



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R23:1986

**Metoder att minska värme-
förluster i befintliga fjärrvärme-
system**

Etapp 2

**Ulf Jonasson
Hans Stålhandske**

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *Sev*

K/4 W

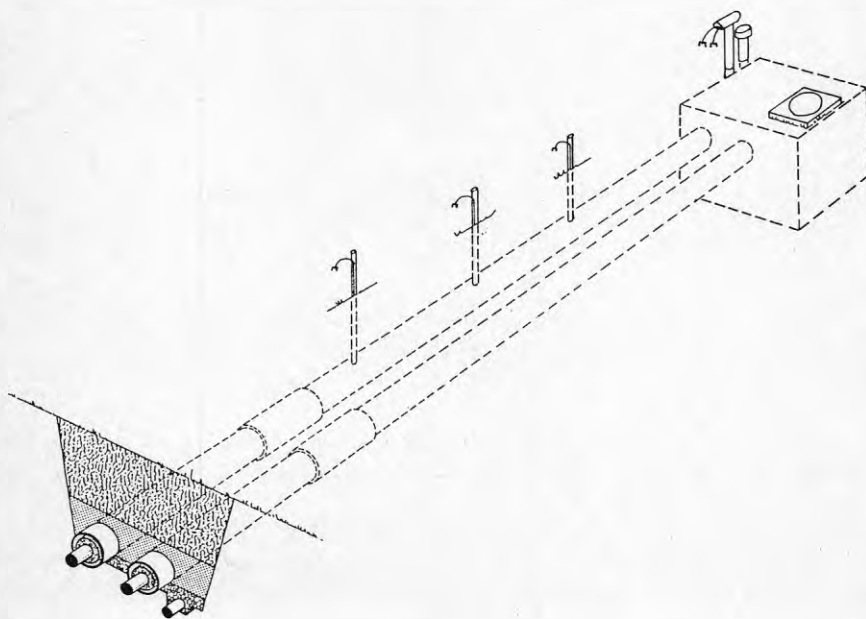
Byggeforskningsrådet

R23:1986

METODER ATT MINSKA VÄRMEFÖRLUSTER
I BEFINTLIGA FJÄRRVÄRMESYSTEM

Etapp 2

Ulf Jonasson
Hans Stålhandske



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831583-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Uppsala
Kraftvärme AB, Uppsala.

REFERAT

I denna rapport redovisas en enkel och praktisk metod att bestämma den aktuella värmeförlusten från en befintlig fjärrvärmeledning. Metoden går ut på att man mäter temperaturen på ledningens skyddshölje i marken, samt på framledning och returledning. Med hjälp av här redovisade diagram, kan värmeförlusten beräknas för fem olika kulverttyper. Därvid skall också hänsyn tas till markens värmemotstånd. Den erhållna värmeförlusten jämföres med den förlust som en fjärrvärmeledning av aktuell typ normalt skall ha.

Utförda temperaturmätningar under vinterförhållanden har visat, att en fjärrvärmeledning i gott skick har en gränstemperatur på skyddshölje i intervallet 15-22°C. Högre temperatur antyder att isoleringen ej fungerar tillfredsställande.

Temperaturmätningarna går till så, att man genom ett borrhål i makren, för ner ett termoelement (koppar-konstantan) till ledningens skyddshölje. Temperatur på fram- och returledning mätes till exempel i en närliggande kammare. Mätningar utföres vid några tillfällen med en enkel, digital temperaturmätare.

I undersökningen ingår följande kulverttyper: asbestcementkulvert dimension 100/400 och 150/300, mineralullsiserad betongkulvert dim 300, samt cellbetongiserad betongkulvert dim 300 och 600.

I rapporten visas exempel på temperaturförhållanden runt de ovannämnda kulverttyperna. Exemplet är hämtade från fältmätningar som ligger till grund för de framtagna anvisningarna. Utförda temperaturregistreringar ingår i rapportens bilaga.

Vidare så har effekten av olika typer av tilläggsisoleringar provats i fält. Därvid konstaterades att besparings-effekten väl överensstämmer med teoretiska beräkningar. Tilläggsisolering är i många fall också ekonomiskt motiverad. Med hjälp av diagram kan värmeförlusten vid olika isoleringsfall beräknas. Därvid utgår man från den aktuella isoleringens kondition. I rapporten anges också de ekonomiska förutsättningarna.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R23:1986

ISBN 91-540-4544-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1986

<u>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</u>		<u>SID</u>
1	FÖRORD	5
2	SAMMANFATTNING	7
3	INLEDNING	9
4	BESTÄMNING AV VÄRMEISOLERINGENS KONDITION	12
4.1	Mätutrustning	12
4.2	Mätmetod i fält	13
4.3	Bestämning av värmeförluster	15
	Diagram 1 - 12	19 - 24
5	TILLÄGGSISOLERING	25
5.1	Material och metoder för tilläggsisolering	25
5.2	Värmebesparing vid tilläggsisolering	26
5.3	Kostnader och lönsamhet vid tilläggsisolering	27
	Diagram 13 - 22	29 - 33
6	FÄLTMÄTNINGAR och prov med tilläggsisolering	34
6.1	Mätmetodik	34
6.2	Mätinstrument	35
6.3	Studerade kulverttyper och tilläggsisoleringar	36 - 38
6.4	Försök med tilläggsisolering, utförande	39
6.5	Invändig isolering av kulvertar	40
6.6	Inverkan på tätningar och fogband	41
7	MÄTRESULTAT	42
7.1	Temperaturfördelningen runt kulvertar	42
7.2	Marktemperatur	42
7.3	Lufttemperaturens inverkan	43
7.4	Fukt och temperatur i kammare	43
7.5	Effekten av tilläggsisolering	45
7.6	Sammanfattning av mätresultat	47
	Exempel på temperaturfördelning	48 - 65
8	BERÄKNING AV VÄRMEFÖRLUSTER	66
8.1	Värmeförluster hos de undersökta kulverttyperna	66

<u>BILAGA</u>	<u>SID</u>
9 BERÄKNINGSTEORI	67
9.1 Beteckningar	67
9.2 Separationsisolerat rörpar i skilda skyddsror	68
9.3 Separationsisolerat rörpar i gemensamt skyddsror	69
9.4 Betongkulvert, mineralullsisolering	70
9.5 Betongkulvert, cellbetongisolering	71
9.6 Annuitetstabeller	73
10 TEMPERATURMÄTNINGAR	75
10.1 Tidschema för mätprogrammet	75
10.2 Driftstatistik och lufttemperatur	76
10.3 Fukt och temperaturer i kammare	77
10.4 Placering av termoelement	78 - 85
10.5 Temperaturregistreringar	86 -152
11 LITTERATURFÖRTECKNING	153

1 FÖRORD

Föreliggande rapport avser en fortsättning och fördjupning av det arbete (etapp I) som presenteras i Rapport R 78:1984, med samma rubrik. De planerade etapperna II och III har i stora delar sammanförts i denna rapport.

I etapp I gavs en översikt av de vanligaste kulverttyperna och isoleringsmaterial. Isoleringens kondition och olika skadeorsaker beskrevs. Vidare behandlades värmeförluster i fjärrvärmesystem, inverkan av jordart, mediatemperaturer och isoleringens kondition. Värmeförluster hos några vanliga kulverttyper beräknades utifrån i fält uppmätta temperaturer. Man konstaterade att kulvertar, vars isolering skadats genom dränkning, kunde ha dubbelt så stora värmeförluster som oskadade. Hög fukthalt i kulverten indikerade högre värmeförluster.

Beräkningsteorier för temperaturer och värmeförluster redovisades.

En teoretisk värdering, av hur stor minskning av värmeförluster, som kunde uppnås vid olika typer av tilläggsisolering, genomfördes. De ekonomiska förutsättningarna för tilläggsisolering diskuterades. Under vissa förutsättningar bedömdes detta både tekniskt och ekonomiskt möjligt.

Dessutom ingick en begränsad studie av ventilationssystemens funktion och betydelse. Fältnätningar utfördes i liten skala. Det bedömdes att värmeförlusten genom ventilation är av storleksordningen 1 - 5 % av den totala transmissionsförlusten.

Arbetet har varit inriktat på att utarbeta en enkel metod för att bedöma värmeförlusten och därmed konditionen hos fjärrvärmekulvertar samt att via fältförsök bestämma hur stora minskningar av värmeförluster som kunde uppnås med tilläggsisolering. Undersökningarna har utförts i Uppsala och Västerås under hösten 1984 och vintern 1985. En vidareutveckling av teoretiska modeller för beräkning av temperaturer och värmeförluster har utförts. Därvid har värdefullt bidrag med datorberäkningar erhållits från LTH. Dessa beräkningar, med utgångspunkt från momentan temperatur, har utgjort ett stöd och komplement till de resultat som framtagits utifrån här angivna teorimodeller.

Följande personer har deltagit i FoU-gruppen:

Björn Bergström	Bjerking Ingenjörbyrå AB Fältmätningar
Ulf Jonasson	Bjerking Ingenjörbyrå AB Projektledare
Jan-Olof Liljeroos	Uppsala Kraftvärme AB Planering, granskning
Torbjörn Stål	Uppsala Kraftvärme AB Utredning, granskning
Hans Stålhandske	Bjerking Ingenjörbyrå AB Utvärdering, beräkning, fältmätningar.
Carl-Eric Hagentoft	LTH, datorberäkningar
Johan Claesson	LTH, datorberäkningar

I referensgruppen har ingått:

Sven Werner	K-konsult, Göteborg
Bertil Nilsson	Tekniska Verken, Västerås

2 SAMMANFATTNING

Fjärrvärmeproducenterna lägger i dag ner stor möda på att nedbringa kostnaderna för värmeproduktionen. Vad gäller förluster i distributionssystemen så användes i nya kulvertar en mycket god värmeisolering. I vårt land finns dock ca 200 mil kulvert som är äldre än 10 år. Värmeisoleringen i dessa har mestadels en sämre isoleringsförmåga än önskvärdt. Isoleringens kvalitet var ofta sämre än dagens och man använde tunnare isolering på grund av låga oljepriser. Vattendränkningar, sönderrostade trådar och band som hållit ihop isoleringen, medför deformationer och glipor. Värmeisoleringens effekt minskar, och det är inte ovanligt, att värmeförlusten ökar till det dubbla eller tredubbla. Det bör således vara av stort intresse att finna metoder för att konstatera kulvertens kondition samt att minska värmeförlusterna.

I denna rapport redovisas en enkel och praktisk metod att bestämma den aktuella värmeförlusten från en befintlig fjärrvärmeledning. Metoden går ut på att man mäter temperaturen på ledningens skyddshölje i marken, samt på framledning och returledning. Med hjälp av här redovisade diagram, kan värmeförlusten beräknas för fem olika kulverttyper. Därvid skall också hänsyn tas till markens värmemotstånd. Den erhållna värmeförlusten jämföres med den förlust som en fjärrvärmeledning av aktuell typ normalt skall ha. Utförda temperaturmätningar under vinterförhållanden har visat, att en fjärrvärmeledning i gott skick har en gränstemperatur på skyddshölje i intervallet 15 - 22°C. Högre temperatur antyder att isoleringen ej fungerar tillfredsställande. Temperaturmätningarna går till så, att man genom ett borrhål i marken, för ner ett termoelement (koppar-konstantan) till ledningens skyddshölje. Temperatur på fram- och returledning mätes till exempel i en närliggande kammare. På grund av systemets tröghet beträffande temperaturvariationer, så fastställs en temperaturnivå på ledningarna för de närmast föregående 3 - 4 veckorna, genom jämförelse med driftstatistik. Mätningen utföres vid några tillfällen med en enkel, digital temperaturmätare.

I undersökningen ingår följande kulverttyper:

Asbestcementkulvert (ACK) 100/400 och 150/300.

Mineralullsisolerad betongkulvert (BTK) 300.

Cellbetongisolerad betongkulvert (CBTK) 300 och 600.

Om fältundersökningarna visar, att kulverten har för hög värmeförlust, går man vidare och undersöker lämplig åtgärd samt kostnaden för detta. Detta måste föregås av en besiktning av ledningens kondition samt bedömning av återstående livslängd. Till hjälp för att bestämma effekten av olika tilläggsisoleringar, redovisas diagram för de fyra grövre ledningarna i undersökningen. Beträffande ACK 100/400 har vi funnit att tilläggsisolering ej är ekonomiskt motiverad. När man bestämt den minskning av förlusten som kan påräknas, värderas besparingen ekonomiskt. Därefter kan man med hjälp av diagram bestämma hur stor investering i isoleringsåtgärder som besparingen motiverar. Klart är att åtgärder endast kan komma i fråga på ledningar i råmark, parkmark och liknande. Annars blir återställningskostnaden för hög. Vi har funnit att med denna förutsättning, kan en tilläggsisolering i många fall vara ekonomiskt lönsam.

