se fig 1. Oftast har dessa uppstått på skarvar som har legat i vattensjuk mark. Många av de upptäckta skadorna har berott på inläckande vatten. Kulvertnäten har varit försedda med larmsystem för fuktig isolering som efter en tid gett utslag.

1.3 Felsökning

De första indikationerna om denna speciella feltyp erhöles av Enköpings Värmeverk. Därefter togs kontakt med ett par av de företag som utför reparation av skadade kulvertskarvar. Företagen var Scanfoam AB och Pipe Isol AB. Av representanter från dessa företag framgick att "öron" på

1986-09-10

kulvertskarvar var mycket vanligt om kulverten varit omsluten av markskivor, dvs i lyror och böjar. Skadan förekom också på andra ställen, men då inte så uttalat.

Några av de värmeverk där sådana skador observerats var Malmö, Perstorp, Växjö, Enköpings och Avesta.

1.4 Telefonintervjuer

Telefonkontakt togs först med Enköpings Värmeverk men senare också med Perstorp, Växjö och Avesta.

I samtliga fall hade man hög frekvens av "öron" på krympförbanden i samband med markskivor. Men i flera fall hade samma skada även uppstått där kulverten låg fixerad i marken.

Skadan kunde alltså uppkomma oberoende av om kulvertskarven utsattes för en axiell rörelse eller ej.

De rörelser som då blir aktuella att analysera är böjningar av kulvertrören. Dessa böjningar kan uppstå på grund av temperaturförändringar i omgivande mark, sättningar och temperaturförändringar i fram- och returledning. Sättningar i marken kan inträffa även i områden där kulverten ligger friktionsfixerad. Rörelser betingade av temperaturvariationer i fram- och returledning sker uteslutande i de rörliga delarna av ett kulvertnät. Främst då i expansionslyror och böjar.

1.5 Undersökning av skadade krympförband

Vid en telefonkontakt med Enköpings Värmeverk anordnades ett besök i Enköping i samband med en

1986-09-10

blottläggning av ett typiskt "öronmärkt" krympförband.

Skadan hade inträffat på primärledningen cirka 300 m från produktionscentralen i samband med en expansionslyra. Kulverten hade blottlagts så att 2 st av expansionslyrans böjar kunde kontrolleras. Samtliga synliga krympförband (4 st) hade minst 4 "öron" placerade "tio i två" och "tjugo i fyra". På ett av krympförbanden fanns också ett "öra" "klockan tre".

Vid förfrågan om "öron" uppstod endast då skarvhylsa och mantelrör var tillverkade av PE informerades att skadan inte var relaterade till PE, utan uppstod i lika stor utsträckning om skarvhylsan var tillverkad av aluminium.

För att kunna åtgärda de uppkomna felen på kulverten hade man tvingats att ha en pump i graven för att erhålla en acceptabel dränering. På kulverten syntes tydliga markeringar på ungefär halva kulverthöjden efter "normal" vattennivå.

På grund av värmeverkets geografiska placering nära vattendrag och kulvertens storlek (mantelrör $\varnothing$ 710 mm) var kulverten delvis förlagd under grundvattennivå. Vid regnrika perioder var kulverten ofta helt dränkt.

Efter besöket i Enköping togs telefonkontakt med Växjö värmeverk. Här hade man också problem med "öron" på krympförbanden men denna kulvert låg i en väl dränerad grav. I Växjö hade man problem med dåligt utskummade skarvar där ofta mer än halva skarvvolymer saknade isolering.

En detalj som kan ha betydelse för uppkomsten av "öron" på krympförbanden var den teknik som

1986-09-10

användes för att skapa nödvändig rörelsefrihet i böjar och expansionslyror. Här hade man först lagt en cirka 50 mm tjock matta av mjukt PUR-skum och direkt ovanpå denna en cirka 150 mm tjock matta av mineralull. Detta arrangemang av markskivor, som lagts för att medge rörelser i kulverten, utgör här en extraisolering. Vilken temperaturnivå som erhålls på mantelröret vid normaltemperatur (fram 90°C och retur 50°C) visste man inte.

En kontroll hos BPA i Nyköping visade att arrangementet med markskivor är mycket vanligt. Då markskivor används som expansionsupptagande element läggs också en minst 50 mm tjock markskiva av mineralull som ett lock ovanpå. Detta för att förhindra att sand tränger ned i kulvertgraven och minskar kulvertens rörelsefrihet.

1.6 Skadehypotes

I samband med reparationsarbeten av skadade kulvertskarvar i Enköping sändes 2 st provbitar med kraftiga "öron" till Studsvik Energiteknik AB för undersökning.

Resultaten av denna undersökning antyder att de beskrivna skadorna på krympförbanden kan ha uppstått på grund av att kulverten rört sig i samband med ändringar av fram- och returtemperatur.

Skadorna har upptäckts i samband med expansionslyror och böjar där kulverten normalt har sina största rörelser. Samtal med personal från andra värmeverk indikerar dock att skadorna kan uppkomma på andra ställen i ett distributionsnät.

1986-09-10

I Sverige används i stor utsträckning skivor av mineralull som fjädrande distansmaterial mellan kulvertrör och kulvertgrav. Dessa skall ta upp kulvertens rörelser i sidled. För att förhindra att fyllnadsmaterial rinner ned i utrymmet mellan kulvert och markskiva läggs ett lock av mineralull över kulvert och vertikala markskivor så att en "expansionskammare" erhålls. I "fallet Enköping" fanns cirka 50 mm PUR-skum (mjukt) och 150 mm mineralull runt kulverten. Denna "extra-isolering" hade även lagts över kulverten.

En förklaring till de uppkomna skadorna kan vara att det tryck som utövas mot kulverten från markskivorna vid temperaturrörelser är tillräckligt högt för att komprimera mastiklagret mellan krympförband och mantelrör. Om temperaturen är tillräckligt hög för att hålla mastiken mjuk kommer den efter ett stort antal tryckcykler att "rinna" ut mot partier där trycket är lägre. Om kulverten rör sig både horisontellt och vertikalt kommer mastiken att ansamlas i de punkter som skisseras i fig 1.

En annan förklaring till de skador som uppstått kan bero på att kulvertröret böjs i anslutning till expansionslyror och böjar då kulvertrören utsätts för temperaturvariationer.

En nedan genomförd beräkning visar att temperaturen i mastiken i "fallet Enköping" bör ha varit minst 50°C. Den mastik som använts har en mjukningstemperatur på cirka 35°C, varför förutsättningar funnits för den utflytning av mastiken som beskrivits ovan.

En tredje orsak till uppkomsten av "öron" på krympmanschetten kan vara den ryckvisa axiella rörelse som uppstår vid temperaturförändringar i

1986-09-10

mediaröret. Denna typ av axiell rörelse har rapporterats från flera värmeverk, men har inte registrerats. Den ryckvisa axiella förflyttningen innebär diskontinuerliga förändringar av de krafter som påverkar krympmanschetten och som kan innebära en accelererad utmattning och, i extremfall, att mastiken rycks loss från polyetenryggen i krympmanschetten eller från kulvertens mantelrör.

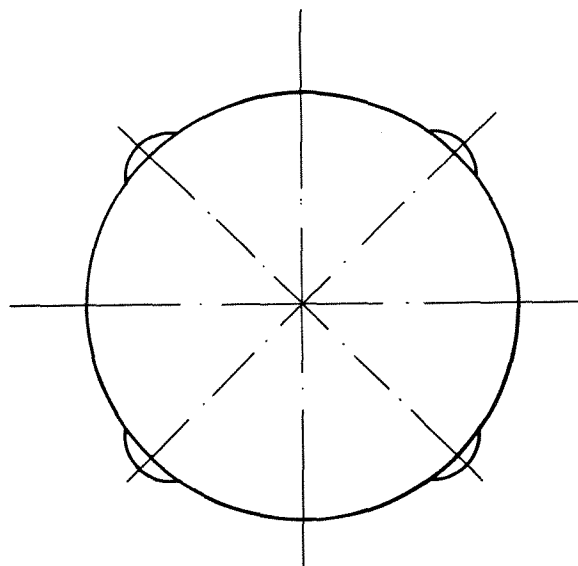
1.7 Resultat

Vid flera svenska värmeverk har man uppmärksammat fel på kulvertskarvar där krympförbandet lossnat från mantelrör/skarvhylsor och svällt ut i form av "öron", se fig 1. Teoretiska beräkningar visar att höga temperaturer kan uppkomma som en följd av felaktig användning av markskivor vid expansionslyror och böjar.

Genom att placera mineralullskivor runt kulverten erhålls en lokal extraisolering vilket höger temperaturen på mantelröret. Om man i dessa punkter använder en mastik med alltför låg mjukningstemperatur kan man erhålla en mastik som "rinner ut" ur förbandet om den utsätts för ett yttre tryck.