Underlaget för ovanstående diagram och metoder utgöres av de teorier som presenterades i etapp 1, rapport R78:1984, med här gjorda kompletteringar samt fältmätningar, utförda under vinterförhållanden. Fältmätningarna omfattar temperaturmätningar på de ovannämnda fem kulvertyperna. Samtidig registrering har skett på en kulvert i bra skick och en som man vet varit dränkt en eller flera gånger. På tre kulverttyper har tilläggsisolering med styrencellplast av olika utformning studerats beträffande temperaturförhållanden. Värmeförlusten har beräknats utifrån erhållna mätdata.

En klar skillnad beträffande skyddshöljets temperatur föreligger mellan torra och bra kulvertar och sådana som varit vattenskadade. Isolering av rörskålar klarar en dränkning bättre än mjukare isoleringsmaterial.

Fukt i kulvertssystemet och isoleringen försämrar i hög grad isoleringseffekten särskilt om isoleringen är så blöt att ånga bildas.

De minskningar av värmeförluster som uppnåddes i försöken överensstämmer väl med teoretiska beräkningar.

3 INLEDNING

Värmeleveranserna från landets fjärrvärmesystem uppgår för närvarande till ca 30 TWh per normalår. Differansen mellan produktionsanläggningar, producerad värme till abonnenter, och levererad värme, är ca 3 TWh/år enligt SCB:s fjärrvärmestatistik. Denna distributionsförlust uppskattas kosta 18 öre/kWh, vilket ger en årlig kostnad på 540 Mkr för hela landet. Det bör därför finnas ett intresse av att nedbringa förlusterna, när ekonomiska och tekniska möjligheter föreligger. Enligt de resultat som framkom i etapp I av detta projekt (BFR R 78:1984), så är tilläggsisolering i mark en möjlighet under vissa förutsättningar.

Tilläggsisolering är främst avsedd för de kulvertar som byggdes före 1975. Äldre kulvertisolering var tunn (låga oljepriser!) och hade ofta en sämre kvalitet än dagens, vilket bl.a. givit mekaniska skador av t.ex. vattendränkningar. Sönderrostade trådar och band som hållit ihop isoleringen medför glipor och deformationer. Rostlager och slam från dränkningar har minskat isoleringens effekt. Det är inte ovanligt att ovan nämnda skador har medfört dubbla och tredubbla värmeförluster. Det finns därför förutsättningar för en lönsam tilläggsisolering, om kulvertsystemet kan torkas ur, och att detta bedöms ha en betydande livslängd kvar. Ju sämre värmeisoleringen är i utgångsläget, desto lönsammare blir en tilläggsisolering.

I detta sammanhang bör också uppmärksammas tjälproblem, beroende på de nivåskillnader som kan uppstå, där en värmekulvert korsar en gata. En isolering i marken över kulverten, medför att en del av jorden över isoleringen kan bli tjälad. Därmed minskar nivåskillnaden.

Efter det att en dåligt isolerad distributionsledning har upptäckts, uppstår en kalkylsituation varvid följande frågor inställer sig: Hur stor är värmeförlusten? Vad kostar en eventuell tilläggsisolering i marken ovanför ledningen? Hur mycket sjunker distributionsförlusten efter en sådan åtgärd?.

För att besvara dessa frågor presenteras här en praktisk metod för bestämning av värmeförlusten från en befintlig fjärrvärmeledning. Metoden går ut på att man mäter temperaturen i marken på höljet till fjärrvärmekulverten. Med kännedom om denna gränstemperatur kan sedan värmeförlusten beräknas med hjälp av kända, teoretiska beräkningsuttryck för markens värmemotstånd. Som ett led i skattningen av värmeförlusten måste markens isoleringsförmåga skattas. Leran har bättre isoleringsförmåga (lägre värmeledningstal) än grus och morän. Högre fuktkvot ger sämre isoleringsförmåga.






Ju lägre gränstemperaturen är, desto lägre är värmeförlusten. För en modern fjärrvärmeledning utgör markens värmemotstånd 10 - 20 % av det totala värmemotståndet. En normal gränstemperatur är då 15 - 22°C. Högre temperaturer antyder att isoleringen av någon orsak har minskat sin förlustdämpande förmåga, t.ex. på grund av vattendränkning. Gränstemperaturer på upp till 50°C har uppmätts i detta projekt.

När väl en hög värmeförlust har konstaterats med den här presenterade metoden, ställs man så inför att besluta om åtgärd eller inte. Ett sådant beslut grundar sig på en kalkyl, där åtgärdskostnaden och medförande värmeförlustminskning skattas.

För att få erfarenhetsvärden på kostnader och värmeförlustminskningar, har tre olika kulverttyper tilläggsisolerats inom projektets ram. Resultaten från dessa försök redovisas i denna rapport.

Av de 600 mil fjärrvärmeledning som finns nergrävda i Sverige i dag är en tredjedel 10 år och äldre. Dessa 200 mil består till 30 % av betongkulvertar och till 40 % av asbestcementkulvertar. Andelen äldre plaströrskulvertar är liten då denna typ av fjärrvärmeledning introducerades på allvar först i början av 70-talet. De fältmätningar som genomförts inom detta projekt, har därför endast utförts på asbestcementkulvertar (ACK), betongkulvertar (BTK) och cellbetongkulvertar (CBTK).

En översikt över antalet genomförda mätningar med avseende på kulverttyper, dimensioner, kondition och tilläggsisolering ges nedan:

Kulverttyp	Bra kulvert	Dålig eller vattenskadad kulvert	Tilläggsisolering	Totalt per kulverttyp
ACK 100/400 	1	1	-	2
ACK 150/300 	1	1	2	4
BTK-300 	1	1	3	5
CBTK-300 	1	1	-	2
CBTK-600 	-	1	2	3
Totalt	4	5	7	16

De totalt 16 mätserierna genomfördes under perioden november 1984 - mars 1985. Asbestcement- och betongkulvertarna uppmättes i Uppsala, medan cellbetongkulvertarna uppmättes i Västerås.

Tilläggsisoleringarna genomfördes med olika utformning för att utröna eventuella skillnader.

Denna rapport är utformad så att de praktiska anvisningarna som kunnat utformas, utifrån utfört fältarbete och bearbetning, presenteras först.

I kapitel 4, BESTÄMNING AV VÄRMEISOLERINGENS KONDITION, presenteras den föreslagna mätmetoden och hur värmeförlusten bestäms efter uppmätt gränstemperatur. Som upplysning erhåller man isoleringens effektiva värmeledningstal.

I kapitel 5, TILLÄGGSISOLERING, redovisas material, metoder, värmebesparing, kostnader och lönsamhet vid tilläggsisolering. Därefter redovisas utförda fältmätningar och resultat som bildar underlaget till den praktiska metodiken i kapitel 4 och 5.

I kapitel 6, FÄLTMÄTNINGAR, redovisas mätmetodik, mätinstrument, studerade kulverttyper och hur försöken med tilläggsisolering utfördes. Även invändig isolering av asbestcementkulvertar och inverkan på tätningar och fogband diskuteras.

I kapitel 7, MATRESULTAT, presenteras uppmätta temperaturer. Exempel på temperaturfördelningen runt kulvertar, marktemperaturer, lufttemperaturens inverkan, fukt i kammare och effekt av tilläggsisolering ges.

I avsnitt 7.6 redovisas exempel på temperaturfördelning från de 16 olika mätserierna. Dessa typfall ger en god bild av skillnaden mellan intakta och bra kulvertar samt skadade.

I kapitel 8, BERÄKNING AV VÄRMEFÖRLUSTER, ges slutligen en sammanfattning av viktiga parametrar för de 16 mätserierna (typfallen).

Använda beräkningsuttryck för värmeförluster, isoleringens värmeledningstal och gränstemperaturen ges i kapitel 9, BERÄKNINGSTEORI.

I kapitel 10, TEMPERATURMÄTNINGAR, redovisas alla utförda temperaturregistreringar för alla 16 mätserierna med en inledande redogörelse för placering av termoelement.

I litteraturförteckningen ges referenser till 24 arbeten med anknytning till detta projekt. Till de olika titlarna har fogats en summarisk beskrivning av innehållet.

4 BESTÄMNING AV VÄRMEISOLERINGENS KONDITION

Den metod för bestämning av värmeisoleringens kondition som i det följande skall beskrivas, baseras på mätning av temperaturen på skyddshöljet till kulvertär. Temperaturen på skyddshöljet bestäms av en mängd olika parametrar såsom temperatur på mediarör, flöde, isoleringens effekt, kulverttyp, markförhållanden samt mark och lufttemperatur. Systemet är således mycket komplext. Inga exakta materialegenskaper kan fastställas beträffande t.ex isolering och jord och inga stationära förlopp föreligger. Yttemperaturen i en punkt på kulverten är till exempel beroende på de temperaturförhållanden i mediarören som rått en tid innan. Inom detta projekt utförda undersökningar visar att metoden är fullt användbar för en tillräckligt god bestämning av värmeförluster och isoleringens kondition.

4.1 Mätutrustning

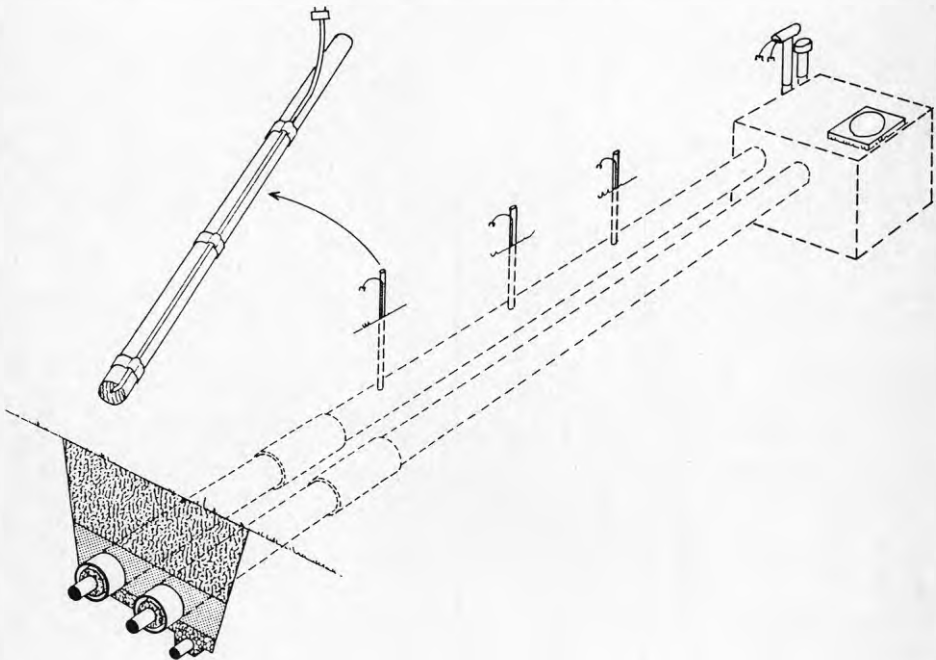
Följande mätutrustning föreslås för temperaturmätningar:

- 1 Termoelement tillverkas av koppar - konstantantråd som kan köpas metervis. I ändpunkten borttages isoleringen och trådarna lödes ihop med lödtenn.
- 2 Som skydd mot elektriska störningar isoleras lödstället med en tunn hinna av silicon, lack el.dyl.
- 3 Givare som skall användas i marken fästes på en trästav med lödstället invikt i ändan, se fig. 1. Käpparna med givare sitter alltså kvar i marken under mätperioden.
- 4 Trådarna från termoelement på mediarören kan dras upp genom ventilationsröret och avslutas med en kontakt. Mätningarna kan då bekvämt utföras.
- 5 För anslutning till ett visarinstrument användes termokontakter av koppar - konstantan. Detta är mycket viktigt då ett varmt instrument tas ur i kylan och anslutes till en kall kontakt. Bäst är att temperaturen passa instrumentet.
- 6 Visar- eller digitalinstrument väljes med hänsyn till låg drift (missvisning) vid temperaturvariationer. Det bör även tåla vinterklimat utan större missvisning. Enkanaligt instrument för mätning med givare av koppar - konstantan är tillfyllest. Inga komplicerade instrument behövs således.