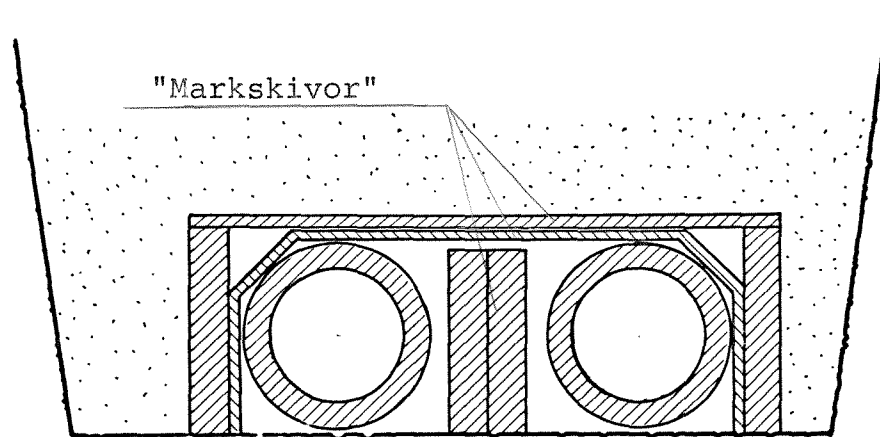
De prov och studier som utförts antyder att skador på krympförband i form av "öron" primärt är en funktion av en alltför hög mantelrörtemperatur och sekundärt en funktion av kulvertens rörelser i expansionslyror och böjar.

1986-09-10



Figur 1

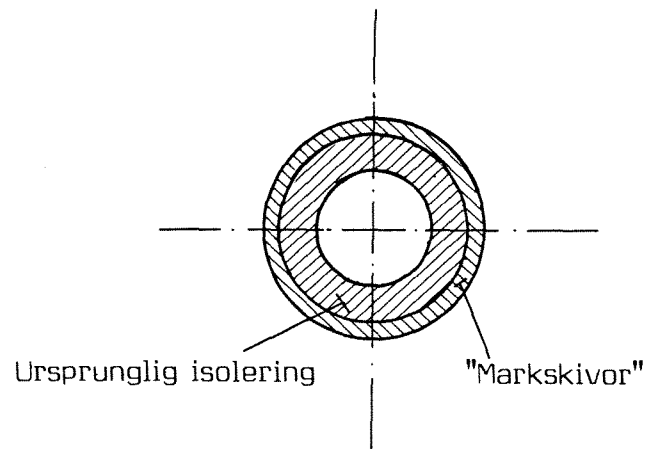
"Öron" på kulvertskarv där läget angivits.



Figur 2

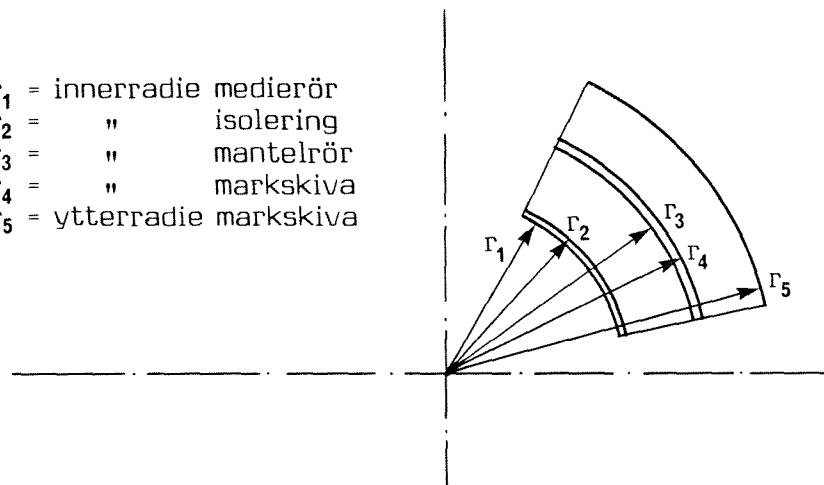
Arrangemang av markskivor runt kulvert i samband med expansionslyror och böjar.

1986-09-10

Figur 3

Förenklad orientering för att simulera markskivor.

r_1 = innerradie medierör
 r_2 = " isolering
 r_3 = " mantelrör
 r_4 = " markskiva
 r_5 = ytterradie markskiva

Figur 4

Tvärsnitt av ett element av en kulvert täckt av en markskiva.

1986-09-10

- 1.8 Beräkning av mantelrörets yttemperatur vid användning av helomslutande mineralullsmattor som expansionsupptagande material.
-

Då skadan med uppkomst av "öron" på krympmuffarna bedöms kunna uppstå relativt snabbt vid förhöjd temperatur kommer beräkningarna endast att omfatta framledningen. Då dubbla markskivor lagts mellan ledningarna bedöms värmeöverföringen från fram- till returledning vara försumbar.

Värmeflödet tvärs en yta kan skrivas som:

$$\dot{Q} = A k (T_1 - T_2) \quad W \quad (1)$$

Här är:

$\dot{Q}$	värmeflöde	W
A	den aktuella ytan (väggen)	m ²
k	värmegenomgångskoefficienten	W/m ² K
T ₁ , T ₂	temperaturen på respektive sida av väggen	°C

Värmegenomgångskoefficienten k beräknas för den aktuella kulverten med sambandet:

$$1/k = 1/\alpha_1 r_5/r_1 + (r_5 \ln(r_2/r_1))/\lambda_1 + (r_5 \ln(r_3/r_2))/\lambda_2 + r_5 \ln(r_4/r_3)/\lambda_3 + r_5 \ln(r_5/r_4)/\lambda_4 \quad (2)$$

Här är:

r ₁ ..r ₅	radien som utgör begränsning för respektive material. (m)
α_1	vattnets värmeöverföringstal i framledningen. (W/m ² K)
λ_1 .. λ_5	värmeledningstalet för respektive material. (W/mK)

1986-09-10

De i kulverten ingående materialens värmeledningstal kan erhållas ur ingenjörshandböcker.

Vattnets temperaturledningsförmåga α är beroende av strömningstyp (laminär eller turbulent) och temperatur. Temperaturledningsförmågan beräknas med ekvationen nedan

$$Nu = \alpha \cdot d / \lambda = 0.32 Re^{0.8} Pr^n (d/L)^{0.54} \quad (3)$$

Här är:

$$Re = \frac{W \cdot d}{\nu} \quad (\text{Reynolds tal})$$

$$Pr = \frac{C_p \cdot \eta}{\lambda} \quad (\text{Prandtls tal})$$

Definitioner se sid 16.

$n = 0.37$ vid uppvärmning av vätskan

$n = 0.30$ vid avkylning av vätskan

L är längden av kulverten som skall undersökas, i detta fall en del i en expansionslyra. Antag att

$L = 4.5 \text{ m}$

Ekvation (3) gäller turbulent strömning. Detta gäller om $Re > 2300$.

Följande är alltså givet:

$r_1 = 251 \text{ mm}$

$r_2 = 254 \text{ mm}$

$r_3 = 348 \text{ mm}$

$r_4 = 355 \text{ mm}$

$r_5 = 505 \text{ mm}$

$T_1 = 95^\circ\text{C}$

$\lambda_2 = \lambda_{\text{PUR}} = 0.027 \text{ W/mK}$

$\lambda_4 = \lambda_{\text{Mineralull}} = 0.04 \text{ W/mK}$

1986-09-10

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= \lambda_{\text{Stål}} = 84 \text{ W/mK} \\ \lambda_3 &= \lambda_{\text{PEH}} = 0.50 \text{ W/mK} \\ \lambda_{\text{vatten}} &= 0.68 \text{ W/mK}\end{aligned}$$

Följande antages:

$$\begin{aligned}L &= 4.5 \text{ m} \\ T_5 &= 30^\circ\text{C}\end{aligned}$$

BeräkningsgångBestämning av strömningstyp

Enligt tidigare gäller ekvation (3) om strömningen är turbulent. Detta gäller om $Re > 2\,300$.

Här är:

$$\begin{aligned}W &= \text{vattnets strömningshastighet (m/s)} \\ d &= \text{mediarörets innerdiameter (m)} \\ \nu &= \text{vattnets kinematiska viskositet (m}^2\text{/s)} \\ \eta &= \text{vattnets dynamiska viskositet (kg/ms)} \\ C_p &= \text{vattnets specifika värme (Ws/kgC)}\end{aligned}$$

Ur ingenjörshandböcker erhålles $\nu = 0.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2\text{/s}$

Med antagandet att vattnet har en medelhastighet av 0.6 m/s erhålles $Re = 0.8 \cdot 10^6$

Strömningen är alltså turbulent, och ekv (3) gäller.