4.2 Mätmetod i fält

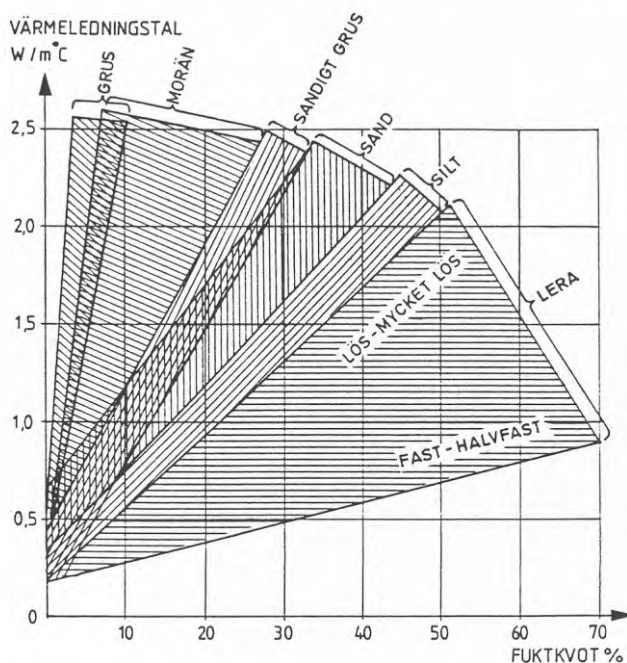
Temperaturmätningar på skyddshölje utföres på följande sätt:

- 1 Markera centrumlinjen på kulverten genom att mäta in från två närliggande kammare. På separatförlagd ACK väljes centrum på framledningen.
- 2 Kontrollera ledningens djup under markytan genom att mäta (ev. avväga) i kamrarna.
- 3 Med ett motordrivet jordspett borrar hål i marken ner till kulverten. Försiktighet iakttages vid asbestcement-rör. Jämför med uppmätt djupläge. Eventuellt så kan sista biten borrar för hand. I lera kan man genom att trycka ner en rörhylsa få upp materialet närmast höljet.
- 4 Temperaturgivare enligt fig. 1 nedföres och käpparna kringfylls med sand.
- 5 Mätpunkterna väljes minst fem meter från kammare, fixpunkt m m. Undvik också skarvar på ACK där järnstöd ger missvisande temperaturer. Dessa kan inmätas efter att man inifrån en närliggande kammare, först lokaliserat den första skarven. Minst tre mätpunkter per sträcka väljes.



Figur nr 1. Temperaturmätningar i fält.

- 6 På sidan om kulverten, gärna 10 meter, mätes marktemperaturen i ostörd mark på det djup som kulverten ligger.
- 7 I en kammare mätes mediatemperaturerna direkt på rören, under isoleringen. Givarna inbäddas i termisk kontaktpasta (kisel fett) och trycks fast mot rören.
- 8 Mätningar skall utföras vid minst tre tillfällen, gärna fördelade på 2 - 3 dagar. Ingen mätning göres tidigare än 2 timmar efter att hål borrats och givare monterats.
- 9 När det gäller att fastställa markförhållanden så måste, för en noggrann bestämning, geoteknisk sakkunnig anlitas för provtagning och analys. Bestämning av jordart är då en engångsinsats för ett undersökningsområde. Jordens fuktkvot (vatteninnehållet i förhållande till torr vikt uttryckt i procent) som varierar med årstid och djup m m, kan lättare bestämmas av ej sakkunnig. Detta sker genom en noggrann vägning av det nytagna provet och därefter sedan det torkat helt i ugn. När jordart och fuktkvot är kända kan en bestämning av värmeledningstalet göras ur figur nr 2.
Ett exaktare förfarande är givetvis att laboratoriemässigt direkt bestämma värmeledningstalet.
Avvikelser i denna bestämning är dock ej så avgörande. En lokal kännedom om markförhållandena kan i många fall vara tillräcklig. För en modern kulvert utgör markmotståndet 10 - 20 % av det totala.



Figur nr 2. Värmeledningstal för jordarter, grov indelning enligt E. Saare och C.G. Wenner.

4.3 Bestämning av värmeförluster

Följande frågeställningar vid den fortsatta bedömningen uppstår:

Vad kan anses vara normal temperatur på skyddshölje?

Temperaturen på skyddshöljet varierar med mediateperaturen och andra förhållanden som tidigare berörts. Om man utgår från ett praktiskt värmeledningstal på isoleringen, som framgår av materialinformation och handböcker, så återfinns motsvarande temperatur (T_g) på hölje i diagrammen nedan. För mineralullsisolering kan man räkna med $\lambda = 0.04 - 0.05$ och för cellbetong $\lambda = 0.09 - 0.10 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Det innebär för här behandlade kulverttyper att temperaturer på skyddshöljet i huvudsak är under 20°C eller högst ett par grader däröver.

Temperaturnivå i fram- och returledning?

Temperaturen på huvudledningar är obetydligt lägre än vid värmeverket medan temperaturen i ytterområden kan vara $5 - 10^\circ\text{C}$ lägre. Här spelar också nätbelastningen in (uttaget). Medelvärden av uppmätta temperaturer skall jämföras med de som registreras vid värmeverket. Vi ser då hur temperaturnivån på den uppmätta sträckan ligger i förhållande till den vid värmeverket. Beräkna därefter en medeltemperatur för verket för perioden 2 - 4 veckor före kontrollmätningen. Differensen mellan denna medeltemperatur och den vid mätstillfället i verket registerade användes för att justera temperaturerna från provstället i motsvarande grad.

Exempel:

Medelvärdet från en serie temperaturmätningar i fält på framledningen är 87°C . Från driftstatistik erhålles samtidigt ett medelvärde på 91°C . Temperaturnivån på vår undersökta sträcka ligger således 4°C under utgående framlednings-temp. Därefter bestäms ett medelvärde på utgående framledning under den närmast föregående 3-veckorsperioden. Säg att medelvärdet blir 85°C . Vi skall då använda temperaturvärdet $85 - 4 = 81^\circ\text{C}$. Motsvarande utföres för returledningen. De erhållna temperaturerna användes som ingångsvärden i diagrammen för bestämning av isoleringens aktuella värmemotstånd samt kulvertens värmeförlust.

Värmeledningstal i mark?

Värmeledningstalet bestäms laboratoriemässigt enligt beskrivning ovan eller grovt enligt figur nr 2.

För överslag kan man för lera, sand och silt använda $\lambda = 1.0$ för grus $\lambda = 1.5$ och morän $2.0 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Hur behandlas uppmätta temperaturer på hölje?

För de uppmätta temperaturerna beräknas medelvärden. Stora differenser mellan mätpunkterna kan tyda på stora lokala skillnader i isoleringens funktion t.ex springor eller delvis avramlad isolering. Kontrollera in i kulverten från närliggande kammare. Om stora temperaturdifferenser ($> 4^{\circ}\text{C}$) uppmättes bör antalet mätpunkter utökas för en noggrannare bestämning. I diagrammen har hänsyn tagits till temperaturvariationen runt kulverten dvs att värmeförlusten från andra ytor än den uppmätta, för vissa kulverttyper är högre. Här har resultatet från fältmätningarna använts.

Hur påverkar förläggingsdjupet förlusterna?

Vid placering av kulvertar i mark har man i allmänhet strävat efter att få så lite schaktningsarbete som möjligt. Man följer således mark-konturen och håller så långt möjligt 50 - 60 cm täckning. Täckningen kommer därför, med de krav på lutning av ledningen som man har, att få en täckning på mellan 50 - 100 cm. Ett medelvärde bedömes till ca 80 cm. Förläggingsdjupet påverkar värmeförlusterna ganska lite och inom ovanstående variationsområde görs ingen korrektion i våra bedömningar. Vid stora avvikelser bör det beaktas vid en noggrann bestämning. Se litteraturhänvisning (2).

Bestämning av isoleringens kondition

För bestämning av värmeförluster och isoleringens kondition användes följande diagram på sidorna

ACK 100/400	diagram nr 1 och 2
ACK 150/300	diagram nr 3 och 4
BTK - 300	diagram nr 5 och 6
CBTK - 300	diagram nr 7 och 8
CBTK - 600	diagram nr 9 och 10
Korrektionsfaktor mark	diagram nr 11 och 12

På grund av de många parametrar som ingår, har vi för att begränsa antalet diagram, valt följande förutsättningar:

Skyddstäckning 0.8 eller 1.0 m.
 Värmeledningstal för mark $1.5 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$. (För andra värmeledningstal i mark korrigeras enligt diagram 11 och 12).
 Temperatur i framledning, returledning och omgivning enligt 4 st varianter 120/70/3, 102/62/4, 85/55/6 och 70/37/3.

Exempel på diagrammens användning:

Följande ingångsdata föreligger:

Kulverttyp - BTK 300, 60 mm mineralullsisolering.
 Temperaturnivå - framledning 110°C , retur 65°C .
 Uppmätt medeltemperatur på lock (T_g) + 34°C .
 Ostörd marktemperatur på kulvertdjup (T_o) + 3°C .
 Jordart - grusig morän, $\lambda_m = 1.7 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$ bedömes.
 Normalt förläggingsdjup.

Ur diagram 5 erhålles värmeförlusten vid mättillfället
 $Q_f = 205 \text{ W/m}$ och värmeledningstalet för isoleringen
 $\lambda_i = 0.14 \text{ W/m}^0\text{C}$ (en bra mineralullsisolering har
 $\lambda_i = 0.05 \text{ W/m}^0\text{C}$).

Om erhållet i och årsmedeltemperaturnivån t.ex 85/55/6 insättes i diagram 6 så erhålles årsmedel för värmeförlusten
 $Q_f = 170 \text{ W/m}$. Värmeförlusten är den totala för hela kulverten. Förluster via stöd, styrningar, fixar m m ingår ej.'

Ovanstående värmeförluster gäller nu för ett värmeledningstal i mark $\lambda_m = 1.5 \text{ W/m}^0\text{C}$ för vilket diagrammet är uppgjort. För att korrigera till andra markförhållanden användes diagram 11.

Korrektion för andra markförhållanden

Exempel: Värmeförlusten vid $\lambda_m = 1.7 \text{ W/m}^0\text{C}$ skall beräknas för fallet ovan. Gå in med ovan erhållna $\lambda_i = 0.14$ samt $\lambda_m = 1.7$. Då erhålles korrektionsfaktorn $K_{\lambda_m} = 1.03$. Den korrigerade värmeförlusten erhålles genom att multiplicera med korrektionsfaktorn alltså:

Värmeförlusten vid mättillfället = $205 \times 1.03 = 211 \text{ W/m}$.
 Årsmedelförlusten = $170 \times 1.03 = 175 \text{ W/m}$.



Foto nr 1. Borrning med jordspett.

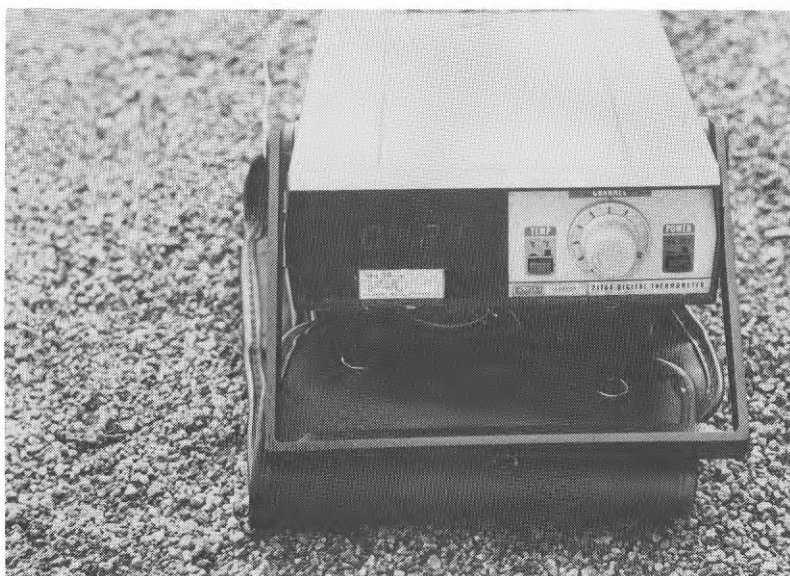


Foto nr 2. Digital temperaturmätare.

Diagram 1. ACK 100/400. Värmeförlust vid varierande temperatur på skyddshölje.

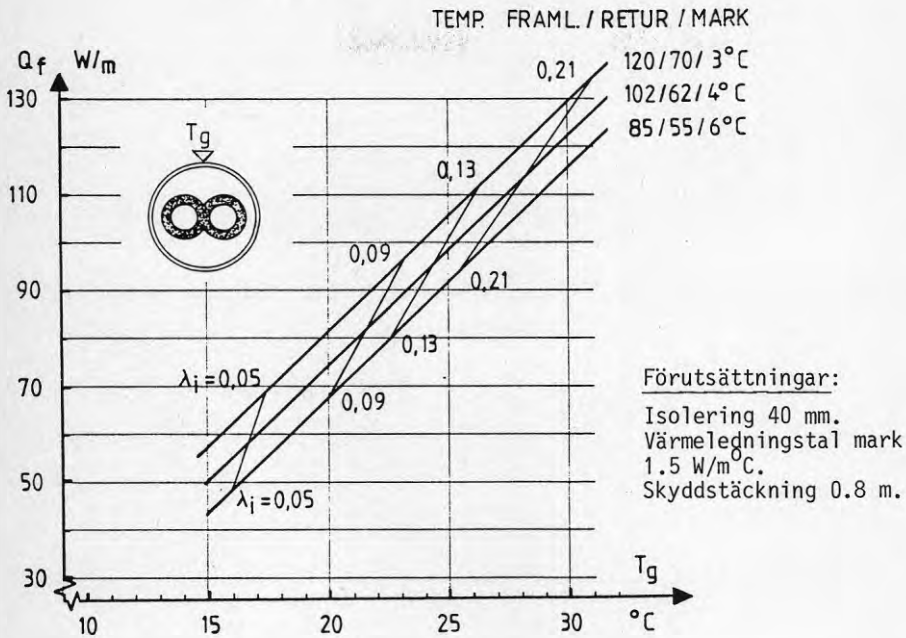


Diagram 2. ACK 100/400. Värmeförlust med avseende på isoleringens kondition.

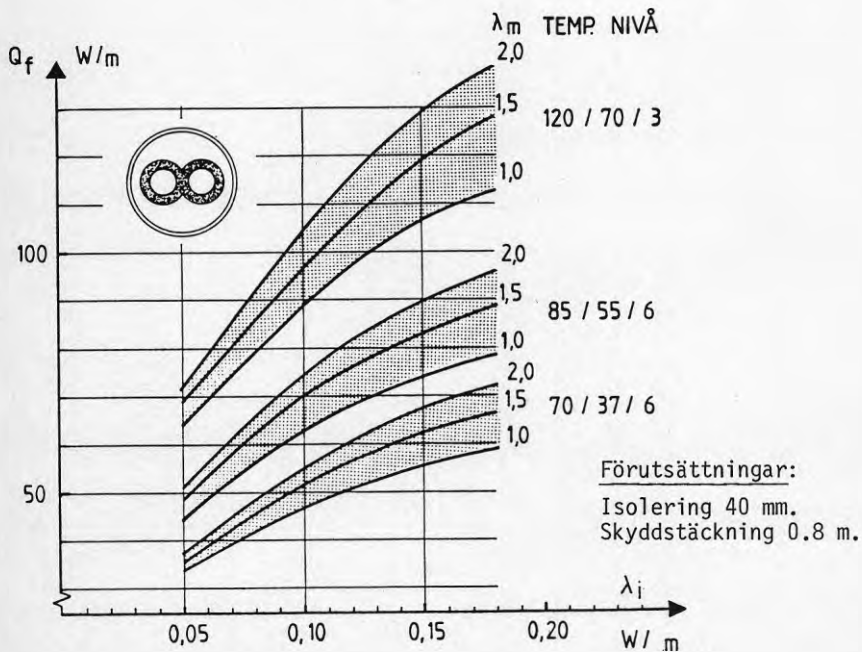


Diagram 3. ACK 150/300. Värmeförlust vid varierande temperatur på skyddshölje.

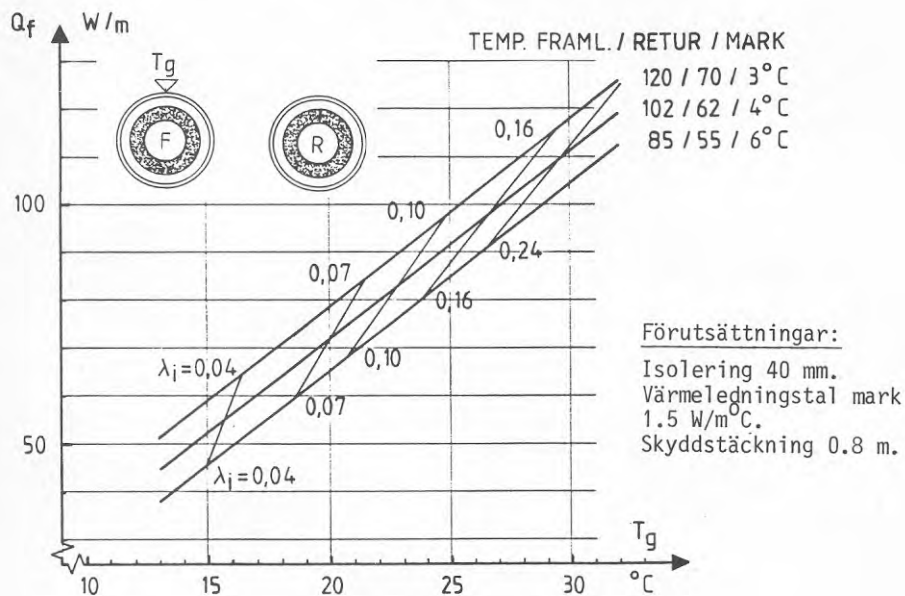


Diagram 4. ACK 150/300. Värmeförlust med avseende på isoleringens kondition.

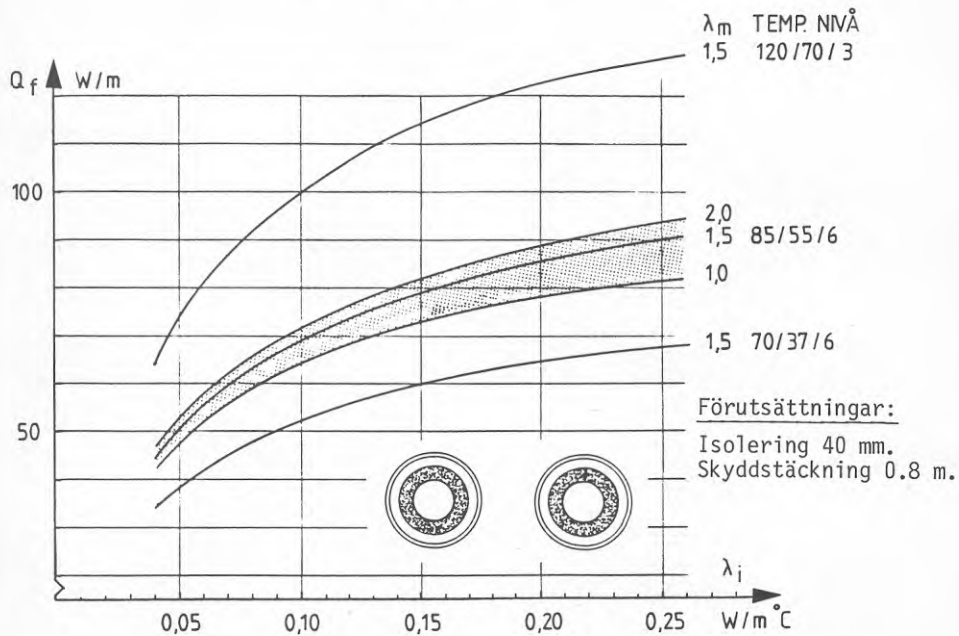


Diagram 5. BTK - 300. Värmeförlust vid varierande temperatur på skyddshölje

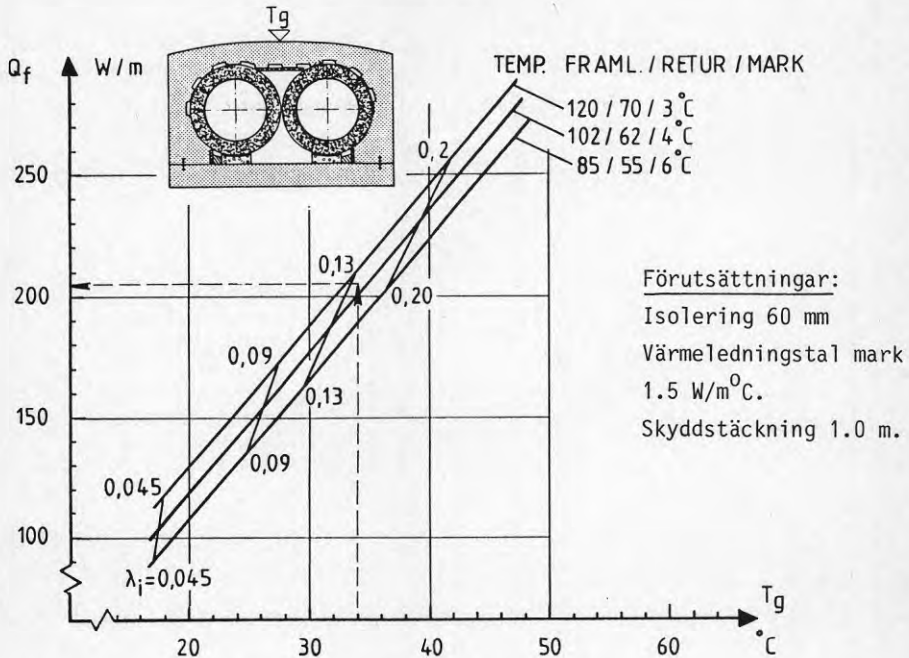


Diagram 6. BTK - 300. Värmeförlust med avseende på isoleringens kondition.

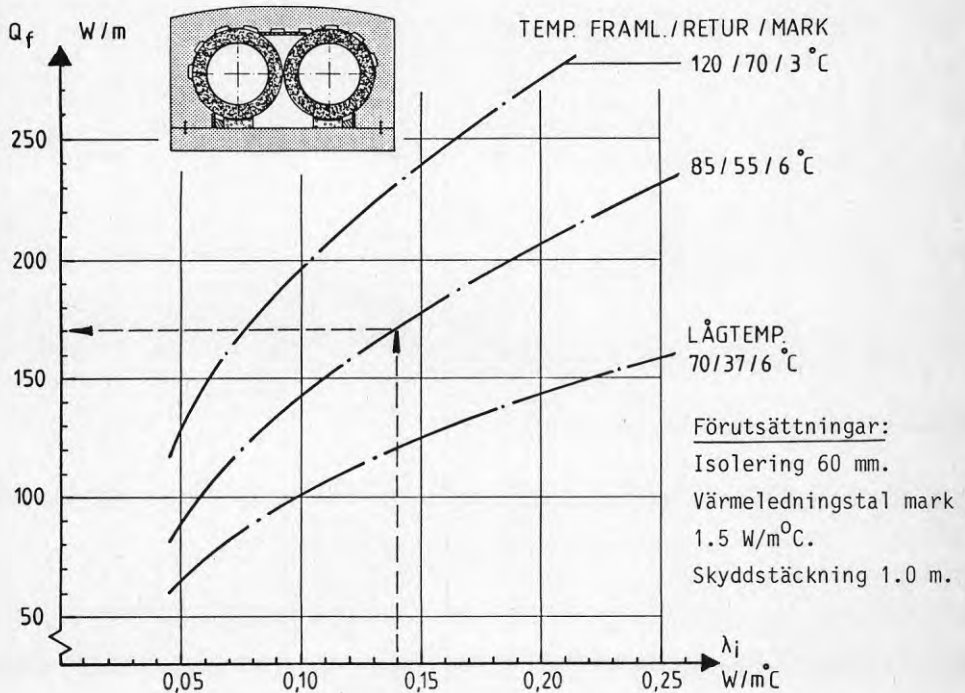


Diagram 7. CBTK - 300. Värmeförlust vid varierande temperatur på skyddshölje.