Insättning av siffror ger

$$Pr = 1.83 \text{ vilket ger } Nu = 6\,194$$

$$\text{Slutligen erhålles } \alpha = 8\,390 \quad (\text{W/m}^2\text{C})$$

$$\text{Ekvation (2) ger nu } k = 0.0965 \quad (\text{W/m}^2\text{C})$$

1986-09-10

Med omskrivning $\dot{q} = \dot{Q}/L$ och insättning av siffror i ekvation (1) erhålles

$$\dot{q} = 19.9 \text{ W/m}$$

För att bestämma temperaturen på mantelrörets ytteryta, r_4 , beräknas ett nytt k -värde k_{r1-r4} . Insättning av siffervärden ger $k_{r1-r4} = 0.169 \text{ W/m}^2\text{C}$.

Detta ger slutligen $T_4 = 42^\circ\text{C}$, vilket är den beräknade temperaturen på mantelrörets ytteryta.

Sammanfattning

Med erhållna värden på dimensioner och temperaturer samt antaget värde på strömningshastighet fås:

$$\dot{q} = 19.9 \text{ W/m}$$

$$T_4 = 42^\circ\text{C}$$

Den mastik som använts har en mjukningstemperatur på cirka 30°C vilket betyder att viskositeten blir lägre än vad som avsetts.

Om vattentemperaturen är 120°C blir temperaturen på mantelrörets utsida cirka 53°C .

1.9 Laboratorieprov

1.9.1 Krympförband

Vid besöket i Enköping, då en okulär besiktning av skadorna på kulvertskarvar gjordes, togs ett prov från fram- respektive returledningen. Proverna var bitar av mantelrör och skarvhylsa sammanhållna av krympförband och mastik. Krympförbandet uppvisade "öron" både på fram- och returledning typiska skador där krympförbandet svällt ut och bildade de tidigare beskrivna "öronen", se fig 1.

1986-09-10

För att undersöka om krympmanschetten åldrats gjordes ett försök att utröna hur mycket restkrympning som var möjlig att erhålla. Krympmanschetten drogs loss från underlaget och lades på en aluminiumplåt.

Efter krympningen hade provbiten krympt 18 % i tangentiell led och expanderat 8 % i axiell led.

Någon egentlig åldring av materialet bedömdes inte ha skett. Den provbit som användes innehöll en skada i form av ett "öra". Efter krympningen hade detta försvunnit helt. Detta resultat tyder på att skadan uppkommit genom att material, exempelvis mastik, pressats till platsen för "örat" av utifrån kommande krafter som "knådat" ut material till en punkt på kulverten.

1.10 Mastik

Ett prov gjordes att dra loss krympförbandet från mantelröret. Resultatet visade att mastiken praktiskt taget helt separerat från underlaget. Eftersom mastiken satt kvar på krympförbandet lades en provbit av krympförbandet på en aluminiumplåt och värmdes upp över smältpunkten. Efter avsvälning gjordes prov av mastikens vidhäftningsförmåga och seghet. Detta prov visade att mastiken fortfarande var av god kvalitet. Ingen anmärkning kunde göras mot funktionen. Emellertid bedömdes den använda mastiken ha en alltför låg mjuktemperatur. Detta innebär att mastiken relativt lätt genom "knådning" kan förflyttas under krympförbandet. Större ansamlingar av mastik kan då tvinga upp krympmanschetten så att de tidigare beskrivna "öronen" bildas. Beräkningarna visar att temperaturnivån på mantelröret varit 40 - 45°C. Används en mastik med mjuktemperatur i intervallet

1986-09-10

70 - 80°C bör dessa "öron" inte kunna uppstå vid normala betingelser.

1.11 Band av glasfiber

Vid Studsvik Energiteknik AB gjordes en analys av det skadade krympförbandet. Det visade sig då att man lagt ett band av glasfiberväv under krympförbandet. På båda sidor av väven användes ett lager av bitutén bindemedel. I det undersökta fallet har glasfiberväven förvärrat skadan. Under "örat" hade glasfiberbandet veckat sig så att det fyllde upp hela utrymmet. Det är troligt att skadan skulle ha blivit mindre om glasfiberbandet utelämnats vid skarvningen.

Skadans utseende, dess läge och glasfiberbandets veckning talar för att skadan uppstått på grund av att kulverten rört sig i marken dels vid ändringar av fram- och returtemperatur och dels av rörelser i vertikalled då kulvertgraven vatten-dränkts. I fallet Enköping räknade man med att kulverten alltid låg till halva höjden i vatten. Bandet av glasfiberväv var inte fixerat i ändarna. På de undersökta bitarna fanns tre lager av glasfiberväv med bitutén som bindemedel. Om glasfiberbandet varit sammanhängande eller lagts på i lager där varje band har haft längden "ett varv" framgår inte av provbiten.

Under "örat" var glasfiberbandet veckat som om det hade "knådats" ut mot "örat". Ett sådant förfarande erhålls då kulverten rör sig i marken mot omgivande markskivor. Beroende på mantelrörets temperatur och mastikens mjuktemperatur krävs en större eller mindre kraft för att mastiken skall ge med sig och ge förutsättningar för den ovan beskrivna "knådningseffekten". Om förutsättningar finns, d v s mastiken har mjuk-

1986-09-10

nat, kommer "öron" att uppstå även om glasfiberbandet tas bort, men skadan bör då bli något mindre på grund av att "knådningen" endast transporterar mastiken till skadestället. Skadans storlek blir då en funktion av mängden mastik som finns tillgänglig under ett 90° intervall.

1.12 Diskussion

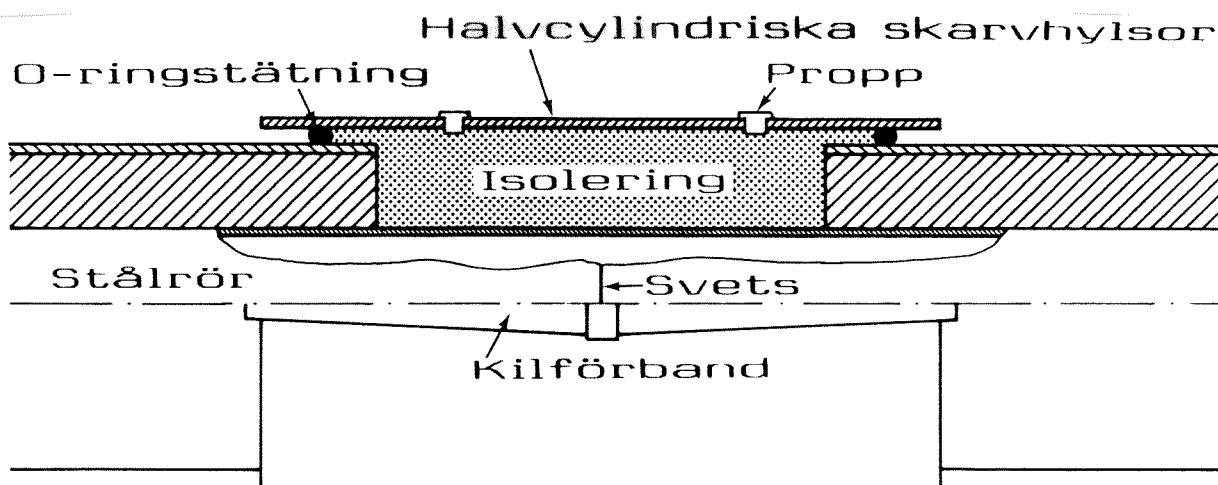
De resultat som erhållits från de genomförda laboratorieproven indikerar att krympförbandet varit utsatt för pulserade krafter som efter en tid medfört att förbandet förlorat sin tätande förmåga.

Dessa pulserande krafter kan i första hand härledas till två temperaturbetingade förlopp:

- Årstidsvariationer vilka orsakar vertikala sättningar i marken vid tjälbildning och tjällossning.
- Axiella rörelser i kulvertnätet i samband med temperaturförändringar i fram- och returledning.

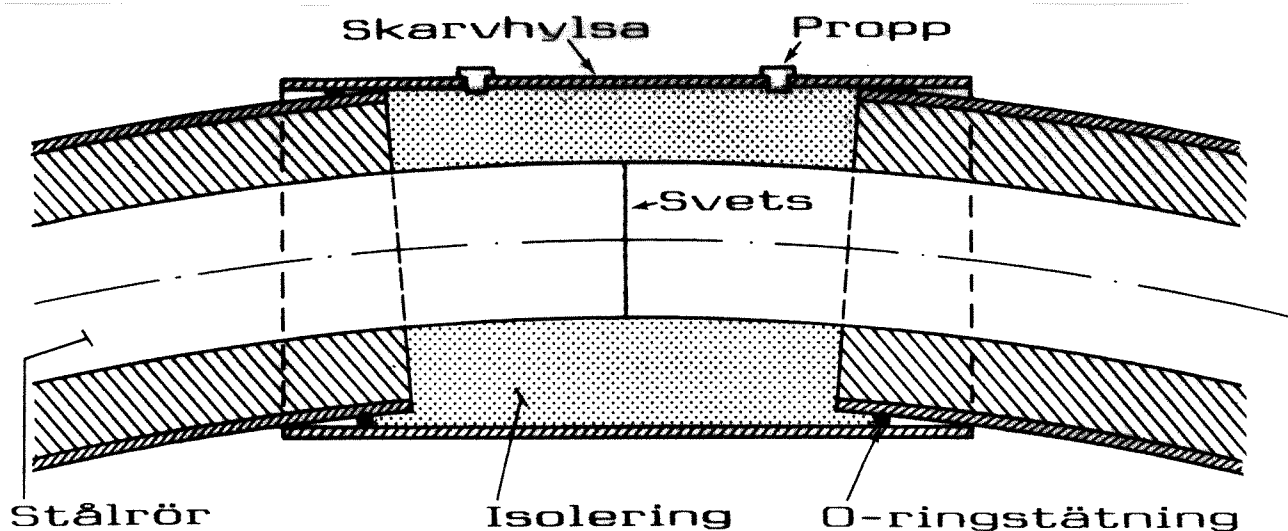
Båda dessa förlopp kan innebära att kulvertrören utsätts för ett pulserande böjande moment. I fallet vertikala sättningar på grund av årstidsvariationer verkar dessa över hela kulvertnätets längd. I fallet temperaturvariationer i fram- och returledning kommer de böjande momenten att verka i böjar och expansionslyror.

1986-09-10



Figur 5

Principskiss av rak obelastad mantelrörskarv med kilförband för centrering av skarvhylsa.



Figur 6

Principskiss av mantelrörskarv utsatt för böjande moment.

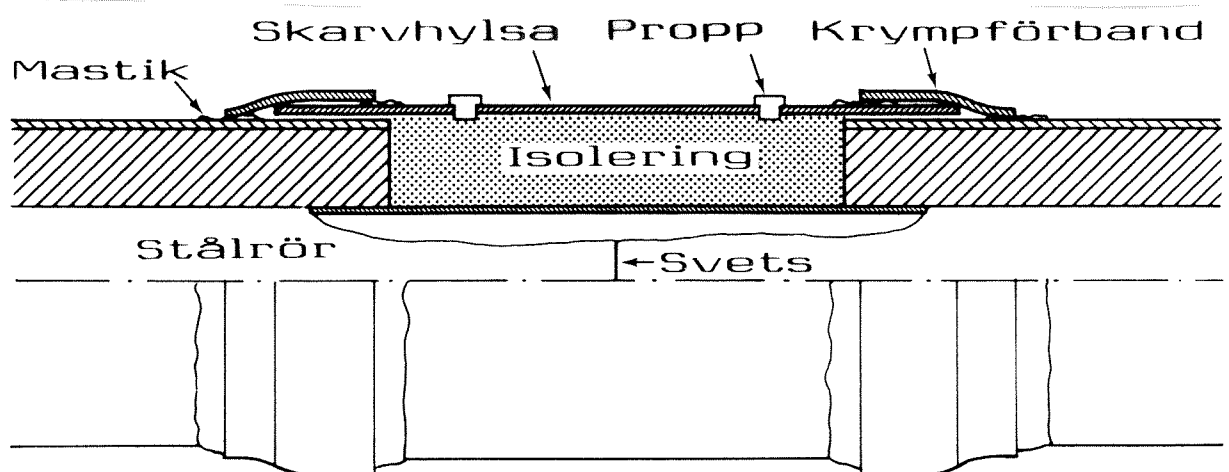
En mantelrörskarv tillverkas oftast i en överdimension jämfört med mediaröret. Detta har visat sig nödvändigt då mantelrörens diameter ofta ökar mot kulvertens mitt för att sedan gå mot nominellt mått i kulvertens ändar. Detta beror på att mantelröret erhåller en diameter-

1986-09-10

ökning på grund av trycket från isolermaterialet vid skumningen. På kulvertar med mantelrördiameter över 600 mm kan det skilja mer än 20 mm i nominellt mått mellan kulvert och skarvhylsa. För att centrera skarvhylsan till kulverten används idag ofta kilförband, se fig 5. En mantelrörskarv är 500 mm lång medan skarvhylsan har en längd av 700 mm.

Om en kulvert utsätts för ett böjande moment enligt fig 6 kommer den överlappande änden av skarvhylsan att förbli rak tills kulvertröret böjts så mycket att skarvhylsans ände och kulvertröret kommer i kontakt med varandra. Som visas i figur 6 kommer den del av skarvhylsan som ligger i ytterradien att lyftas upp.

De mantelrörskarvar som undersökts har krympförband som ändtätningar. Adhesivet mellan kulvertens mantelrör och krympbandet har varit en mastik med mjukningstemperaturen cirka 35°C. Mastikens tjocklek har varit cirka 1 mm, se fig 7.



Figur 7

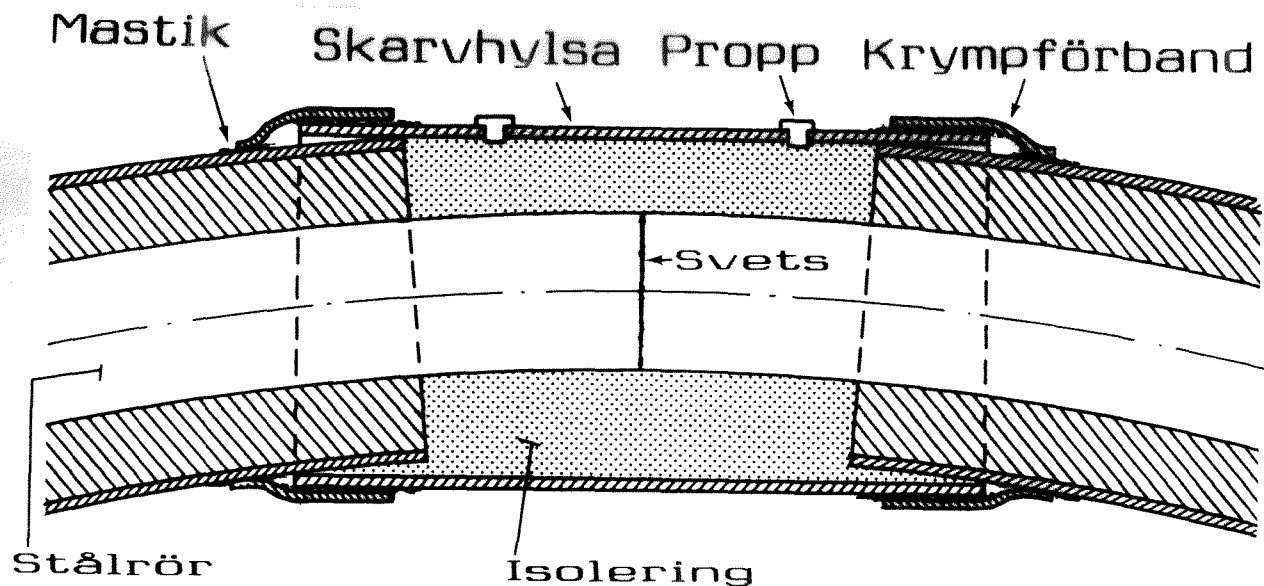
Principskiss av krympförband på en mantelrörskarv.

1986-09-10

Då kulvertröret utsätts för böjning kommer den del av skarvhylsan som ligger i ytterradien att lyftas upp. Om denna rörelse blir för stor finns det risk för att mastiken dras loss från kulvert-röret. Sker utböjning av kulverten i en lugn kontinuerlig process kan mastiken på grund av sina materialegenskaper ta upp en relativt stor töjning utan att brista. Sker utböjningen däremot i en diskontinuerlig process - kulverten rör sig ryckvis - är risken stor att mastiken inte kan ta upp den mycket snabba deformationen. Mastiktyper som ändrar sina elastiska egenskaper vid snabba förlopp är s k deformationshårdnande material. Någon undersökning av dessa material-egenskaper har inte rymts inom detta projekt.

Vid en utböjning av kulverten över en mantel-rörskarv kommer materialet som befinner sig i ytterradien, se fig 8, att töjas och material i innerradien kommer att komprimeras. Upprepade utböjningar vid de temperaturfall som beskrivits tidigare kan ge upphov till att mastiken flyttas ut till zoner som inte belastas lika hårt. Några praktiska prov för att verifiera de antagna förloppen har inte rymts inom projektet.

1986-09-10



Figur 8

Principskiss av krympförband på mantelrörskarv vid böjning av kulvertrör.

1.12.1 Fortsatta prov

Den genomförda undersökningen visar att de på fältet uppkomna skadorna med "öron" på krympförband med mastik som adhesiv kan ges en preliminär förklaring. I det aktuella fallet har också en beräkning genomförts som visar att kulvertens medeltemperatur över året är något för hög för den mastik som använts. För att kartlägga några av orsakerna till de undersökta skadorna bör, i första hand, följande frågor besvaras:

- Hur stort deformationshårdnande har de mastiktyper som finns idag?
- Kan de tidigare beskrivna "öronen" framkallas i laborieprov?