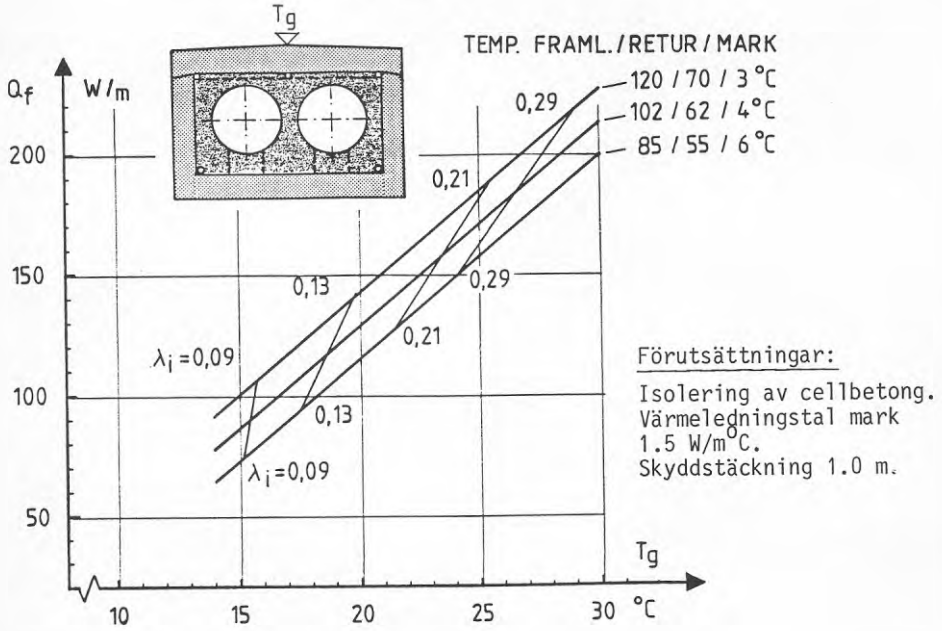


Diagram 8. CBTK - 300. Värmeförlust med avseende på isoleringens kondition.

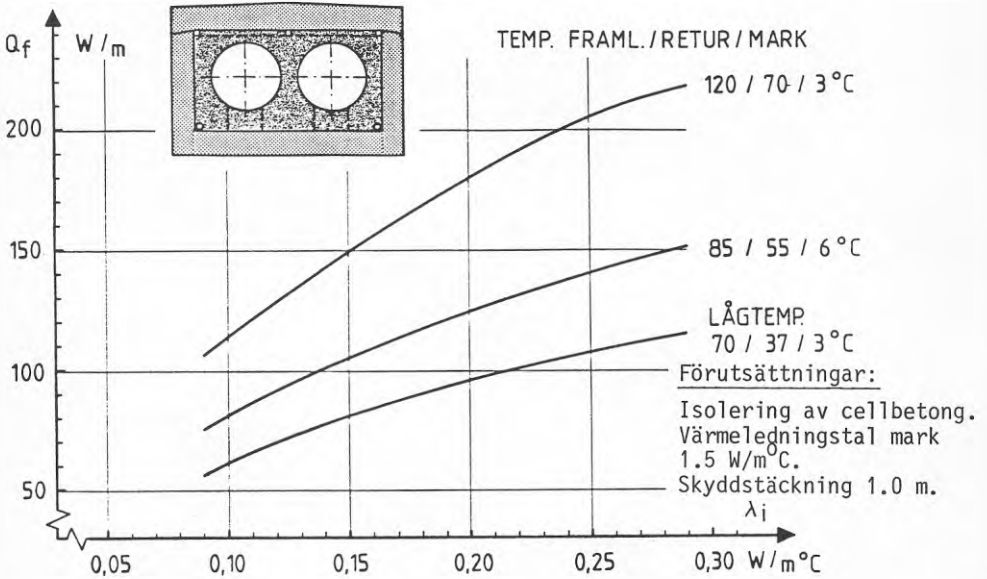


Diagram 9. CBTK - 600. Värmeförlust vid varierande temperatur på skyddshölje.

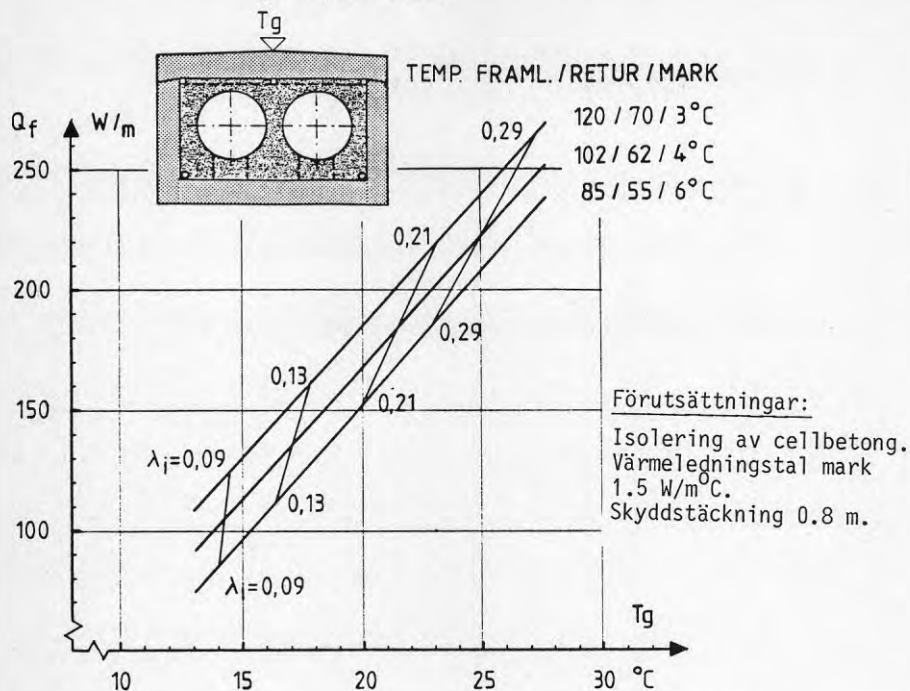


Diagram 10. CBTK - 600. Värmeförlust med avseende på isoleringens kondition.

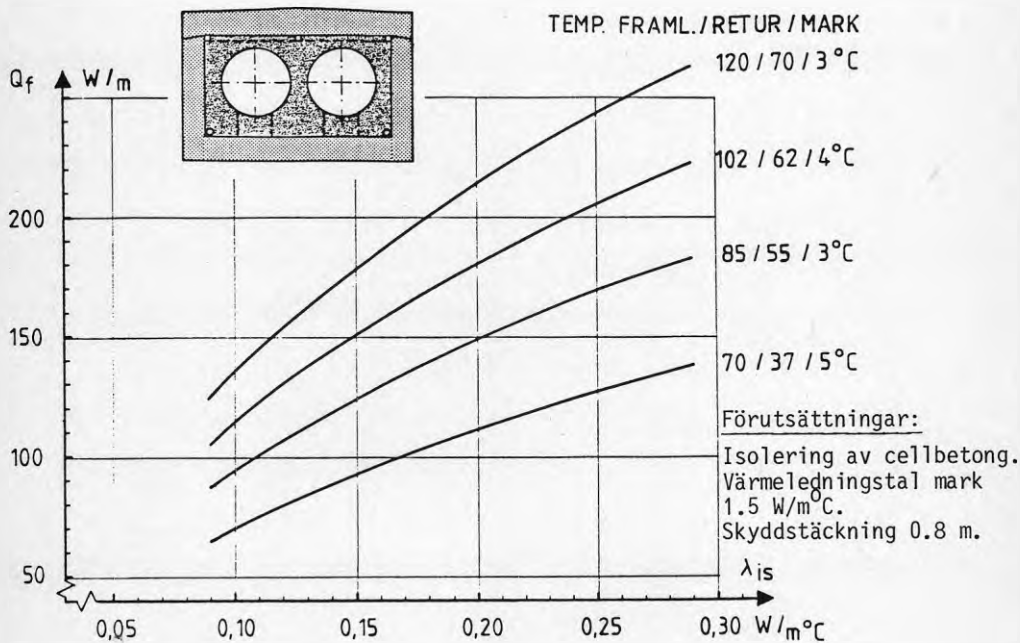


Diagram 11. BTK - 300. Konektionsfaktor för värmeförlust
vid olika värmeledningstal i mark.

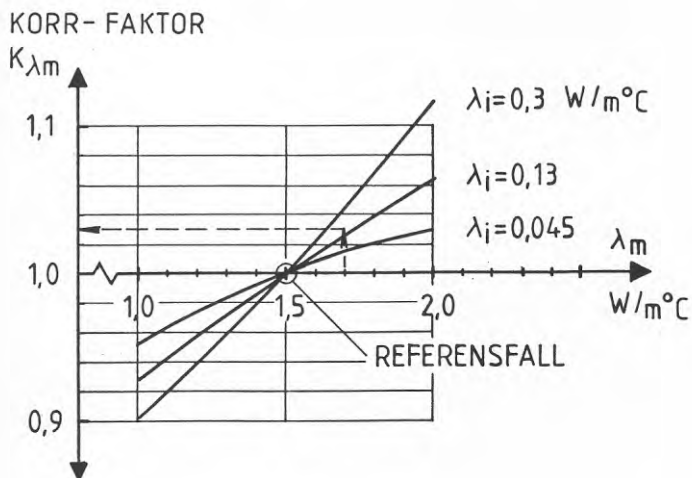
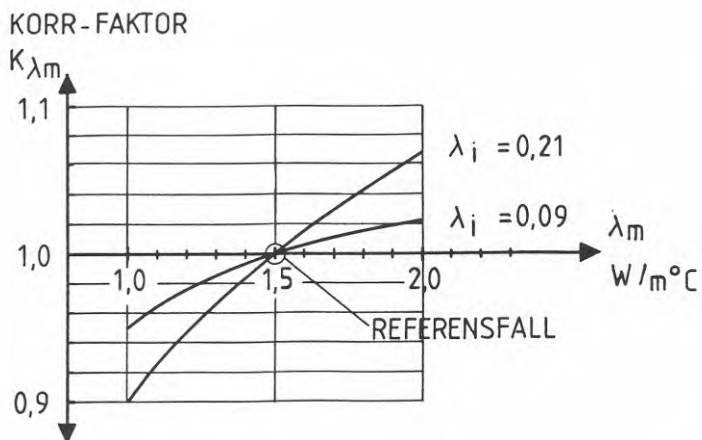


Diagram 12. CBTK - 600. Korrektionsfaktor för värmeförlust
vid olika värmeledningstal i mark.



5 TILLÄGGSISOLERING

5.1. Material och metoder för tilläggsisolering

När det gäller val av isoleringsmaterial för en tilläggsisolering, placerad i mark över kulvert, framstår styrencellplast som det i dag lämpligaste. Materialet tål hög belastning, har mycket bra isoleringsegenskaper och lång livslängd. Cellplast tar upp mycket lite fukt och isoleringseffekten försämras därför obetydligt. Det är lätt att bearbeta. Värmeledningstalet i mark är $0.04 \text{ W/}^\circ\text{C}$. Ett annat material som har stora förtjänster är lös lättklinker (Leca). Det kan mycket lätt fördelas över en kulvert och man slipper finplanering av schakten samt passning. Nackdelen är det sämre värmeledningstalet, ca $0.20 \text{ W/}^\circ\text{C}$, som innebär att större tjocklekar måste tillgripas för motsvarande effekt som en cellplastisolering. Dessutom måste överskottsmassor borttransporteras. Troligen är ändå lättklinker i många fall ett lämpligt alternativ. Här bör också uppmärksammas möjligheten att vid nybyggnad återfylla med lättklinker kring kulverten. Detta innebär dock en merkostnad jämfört med grus, som får värderas med hänsyn till besparingseffekt.

Vid de undersökningar som utförts inom projektet har cellplast av mark-kvalité använts. Isoleringen kan placeras fritt en bit över kulverten eller i direkt anslutning. Den effektivaste modellen är att omsluta så mycket som möjligt av kulverten.

Som framgår av tabell 1, sid. 28, så har vid fältförsöken uppnåtts en minskning av värmeförlusterna på mellan 9 och 69 W/m . Den högsta siffran hänför sig till en mycket fuktig kulvert och kan ha sitt intresse såsom ett extremfall. Vår bedömning är att man i normala fall kan räkna med besparingar på $20 - 40 \text{ W/m}$ för medelstora kulvertar vid 10 cm cellplastisolering. En ökning av isolertjockleken över 10 cm cellplast ger ökad värmebesparing. Den optimala gränsen ligger dock troligen under 16 cm beträffande tjocklek, eftersom ytterligare ökning ger en allt mindre effekt beträffande värmebesparing. Kostnaden är lägre för en massiv 10 cm skiva än för $2 \times 5 \text{ cm}$.