För att besvara dessa frågor ges därför följande projektförslag.

- 1) Undersökning av materialegenskaper hos mastik. Temperatur, deformationshastighetsberoendet, vidhäftning, yttre miljö.

1986-09-10

- 2) Undersökning av deformationer på krympförband. Fortsättning på Värmeforsk projekt H1-464. Beräkningar, elasticitetsmätningar, simulerat belastningsfall, böjning i laboratorium.

1986-09-10

2 SKADOR PÅ MANTEL RÖRSKARVAR - FUKTIG ISOLERING

2.1 Inledning

I samband med transporter, lagring eller montage (i vattenfyllda schakt) finns alltid risk att fukt kan tränga in i kulverttrörens PUR-isolering eller mellan denna och mantelrörets insida. Det inträngda vattnet kan eventuellt orsaka problem vid skumningen av skarvarna.

För att undersöka dessa problem har några försök med skarvisolering vid närvaro av fukt gjorts. Målet har därvid varit att undersöka, vilket inflytande den inneslutna fukten kan ha på skarvisoleringens kvalitet och på skyddshöljets täthet efter montage av krympförband.

Faktorer som via fukten kan påverka skarvisoleringens kvalité är fuktens fördelning, mediarörtemperaturen samt metoden för anbringande av isoleringen. I detta kapitel redovisas resultat av försök, där dessa faktorer studerats.

2.2 Problemformulering

Om kulvertisoleringens ändytor exponeras för en fuktig miljö under än längre tid, kommer isoleringen att uppta fukt på i huvudsak två olika sätt, nämligen dels som en jämnt fördelad fuktupptagning över tvärsnittsytan, vilket bestäms av isoleringens fuktupptagande egenskaper, dels också som koncentrerad fuktighet, främst i håligheter i isoleringen invid mantelytan. Eventuellt kan fuktblåsor uppkomma även i mantelmaterialet (PE).

Om mediarörtemperaturen är högre än omgivningens temperatur, kan fuktfördelningen över tvär-

1986-09-10

snittet påverkas på så sätt att en viss ut-torkning sker, och fukthalten minskar in mot den varma mediarörväggen.

Slutligen kan den teknik, som används vid skum-isoleringen, ha betydelse för fuktupptagningen och fuktvandringen: 1) Krympning med krympband eller krympmanschetter på skarvmuffar före skumning av skarven. 2) Som 1) men skumning före krympning. 3) Krympning med krympmatta på prefabricerade PUR-halvskålar. Figur 9 illustrerar de två första skarvmetoderna.

De ovan nämnda parametrarna:

- typ av fuktighet (2 st, jämnt fördelad resp koncentrerad)
- mediarörtemperatur (2 st, omgivnings- resp förhöjd temperatur)
- skarvmetod (2 st)

har studerats var för sig i laboratoriemiljö liksom deras inverkan på skarvisoleringens beskaffenhet.

Beträffande skarvmetoderna har endast de två förstnämnda medtagits, vilka innebär skumning på plats, medan den tredje med prefabricerade PUR-halvor utelämnats, då i detta fall skarvisoleringen ej i nämnvärd grad torde påverkas av fukten i kulvertisoleringen. Det är främst värmeutvecklingen i samband med själva skumbildningen, som genom förångning driver ut fukten från kulvertisoleringen in i skarven. Den utvändiga värmningen i samband med krympningen av krympmaterialen torde inte nämnvärt tränga in i isoleringen och ge upphov till någon fuktvandring inom densamma.

1986-09-10

2.3 Försöksmetod

Problemet beträffande fuktens inverkan på skarv-isoleringen har studerats genom en serie laboratorieförsök, där bitar av en prefabricerad PUR-isolerad standardkulvert ($D_n = 65$, $D_y = 160$ mm) användes.

På mitten av varje kulvertbit bortskalades mantelröret och PUR-isoleringen på en sträcka av 500 mm, se Figur 10. Efter dränkning i vatten under 3 - 4 veckor, varunder kulvertisoleringens snittytor fick suga åt sig fukt, anbringades skyddshöljen (PEH-muff och krympband) och underliggande skumisolering i "luckorna".

Försöken gjordes enligt följande schema med avseende på ovan nämnda studerade parametrar:

Försöksserie A

Fuktupptagning vid omgivningstemperatur ($\sim 20^{\circ}\text{C}$)

Fuktfördelning	Skarvmetod	Försök nr (Kulvertbit nr)
Jämnt fördelad fukt	Krympning -> skumning	A1
Jämnt fördelad fukt	Skumning -> krympning	A2
Koncentrerad fukt	Krympning -> skumning	A3
Koncentrerad fukt	Skumning -> Krympning	A4
Vattensamling i skarvmuff	Krympning -> skumning	A5

1986-09-10

Försöksserie BFuktupptagning vid förhöjd vattentemperatur ($\sim 80^{\circ}\text{C}$):

Fuktfördelning	Skarvmetod	Försök nr (Kulvertbit nr)
Jämnt fördelad fukt	Krympning -> skumning	B1
Jämnt fördelad fukt	Skumning -> krympning	B2
Koncentrerad fukt	Krympning -> skumning	B3
Koncentrerad fukt	Skumning -> Krympning	B4

I försöken "koncentrerad fukt" hade innan dränkning borrats 2 st ca 30 mm djupa hål, $\varnothing$ 10 mm i kulvertisoleringens snittytor omedelbart innanför PEH-manteln och diametralt mitt emot varandra, se Figur 9.

Försök A5 är ett "extra" försök (utanför det ursprungliga provprogrammet) med syfte att undersöka det bildade skummets kvalitet vid närvaro av en stor mängd vatten i vätskefas, ca 50 cm^3 i botten på skarvmuffen. I de övriga försöken möter skummet fukten huvudsakligen i form av vattenånga, bildad av skumningsvärmets.

Den förhöjda temperaturen vid fuktupptagningen i försöksserie B åstadkoms genom att de fyra kulvertbitarnas mediarör hopkopplades så, att hetvatten ($90 - 95^{\circ}\text{C}$) kunde cirkuleras genom desamma. Vattnet i kärlet, i vilket kulvertbitarna var nedsänkta, hölls samtidigt genom lämplig cirkulation vid ca 80°C .

1986-09-10

Ungefär ett dygn före skumningen avtappades vattnet i kärlet (hetvattencirkulationen i media-rören bibehölls), så att kulvertisoleringens snittytor fick torka något till följd av värmen från mediarören. I försöksserie A vidtog skumningen av skarvarna direkt efter upptagning av kulvertarna ur kärlet.

2.4 Utvärdering

Efter skumningen skars skarvarna itu för undersökning av hur fukten påverkat skarven.

Först undersöktes samtliga skarvar okulärt med avseende på eventuella synliga defekter i isoleringen och i omgivande skyddshölje (muff + krympförband) till följd av fukten.

För att få en mer kvantitativ bedömning av eventuella förändringar i skummets egenskaper, uttogs provbitar ur skarvisoleringen enligt Figur 2 i form av kuber med sidor ca 30 mm. Med hjälp av dessa provbitar bestämdes skarvisoleringens densitet och tryckhållfasthet. Densiteten bestämdes genom vägning av provbitarna och mätning av volymen genom nedsänkning i vatten (pyknometermetoden). Tryckhållfastheten definieras som den kraft per ytenhet (MPa), som komprimerar en provbit 10 % av den ursprungliga tjockleken. Provbitar (25 x 25 x 10 mm) utskars ur 30 mm-kuberna, vid skarvändarna med en sida i snittytan mot kulvertisoleringen.

Enligt Svenska Värmeverksföreningens föreskrifter skall för PUR-skum i plastkulvertar tryckhållfastheten enligt denna definition ($\frac{1}{2}$ 10 %) vara ≥ 0.3 MPa. (Gäller dock ej skummet i skarvar.)

1986-09-10

I försöksserie A uttogs provbitar i vardera änden av skarvisoleringen samt på skarvens mitt. I försöken A3 och A4 uttogs provbitarna i omedelbar anslutning till fuktkoncentrationerna (hålborrhningarna) i kulvertisoleringen.

I försöksserie B uttogs bitarna på samma sätt som i A, men dessutom uttogs ytterligare 2 å 3 något mindre bitar (23 mm kuber) på olika radier i vardera skarvänden (en bit intill mediaröret) för att kunna konstatera om skummet undergått någon förändring till följd av minskad fukthalt i kulvertisoleringen närmare det uppvärmda mediaröret.

Ett försök gjordes att bestämma gastrycket inuti skarvmuffen direkt efter skumfyllningen med hjälp av ett smalt rör, som infördes genom ett hål i muffväggen. Detta misslyckades dock, då skummet snabbt bildar slutna, isolerande hålrum i muffen och mätröret för övrigt igentäpptes av skum.

I stället uppskattades gastrycket i muffen, genom att några minuter efter att skumningen avslutats mäta diametern på mitten (samma mätning hade gjorts innan skumningen) och på så sätt mäta PEH-materialet relativa töjning, varur trycket sedan fås enligt:

$$\sigma \sim \frac{pD}{2t} = E \cdot \frac{\Delta D}{D} \quad (\text{MPa})$$

och

$$p \sim \frac{2 E \cdot \Delta D \cdot t}{D^2} \quad (\text{MPa})$$

E	PEH-materialets elasticitetsmodul, MPa
D	muffens ytterdiameter, mm
ΔD	diameterökning efter skumning, mm
t	godstjocklek, mm

1986-09-10

2.5 Resultat

Efter uppskärning av samtliga skarvar besiktigades dessa okulärt, varvid inga defekter kunde iakttas på skyddshöljerna, d v s på insidan av muffar och krympband. Fukten synes ej ha trängt in till mastic-skiktet under krympbanden eller har i varje fall ej påverkat detsamma.

Däremot iaktogs mer eller mindre påtagliga förändringar i PUR-skummet i skarvarna till följd av fuktexponeringen. Detta återspeglas i värdena på densitet (ρ kg/m³) och tryckhållfasthet (σ_{10} % MPa) i följande tabeller för resp försök:

Tabell 1

Försök A1 - Jämnt fördelad fukt, krympning - skumning.

ρ kg/m ³	σ_{10} % MPa	Position, provbit
82.4	0.54	Skarvens mitt, 2 prover
80.3	0.51	
66.8	0.20	Skarvens ena ände, 2 prover
47.5	0.10	
76.9	0.18	Skarvens andra ände, 2 prover
59.4	0.15	

Kommentar: Fukten från kulvertisoleringen vid skarvens ändar har givit en lägre densitet än i mitten. Samma tendens konstateras beträffande tryckhållfastheten. Skummet känns mjukt och kan utan svårighet klämmas ihop mellan fingrarna på vissa ställen.

1986-09-10

Tabell 2

Försök A2 - Jämnt fördelad fukt, skumning - krympning.

ρ kg/m ³	σ_{10} % MPa	Position, provbit
71.2	0.52	Mitten
65.0	0.20	Ena änden
60.1	0.23	Andra änden

Kommentar: Se försök A1. Skumning före krympning har ingen märkbar inverkan, jämfört med efter krympning.

Tabell 3

Försök A3 - Koncentrerad fukt, krympning - skumning.

ρ kg/m ³	σ_{10} % MPa	Position
66.7	0.37	Mitten, 3 prover
84.2	0.66	
60.0	0.28	
62.1	0.30	Ena änden, mitt för kavitet
65.3	0.17	Ena änden, mitt för kavitet
79.9	0.21	Ena änden, ej mitt för kavitet
51.1	0.10	Andra änden, mitt för kavitet
71.0	0.37	Andra änden, ej mitt för kavitet

Kommentar: En tendens till lägre densitet och tryckhållfasthet kan skönjas i skummet mitt för

1986-09-10

kaviteterna i kulvertisoleringen, där skummet också i vissa fall har en mycket mjuk konsistens.

Tabell 4

Försök A4 - Koncentrerad fukt, skumning - krympning.

ρ kg/m ³	σ_{10} % MPa	Position
77.2	0.66	Mitten
69.1	0.11	Ena änden, mitt för kavitet
61.9	0.42	Ena änden, mitt för kavitet
60.6	0.34	Andra änden, mitt för kavitet

Kommentar: Se försök A2 och A3.

Tabell 5

Försök A5 - Vattensamling i skarvmuffen.

ρ kg/m ³	σ_{10} % MPa	Position, provbit
59.7	0.35	B
91.4	0.45	T
49.1	0.10	B
83.5	0.46	T
53.2	0.11	B
63.7	0.24	T

B = Skarvens botten

T = Skarvens topp

1986-09-10

Kommentar: Vattensamlingen i botten på skarvmuffen har här påtagligt försämrat skummets egenskaper, vad gäller densitet och tryckhållfasthet. Skummet är fullt av synliga stråk och blåsor och känns mycket mjukt och kladdigt. I den övre delen av skarven har skummet normal beskaffenhet.

Tabell 6

Försök B1 - Varmt mediarör, jämnt fördelad fukt, krympning - skumning.

ρ kg/m ³	σ_{10} % MPa	Position
74.9	0.43	Mitten
84.1	0.50	
74.1	0.43	Ena änden, invid mediaröret
79.4	0.43	Ena änden, ute vid manteln
82.1	0.33	Andra änden, invid mediaröret
75.3	0.40	Andra änden, ute vid manteln

Kommentar: Ingen signifikant skillnad kan här märkas mellan mitten och ändarna eller på olika radier vid dessa, p g a att fukten i kulvertisoleringen till största delen avlägsnats genom uttorkning med hjälp av värmen från det uppvärmda mediaröret.

1986-09-10

Tabell 7

Försök B2 - Varmt mediarör, jämnt fördelad fukt, skumning - krympning

ρ kg/m ³	σ_{10} % MPa	Position, provbit
75.2	0.45	Mitten
80.1	0.41	Ena änden
77.8	0.38	Andra änden

Kommentar: Se försök A2 och B1.

Tabell 8

Försök B3 - Varmt mediarör, koncentrerad fukt, krympning - skumning.

ρ kg/m ³	σ_{10} % MPa	Position
65.4	0.37	Ena änden, invid mediaröret
75.9	0.29	Ena änden, ute vid manteln
72.0	0.25	Ena änden, mitt i
77.4	0.48	Andra änden, invid mediaröret
78.2	0.28	Andra änden, ute vid manteln
75.2	0.29	Andra änden, mitt i

Kommentar: Provbitarna ute vid manteln har tagits mitt för fuktkavitetererna. Något entydigt beroende av radien i täthets- och tryckhållfasthetsvärdena kan ej spåras.

1986-09-10

Tabell 9

Försök B4 - Varmt mediarör, koncentrerad fukt, skumning - krympning.

ρ kg/m ³	σ_{10} % MPa	Position
71.2	0.35	Ena änden, invid mediaröret
66.8	0.41	Ena änden, ute vid manteln
70.5	0.38	Ena änden, mitt i
75.9	0.40	Andra änden, invid mediaröret
77.2	0.34	Andra änden, ute vid manteln
76.1	0.42	Andra änden, mitt i

Kommentar: Se försök A2 och B3.

2.5.1 Beräkning av gastrycket i muffen

Gastrycket i skarvmuffen efter skumning har beräknats enligt uttrycket på sidan 31 och givit följande resultat i de olika försöken

(E = 600 MPa, t = 3.5 mm):

Tabell 10

Försök	D mm före	D mm efter	ΔD mm	$\Delta D/D^2 \times 10^4$	σ MPa
A1	173.9	175.6	1.7	0.562	0.24
A2	173.7	175.6	1.9	0.629	0.26
A3	173.9	176.1	2.2	0.727	0.31
A4	173.8	175.3	1.5	0.497	0.21
A5	173.8	175.3	1.5	0.497	0.21
B1	175.2	176.2	1.0	0.326	0.14
B2	174.5	175.6	1.0	0.328	0.14
B3	175.0	175.5	0.5	0.163	0.07
B4	175.3	176.1	0.8	0.260	0.11

1986-09-10

Även här skiljer sig försöksserie B något från A så till vida att en tendens till lägre tryck kan konstateras i B. Vid skumbildningar reagerar vatten med isocyanat under bildning av CO_2 , som tillsammans med vattenånga bygger upp trycket i skarven. Frånvaron av vatten i de uttorkade B-skarvarna, skulle då vara orsak till det lägre trycket i densamma.

Frågan är dock om den relativt obetydliga fukt-mängden i kulvertisoleringens snittytor kan ge upphov till några mätbara skillnader beträffande trycket i hela skarven. I försök A.5 borde i så fall ett avsevärt högre tryck ha uppmätts (vatten-samling i muffens botten).

Sammanfattningsvis kan alltså sägas beträffande ovan funna resultat, att förfarandet skumning före krympning eller omvänt inte har någon betydelse vad gäller fuktens inverkan på skarvisoleringen. Om fukten är koncentrerad till håligheter i kulvertisoleringens snittytor, försämras skarvisoleringens kvalitet påtagligt i närheten av dessa håligheter, men även en jämnt fördelad fuktighet över tvärsnittytorna har visats ha en ogynnsam inverkan på skarvisoleringen genom att dess densitet och bärighet (tryckhållfasthet) minskar.

Torkning av en fuktdränkta tvärsnittsyta före skarvning och skumning förhindrar uppkomsten av fuktskador i skarvisoleringen.

Någon synbar inverkan av fukt i kulvertisoleringen på muffar och krympband har ej kunnat påvisas.