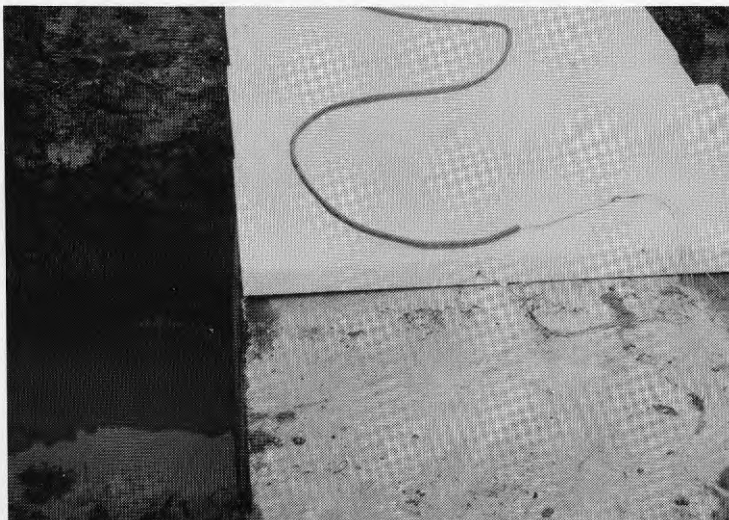


Foto nr 3. Tilläggsisolering av BTK 300.

5.2 Värmebesparing vid tilläggsisolering

I det följande visas genom exempel hur diagrammen nedan användes för att beräkna effekten av tilläggsisolering samt lönsamheten.

Diagrammen är framtagna med utgångspunkt från de resultat som fältundersökningarna har givit samt de teorier som angivits i etapp I och kap 9 i denna rapport. Resultatet av fältförsöken presenteras närmare i kapitel 6 och 7.

Följande diagram har utarbetats för bestämning av värmeförlust m a p isoleringens kondition och olika typer av tilläggsisoleringar sid. 29 - 32.

ACK 150/300	diagram nr 13 och 14
BTK - 300	diagram nr 15 och 16
CBTK - 300	diagram nr 17 och 18
CBTK - 600	diagram nr 19 och 20

Enligt våra fältmätningar föreligger ej ekonomiska förutsättningar att tilläggsisolera ACK 100/400.

Exempel:

Vi använder det föregående exemplet i 4.2 där vi för en BTK - 300 erhållit $\lambda_i = 0.14 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ och årsmedelförlusten är 170 W/m vid $\lambda_m = 1.5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.

För BTK - 300, med angivna förutsättningar och kondition, kan vi erhålla följande förluster vid de tre isoleringsalternativen: Se diagram 15 och 16.

Isolering över kulvert	$Q_f = 140 \text{ W/m}$, besparing 30 W/m
Isolering av lock	$Q_f = 135 \text{ W/m}$, besparing 35 W/m
Isolering av lock och sidor	$Q_f = 110 \text{ W/m}$, besparing 60 W/m

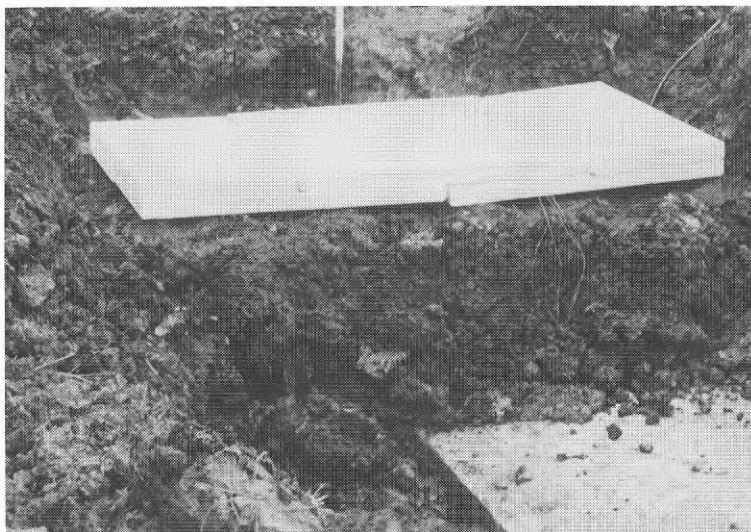


Foto nr 4. Tilläggsisolering av BTK 300.

5.3 Kostnader och lönsamhet vid tilläggsisolering

Bedömningar av lönsamhet är givetvis komplicerade och varje objekt har sina speciella förutsättningar. I denna utredning behandlar vi ej problematiken kring hur mycket en sparad KWh är värd. Detta förhållande fastställs bäst av varje distributionsområde. En diskussion om problematiken om kostnad för distributionsförlust återfinns i ref (2), Sture Andersson.

Värdet beror på var i produktions-distributionsledet som besparingen görs. Innebär värmeförlusten endast en minskad bränsleförbrukning ligger det under 10 öre/KWh.

Ingrepp i marken för att ordna en tilläggsisolering av en kulvert är dyrbara åtgärder. Vi bedömer att detta är möjligt endast där arbete med återställning av marken är minimalt. Detta begränsar möjligheterna till kulvertar i råmark, åkermark, parkmark och liknande. Tilläggsisolering i hårdgjord yta kan komma ifråga om återställningsarbetet kan belasta ett annat nödvändigt ingrepp på kulverten eller i gatan.

Kostnaden för olika modeller av tilläggsisolering framgår av tabell 2. Prisuppgifterna är baserade på en förfrågan till tre entreprenörer. Prisbilden var ganska enhetlig. En stor kostnad är givetvis schakt och återfyllning. Kostnaden för en 10 cm tjock isolering av styrencellplast monterat, är ca 100 kr/m² (april 1985).

Exempel

Exemplet på en BTK - 300 från kap 4.2 bearbetas vidare. De tre isoleringsalternativen har givit följande värmebesparingar:

Isolering över lock	Qf = 30 W/m
Isolering av lock	Qf = 35 W/m
Isolering av lock och sidor	Qf = 60 W/m

Besluta vad besparingen är värd i öre/KWh och beräkna med hjälp av diagram 21, hur stor besparingen blir per år.

Välj exemplvis 20 öre/KWh. Vi får då för isoleringsalternativen 53, 62 resp ca 105 kr/m och år.

För att se vilken investering som kan bäras med dessa kostnader (annuitet) användes diagram 22. Välj räntenivå och avskrivningstid, till exempel 7 % och 10 år.

Vi får följande investeringsnivåer
370, 420 resp > 500 kr/m.

Dessa kostnader jämföres med kostnaden för tilläggsisolering enligt egna prisuppgifter och bedömningar eller överslagsvis enligt tabell 2. Där framgår att samtliga alternativ är tänkbara.

Den omvända gången kan tillämpas, om man i stället vill veta vilket energipris som minst måste gälla, för att motivera en tänkt investeringsnivå.

Tabell 1. Kostnad för tilläggsisolering

Förutsättningar: Kostnadsläge april 1985

Kulvertlängd ca 500 m

Obetydligt hinder av kablar och ledningar

Råmark, ängsmark, parkmark.

Kring- och återfyllning med befintliga massor

Isolering av 10 cm cellplast (a 100 kr/m², monterad)

Täckning över kulvert 80 cm

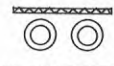
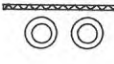
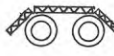
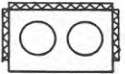

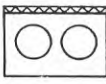
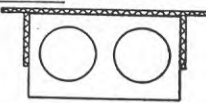
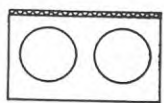
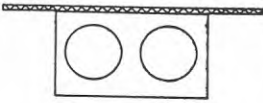
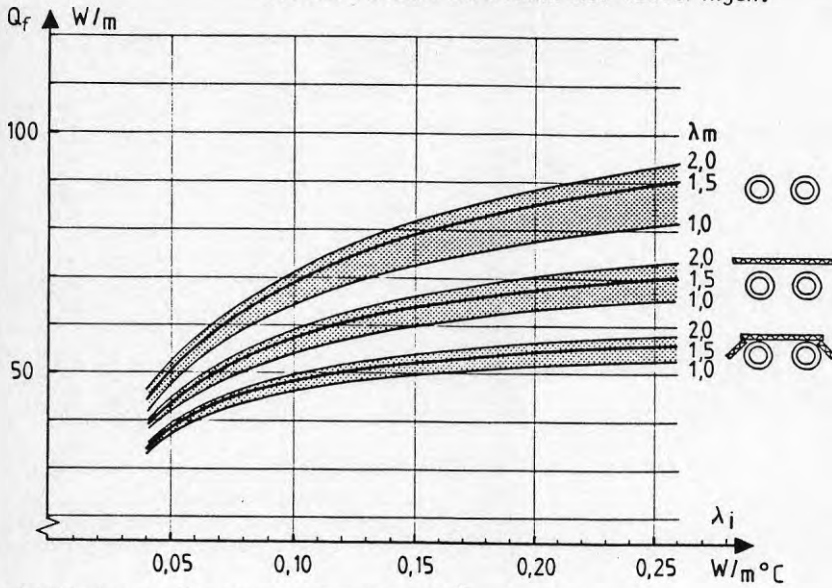
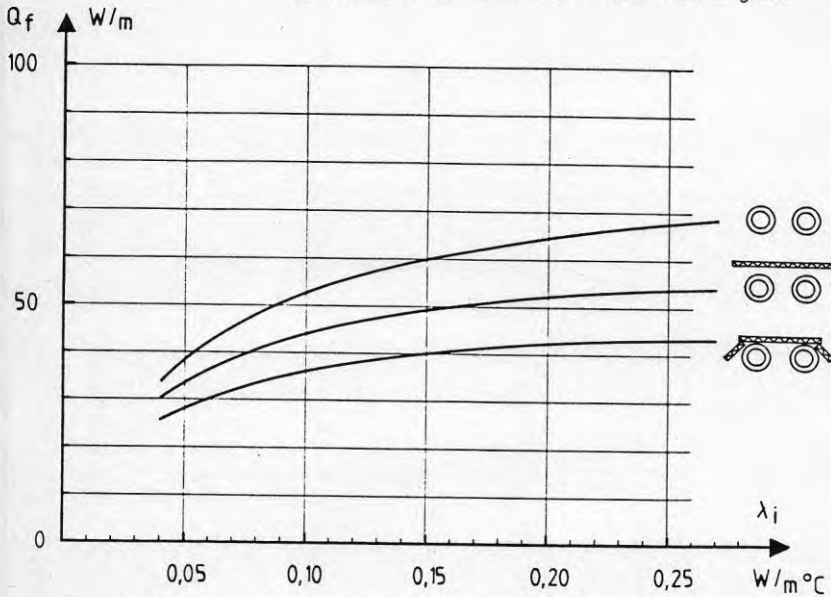
Kulverttyp och isolering	Schakt m ³	Isolering m ²	Kostnad kr/m
ACK 150/300	 1.2	1.2	280
	 1.6	1.8	320
BTK-300	 1.2	1.2	300
	 2.5	2.4	380
	 1.0	1.8	260
	 1.3	1.2	230
CBTK- 600	 2.9	3.0	490
	 1.7	1.8	320
	 3.0	3.0	570

Diagram 13. ACK 150/300. Värmeförlust med tilläggsisolering vid varierande kondition hos isoleringen.



Förutsättningar: Temperaturnivå 85/55/6°C. Isolering 40 mm.
Skyddstäckning 0.8 m. Markskiva av 10 cm cellplast.

Diagram 14. ACK 150/300. Värmeförlust med tilläggsisolering vid varierande kondition hos isoleringen.



Förutsättningar: Temperaturnivå 70/37/6°C. Isolering 40 mm.
Skyddstäckning 0.8 m. Markskiva av 10 cm cellplast.

Diagram 15. BTK - 300. Värmeförlust med tilläggsisolering vid varierande kondition hos isoleringen.

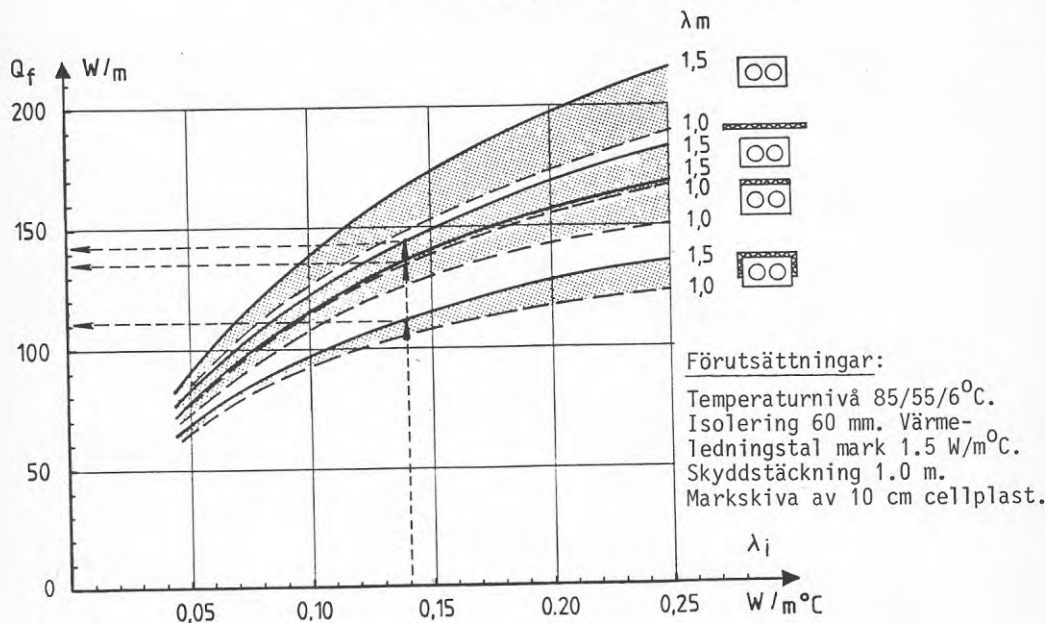


Diagram 16. BTK - 300. Värmeförlust med tilläggsisolering vid varierande kondition hos isoleringen.