1986-09-10

2.6 Slutsatser och rekommendationer

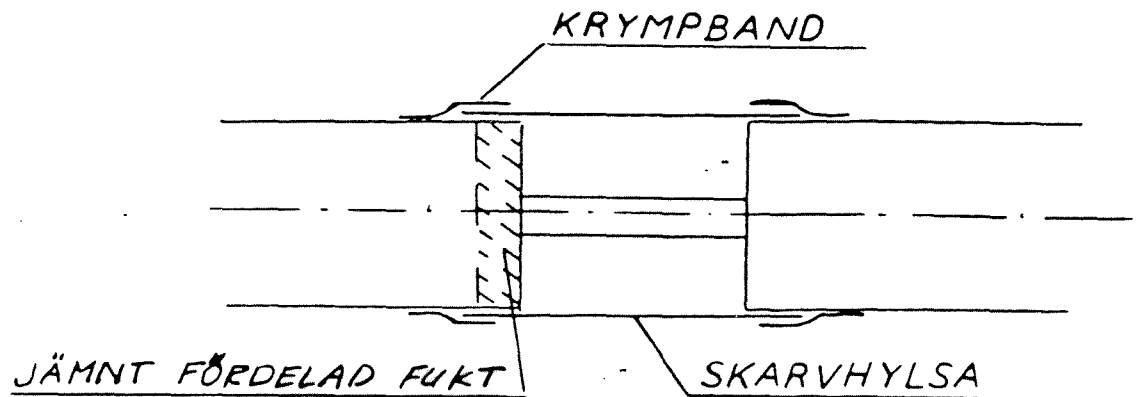
I de här beskrivna försöken har påvisats att fukt som ansamlats i kulvertisoleringens tvärsnittsytor har en ogynnsam inverkan på skarvisoleringens styrka och densitet. Speciellt om fukten koncentrerats i större porer eller håligheter i snittytorna påverkas isoleringen lokalt i närheten av dessa.

Det är därför av stor vikt att blottlagda snittytor, som absorberat fukt i vattenfyllda kulvertschakt eller liknande, får tillfälle att torka ut innan skumning av skarvarna sker, t ex genom att låta varmt vatten genomströmma mediarören.

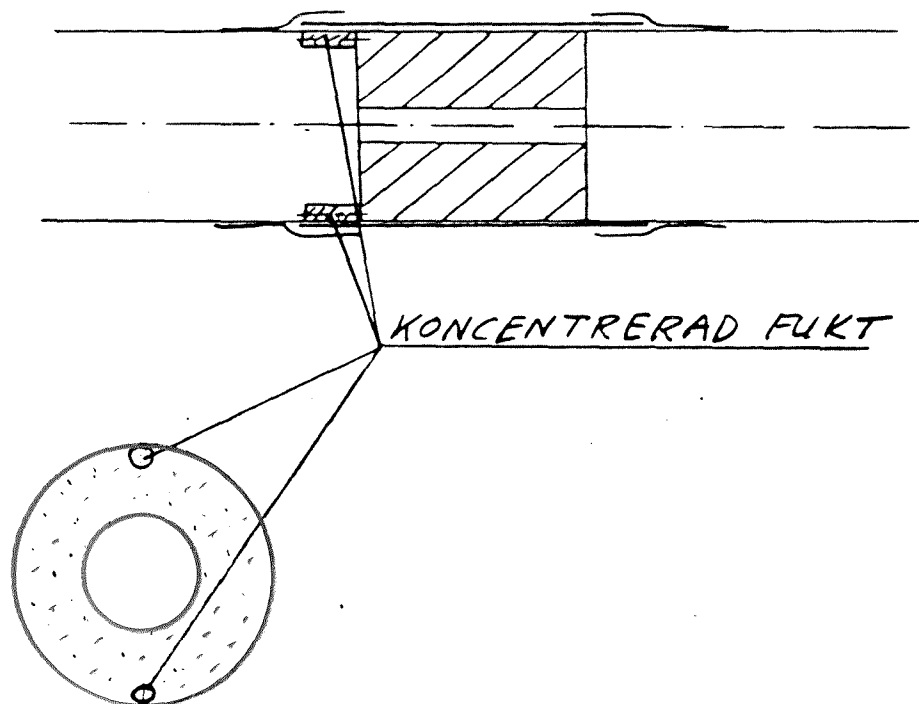
Snittytorna bör avsynas, innan rören läggs ner i schaktet, och eventuella håligheter, som kan härbergiera fukt igenfyllas med något lämpligt spackel eller dylikt.

1986-09-10

- 1) Krympning med krympband eller krympmanschetter på skarvhylsor före skumning av muffen.



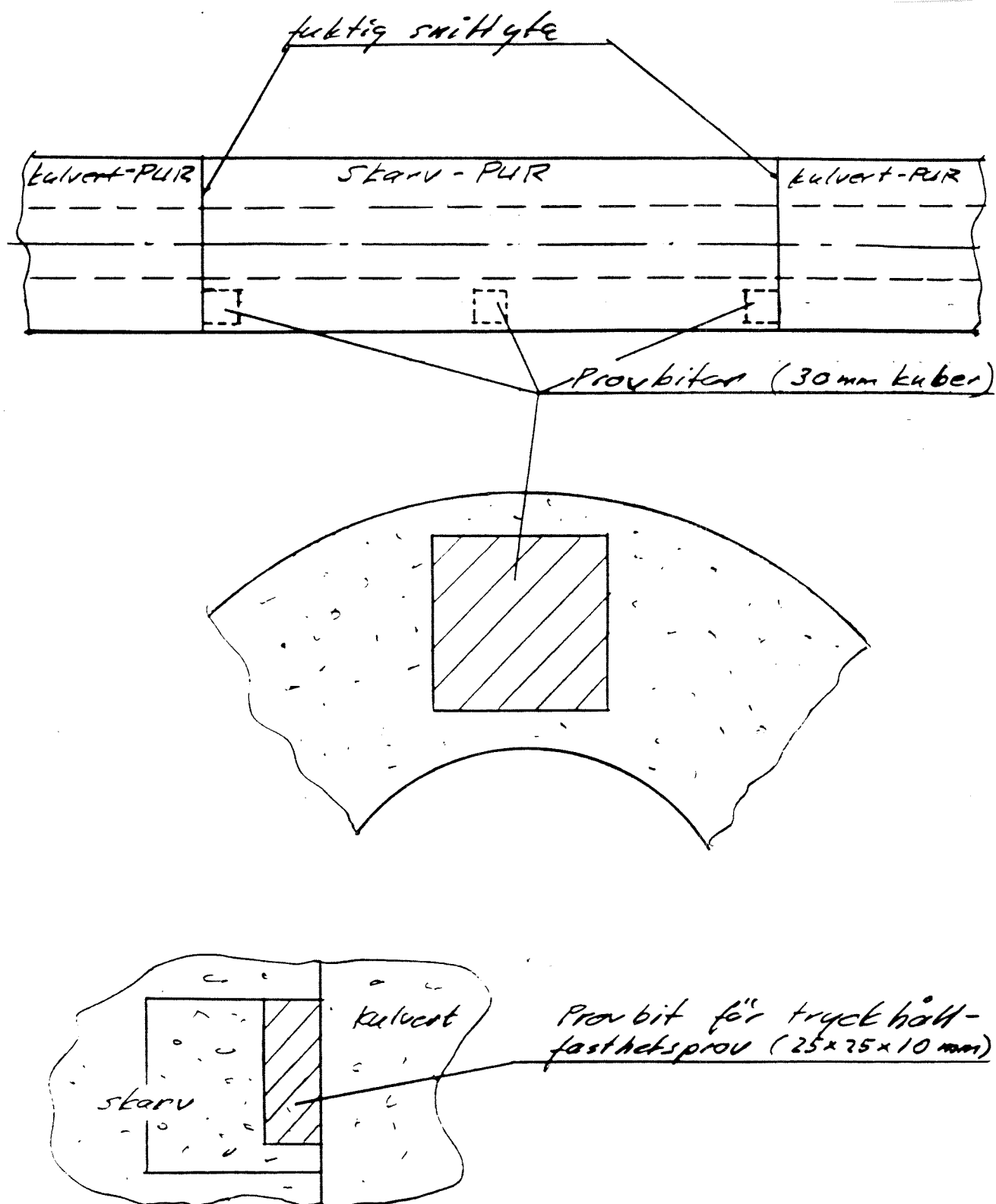
- 2) Som 1) men skummas först och krymps sedan.



Figur 9

Olika typer av skarvning och fuktförekomst.

1986-09-10

Figur 10

Uttagning av provbitor ur skarvisoleringen.

1986-09-10

3 MÄTMETODER FÖR ATT PÅVISA INNESLUTEN FUKT I KULVERTISOLERING

3.1 Inledning

Fuktinträngning i kulvertrörs isolering kan uppstå under lagring, transport och montage av kulvertsystem (vattenfyllda kulvertschakt). Huvudsakligen sker fuktupptaget via de blottade isoleringsytorna i kulvertgavlarna.