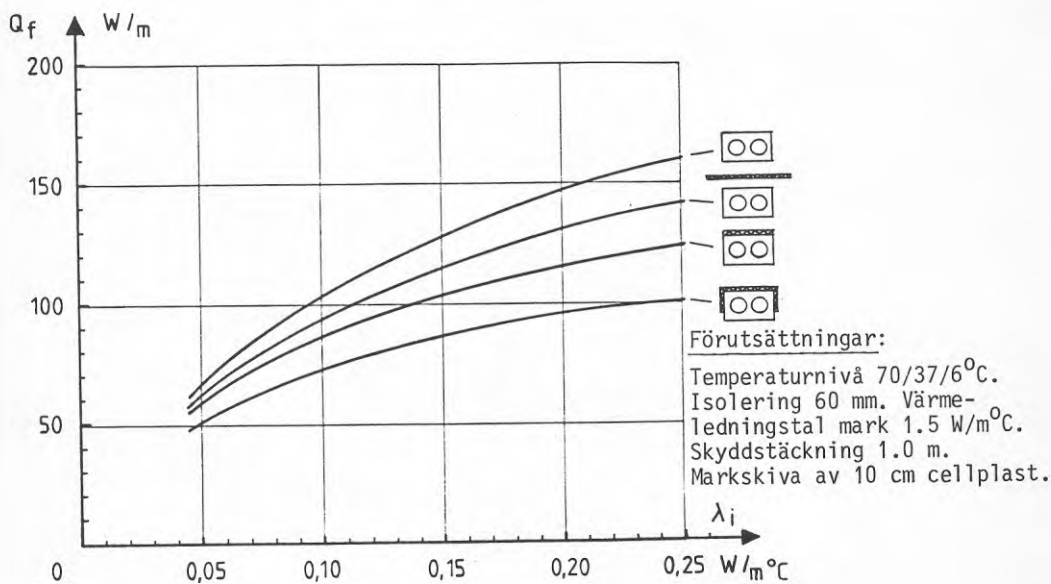


Diagram 17. CBTK - 300. Värmeförlust med tilläggsisolering (skattad)
vid varierande kondition hos isoleringen.

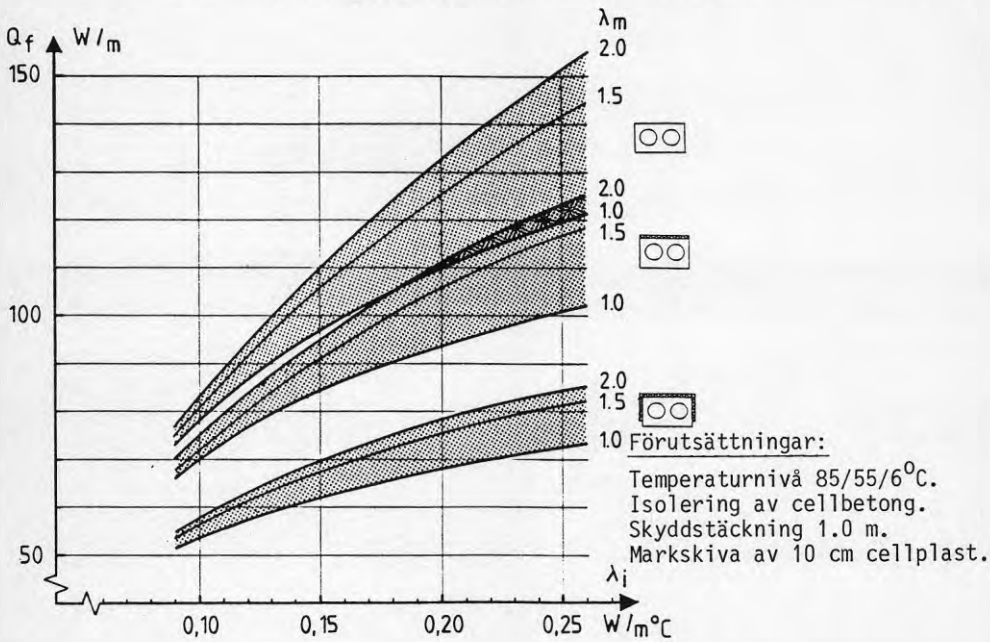


Diagram 18. CBTK - 300. Värmeförlust med tilläggsisolering (skattad)
vid varierande kondition hos isoleringen.

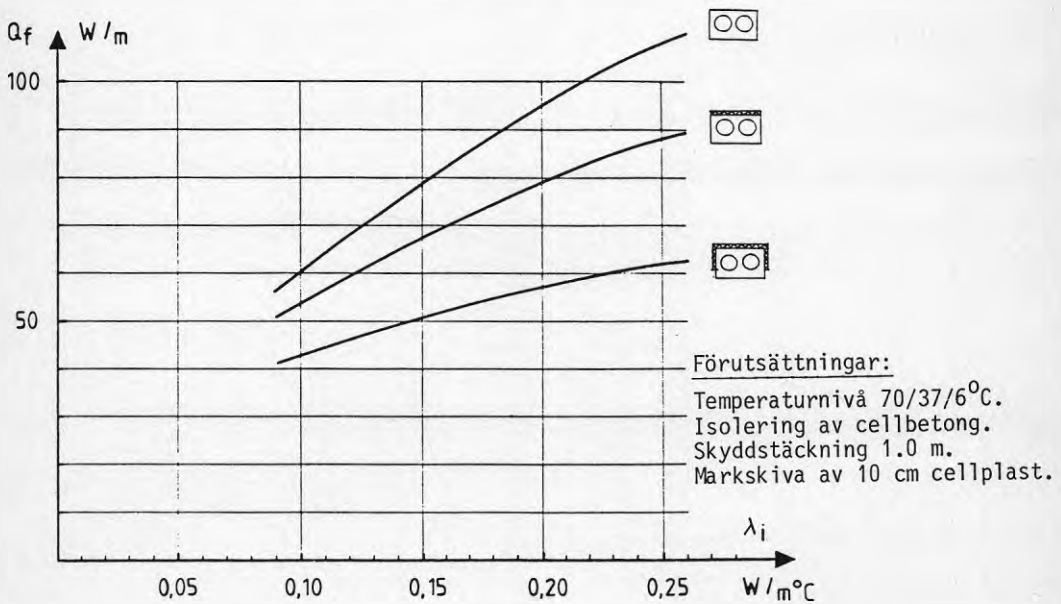


Diagram 19. CBTK - 600. Värmeförlust med tilläggsisolering
vid varierande kondition hos isoleringen.

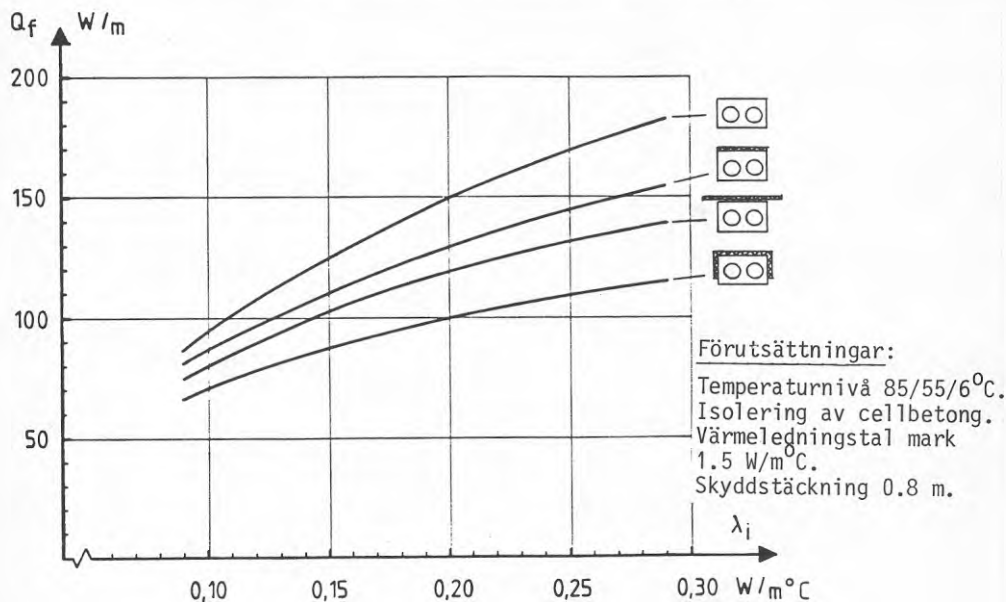
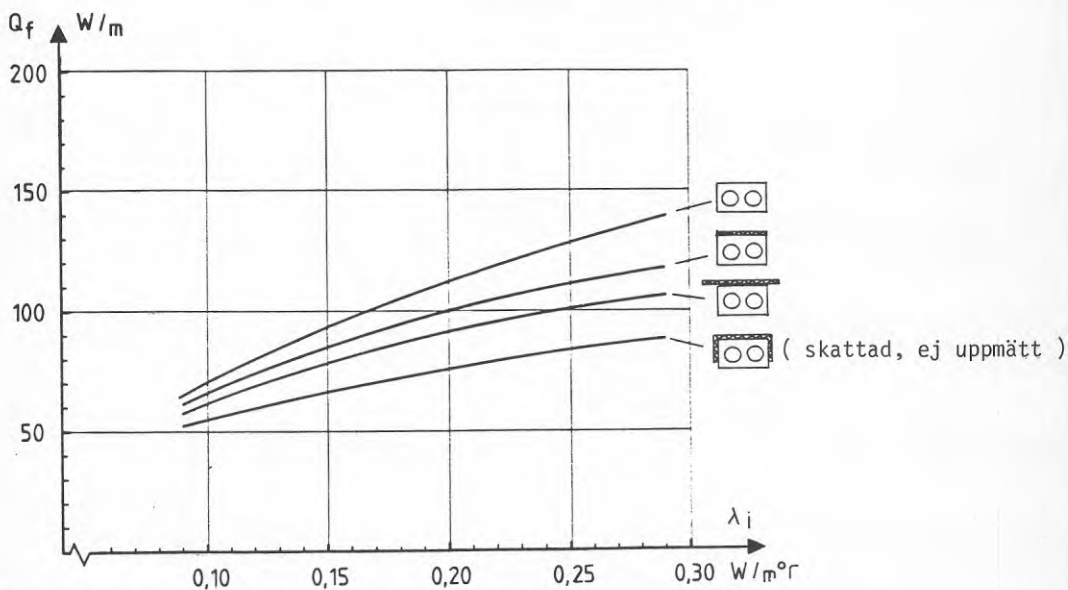


Diagram 20. CBTK - 600. Värmeförlust med tilläggsisolering
vid varierande kondition hos isoleringen.



Förutsättningar: Temperaturnivå 70/37/6°C. Isolering av cellbetong. Värmeledningstal mark 1.5 W/m°C. Skyddstäckning 0.8 m.