Kulvertar med hög fukthalt i gavelregionerna misstänks få en sämre kvalitet på skarvarna på grund av indiffusion av fukt i skarvutrymmet från kulvertgavlarna.

Fukt försämrar skummets isoleringsförmåga vilket har till följd att temperaturen på skarvens mantelyta kan bli så hög att mastik och krympförband i skarven kan skadas och läcka uppstå.

För att snabbt kunna avskilja och åtgärda (torkning) kulvertrör med för högt fuktinnehåll i gavelregionen har man behov av ett tillförlitligt icke förstörande fuktmätningssinstrument, lämpat för fältbruk.

I rapporten redovisas 5 st tillämpbara metoder som alla finns tillgängliga på marknaden i form av utprovade produkter.

3.2 Fuktmätningssinstrument på marknaden

Den dominerande tillverkaren av fuktighetsmätare på marknaden är det japanska företaget Kett Electric Laboratory med svensk återförsäljare Aroscan AB i Västerås.

1986-09-10

Deras instrument grundar sig antingen på en resistiv mätmetod eller på en kapacitiv metod.

3.2.1-----Resistiva fuktmätare

De resistiva fuktmätarna är i princip 4-poliga motståndsmätare. Resistansvärdet är ett mått på fukthalten i mätvolymen.

Mäthuvudet har fyra stift vilka trycks in i mätobjektet. Stiftens längd är maximalt 8 mm vilket gör att endast fuktmängden intill ytan kan bestämmas. Dessa fuktmätare är huvudsakligen avsedda att bestämma fukthalten i trä där man ej förmår pressa in mätstiften till större djup. Däremot borde det vara enkelt för tillverkaren att förse mäthuvudet med längre stift för användning på porösare material typ PUR-skum.

Denna typ av fuktmätare skulle passa för att bestämma fukthalten i kulvertgavlarna där isoleringen är åtkomligt.

Pris: 5 000 - 8 000 kr

Mätområde: 4 - 35 % fukthalt

Kraftförsörjning: batterier

3.2.2-----Kapacitiva fuktmätare

De kapacitiva fuktmätarna grundar sig på att en kondensators kapacitans förutom kondensatorplattornas yta och inbördes avstånd är beroende av dielektrikat mellan dem.

För en plattkondensator skrivs kapacitansen

$$C \text{ enl} \quad C = \epsilon_0 \cdot \epsilon \frac{A}{d} \quad F$$

där A är kondensatorplattornas yta

1986-09-10

d är avståndet mellan plattorna m
 ϵ_0 är dielektricitetskonstanten i vakuum
(F/m)
 ϵ för PUR-skum $\sim 2 - 4$
 ϵ för vatten $= 80$

Eftersom dielektricitetskonstanten är så olika för torr PUR-skum och vatten ger redan små fuktmängder upphov till relativt stor kapacitansändring.

Kondensatorn i mät huvudet ingår i en bryggkoppling vilken även innehåller en referenskapacitans. Bryggan matas med en fast högfrekvens. Spänningsvariationen ut från bryggan blir proportionell mot fukttinnehållet. Dessa instrument har ett mätdjup av ca 25 mm vilket gör att man till skillnad från de resistiva fuktmätarna även kan bestämma fuktmängder under kulvertens mantelrör.

Pris: 11 000 kr

Mätområde: 2 - 21 %

Kraftförsörjning: batterier

3.2.3 Fuktmätning enl "värmeförlustmetoden"

Den kanadensiska firman Geotherm Inc säljer fuktighetsmätare som grundar sig på den hastighet varmed en given värmemängd strömmar ut från en mätsond instucken i det material där fukthalten skall bestämmas. Närvaro av fukt i undersökningsmaterialet ökar dess värmeledningsförmåga och sondens yttemperatur sjunker.

Sondens yttemperatur mäts på fyra ställen vilket ger möjlighet att upptäcka fuktgradienter ut efter sonden. Sondstorlekarna varierar från

1986-09-10

10 cm:s längd och diametern 3 mm till 3 m:s längd och diametern 25 mm.

Instrumentet används huvudsakligen vid geologiska undersökningar, där det är av intresse att fastställa markens värmeledningsförmåga.

För fuktmätning i kulvertsammanhang skulle ett instrument avsett för laboratoriebruk med en sond av 300 mm:s längd och diametern 3 mm vara lämplig.

En nackdel med den typen av instrument är att undersökningsmetoden ej kan anses för oförstörande även om den klenaste sonden med diametern 3 mm används.

Pris: 100 - 150 kkr

Kraftförsörjning: Nätansluten

3.2.4-----Fuktmätning med hjälp av mikrovågor

Fuktmätare som grundar sig på högfrekventa elektriska fälts växelverkan med vattenmolekyler används huvudsakligen inom pappersmasseindustrin.

Eftersom dessa instrument används för att mäta fuktinnehållet i pappersprocessen är behovet av mätdjup ringa max 10 - 15 mm. Vid annan för tillverkaren intressant tillämpning torde det vara möjligt för denna att anpassa produkten till det nya behovet.

Instrument avsedda för såväl fast installation som portabelt bruk finns att köpa.

Svensk tillverkare: Skandinaviska Processinstrument AB

1986-09-10

Pris: 100 kkr

Kraftförsörjning: batterier, nät

3.3 Utvärdering

Av de fem ovan beskrivna instrumenten har 3 st provats på fuktade PUR-skum preparat, Resistiva och kapacitiva instrument provades hos Aroscan i Västerås samt ett mikrovågsinstrument från Skandinaviska Processinstrument provades i Studsvik.

3.3.1 Resistiva och kapacitiva instrument

Dessa instrument tillverkade av Kett Electric Laboratory i Japan är avsedda att mäta fukt i trä.

Innan mätningen genomförs införs träsortens densitet på en separat skala. Resultatet anges sedan som viktsprocent vatten i det träslag som undersöks. Densiteten för trä varierar från 200 till 900 kg/m^3 . Densiteten för torr PUR-skum ligger omkring 60 kg/m^3 . Det gör att man med resistiva och kapacitiva fuktmätare avsedda för fuktmätning i trä ej kan utföra absolutmätning i ett material med så låg densitet som PUR-skum.

Tidigare har påpekats att de resistiva mätarnas korta mätelektrodspears gör det möjligt att endast mäta fukthalten i ytskiktet. Vid undersökning av de 5 PUR-skum preparat som hade en fukthalt som varierade mellan 2 till 17 volymprocent vatten erhöles utslag proportionella mot fukthalten.

Återförsäljarens åsikt var att man relativt enkelt skulle kunna ändra instrumentutförandet så att det blev användbart för fuktbestämning i PUR-skum. De ändringar som krävs är att man förlänger mätelektroderna till 40 - 50 mm samt

1986-09-10

att man inför en korrektionsmöjlighet för mätning av material med låga densiteter.

Med de kapacitiva fuktmätarna avsedda för trä kunde man påvisa fukt i isoleringens yttre delar strax under mantelröret.

Även för dessa instrument krävs en ändring i utförandet för att möjliggöra fuktbestämning i PUR-skum. Dels som i fallet med de resistiva mätarna en korrektionsmöjlighet för låga densiteter, dels en ombyggnad av mät huvudet så att det passar för att mäta fukt under krökta ytor (kulvertrör) oavsett krökningsradien.

3.3.2 Mikrovågsinstrument

Vid prov på kulvertrör med fukt under mantelytan hade detta instrument en detektionsförmåga jämförbar med det kapacitiva instrumentet ovan. Även här krävs en ombyggnad av mät huvudet för att passa till kulvertrörens krökta ytor.

Den lätta bärbara mätenheten är batteridriven och kan lagra 2 000 mätvärden. Dessa kan sedan "spelas av" i en nätansluten enhet och ge resultaten i diagramform.

3.4 Rekommendation

Med tanke på att fuktmätningen skall ske i fält under lägningsarbetet föreslås de relativt billiga och robusta instrumenten med resistiv eller kapacitiv mätprincip. Det är under förutsättning att de ändringar som diskuterats ovan kan genomföras av tillverkaren.

De resistiva instrumenten skulle då användas för att påvisa fukt i gavelregionerna, innan kulverten svetsas in i systemet.

1986-09-10

De kapacitiva instrumenten kan, förutom att detektera fukt i gavelregionerna, även användas för att påvisa fukt under kulvertens mantelyta.

• STUDSVIK/ED-86/13

• Projekt H1-464 SKADOR PÅ MANTELRÖRSKARVAR

• John Ljungqvist Bert Oddving Rolf Westin

Studsvik
Studsvik Energiteknik AB S-611 82 NYKÖPING
SWEDEN Telefon 0155-21000 Telex 64013 studs s

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk Forskning och utveckling. Stiftelsens forskningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Värmeverksföreningen
- Övrig industri

Värmeforsk samarbetar med Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK).

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Box 1765 · 111 87 Stockholm
Tek: 08-7900600 · Fax 08-796 00 37