Diagram 21. Besparing vid varierande energipris och värmebesparing

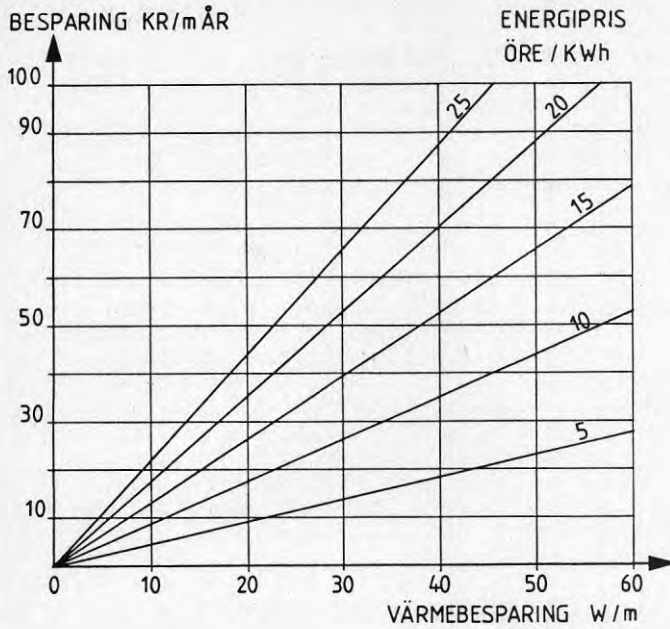
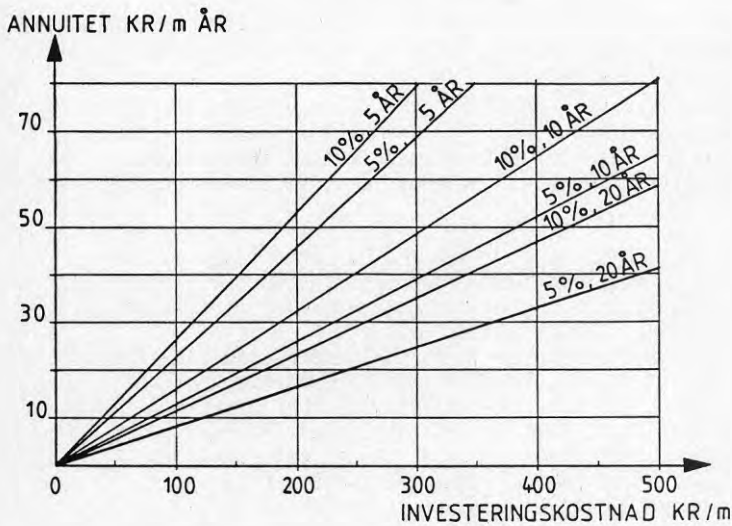


Diagram 22. Investeringskostnad och annuitet vid varierande avskrivningstid och ränta.



6 FÄLTMÄTNINGAR OCH PROV MED TILLÄGGSISOLERING

I etapp I av projektet konstaterades att temperaturen på skyddshöljet till en kulverttyp i hög grad bestäms av värmeisoleringsstatus. En klar skillnad i temperatur förelåg mellan bra och dåliga kulvertar. Med dåliga avser vi här sådana som fått sin ursprungliga isoleringsförmåga nedsatt genom till exempel dränkning. De fördjupade mätningarna i denna etapp har bekräftat att detta förhållande beträffande temperaturer föreligger. Metoden att via temperaturmätning avgöra kulvertens kondition är således användbar.

6.1 Mätmetodik

Mätningarna utfördes under samma tidsperiod på en kulvert i bra skick och en som varit utsatt för dränkning och därmed förväntat sämre ur värmeisoleringsynpunkt. Prov med olika typer av tilläggsisolering utfördes på tre kulverttyper. På dessa platser mättes temperaturer parallellt på de isolerade delarna och en oisolerad referenssträcka på samma kulvert. Enligt planerna skulle varje mätserie omfatta sex dagar men driftstörningar på instrumenten gjorde att några mätserier blev kortare och i ett fall endast ett dygn. Det visade sig att temperaturen på skyddshöljde i de flesta fall ändrade sig obetydligt vid ändrade mediatemperaturer, varför även denna korta mätserie ger god information.

Termoelement placerades på bestämda platser på skyddshölje, inuti kulvert, på tilläggsisoleringar och i marken. På 5 - 6 meters avstånd från kulvertarna monterades också en mätprofil i ostörd mark för registrering av mark- och lufttemperatur. I närliggande kammare mättes temperaturen på fram- och returledning samt i ett par fall luftfuktighet. I Västerås mättes ledningstemperaturen på ledningen direkt på provplatsen via uppborrade hål.

Beträffande den dåliga BTK 300 konstaterades att den var mycket fuktig och att temperaturen på skyddshölje var mycket hög. För att försöka få rimligare förhållanden med tanke på att utvärdera tilläggsisoleringens effekt insattes en sugande evakueringsfläkt i närliggande kammare. Därvid sjönk temperaturerna kontinuerligt under mätperioden.

I samband med frischaktning av kulvert för montering av termoelement togs jordprover för bestämning av jordart och fuktkvot. Ett par dar före schaktningen mättes temperaturen manuellt på kulvert med hjälp av nedförda termoelement enligt kap 4.2.

Tidsschemat för fältarbetet framgår av kap 10.1 sid. 75. Där har också inlagts lufttemperatur och snödjup för Uppsala enligt SMHI:s statistik. Det kan nämnas att hösten var osedvanligt regnig och vintern mycket kall.

Innan mätningarna startade kunde förhållandena stabilisera sig mellan 6 - 19 veckor. Effekten av den omrörning som blir följden av schakt och återfyllnad har ej kunnat beaktas i denna utredning. Det är rimligt att antaga att återfyllnaden får något större luftinnehåll och därmed en bättre värmeisolerande effekt. Detta har möjligen reducerats på grund av den rikliga nederbörden. Vi bedömer att effekten ej har haft någon större betydelse för utfallet av undersökningen.

6.2 Mätinstrument

Termoelement av typ koppar - konstantan användes som temperaturgivare. Dessa har kända och mycket stabila egenskaper. De fästes till mätföremålet med fixmassa eller gips. Trådarna drogs samman och förlades i en plastslang, som drogs i mark till en container, där mätcentralen var placerad. Insamling av mätdata skedde med en 20 kanalgig datalogger av typ HP med bandminne. Avläsningen skedde var 20:e minut.

Vi bedömer att noggrannheten hos mätvärdena är bättre än $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. För att ge dataloggarna en någorlunda varm och jämn temperatur, uppvärmdes containerna med en termotstat-reglerad varmluftfläkt.

För bestämning av temperatur och luftfuktighet i närliggande kammare användes mekaniska termohygrografer. Dessa kalibrerades med hjälp av noggrannt instrument vid installering och hämtning.

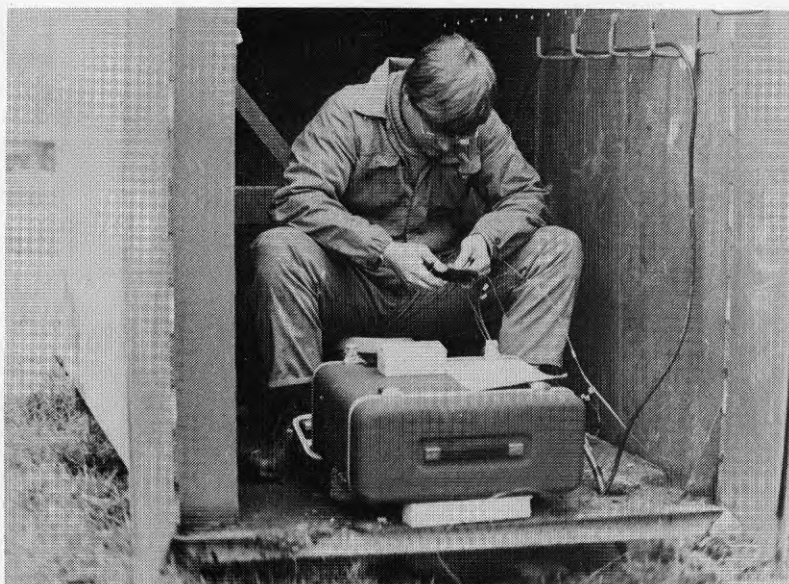


Foto nr 5. Mätstation i fält.

6.3 STUDERADE KULVERTTYPER OCH TILLÄGGSISOLERINGAR

ASBESTCEMENTKULVERT

ACK 100/400



PLATS: OBS, UPPSALA

Kondition: Bra

Isolering: Isolerskål 40 mm

Byggnadsår: 1970

Mätperiod: 84-11-30--84-11-21

PLATS: KV KANTORN, UPPSALA

Kondition: Vattenskadad

Isolering: Isolerskål 40 mm

Byggnadsår: 1968

Mätperiod: 84-11-21--84-11-25

ACK 150/300



PLATS: KV ATTERBOM, UPPSALA

Kondition: Bra

Isolering: Isolerskål 40 mm

Byggnadsår: 1967

Mätperiod: 84-11-27--84-11-30

PLATS: UTK, UPPSALA

Kondition: Vattenskadad

Isolering: Isolerskål 40 mm

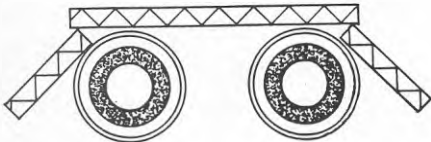
Byggnadsår: 1977

Mätperiod: 84-11-27--84-11-29 och
85-01-25--85-02-01



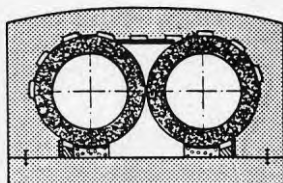
TILLÄGGSISOLERING: 2 x 50 mm CELLPLAST

Mätperiod: 85-01-25--85-02-01



TILLÄGGSISOLERING: 2 x 50 mm CELLPLAST

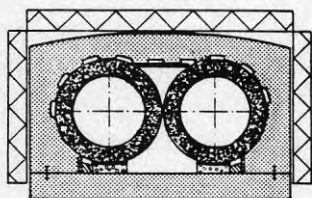
Mätperiod: 85-01-25--85-02-01

STUDERADE KULVERTTYPERBETONGKULVERT, MINERALULLSISOLERADBTK 300PLATS: ULTUNA, UPPSALA

Kondition: Bra
 Isolering: Isolerskål 60 mm
 Byggnadsår: 1974
 Mätperiod: 85-01-09--85-01-16

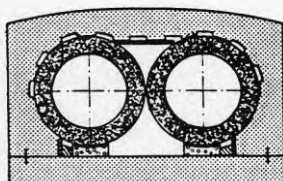
PLATS: LAGERLÖFSPARKEN, UPPSALA

Kondition: Dränkt flera gånger
 Isolering: Isolerskål 60 mm
 Byggnadsår: 1973
 Mätperiod: 85-01-09--85-01-14 och
 85-01-16--85-01-23



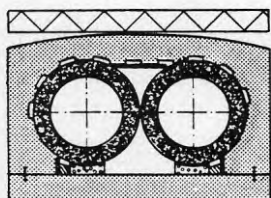
TILLAGGISOLERING: 2 x 50 mm CELLPLAST

Mätperiod: 85-01-16--85-01-23



TILLAGGISOLERING: 2 x 50 mm CELLPLAST

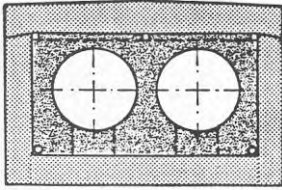
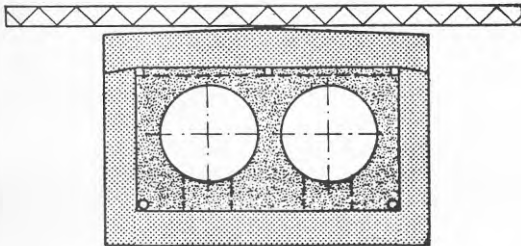
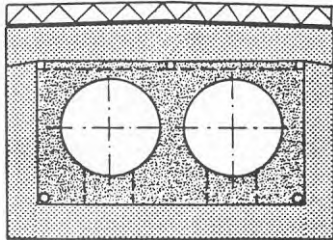
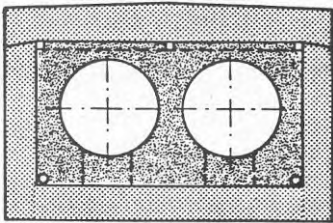
Mätperiod: 85-01-16--85-01-23



TILLAGGISOLERING: 2 x 50 mm CELLPLAST

Mätperiod: 85-01-16--85-01-23

STUDERADE KULVERTTYPER

BETONGKULVERT, CELLBETONGISOLERADCBTK 300CBTK 600PLATS: PARKEN, VÄSTERÅS

Kondition: Bra

Isolering: Cellbetong, volymv. 3
250 kg/m³

Byggnadsår: 1969

Mätperiod: 85-03-08--85-03-15

PLATS: VILLAN, VÄSTERÅS

Kondition: Vattenskadad

Isolering: Platsgjuten cellbetong

Byggnadsår:

Mätperiod: 85-03-08--85-03-15

PLATS: VÄSTERÅS

Kondition: Vattenskadad

Isolering: Cellbetong, volymv. 3
250 kg/m³

Byggnadsår: 1968

Mätperiod: 85-03-15--85-03-22

TILLÄGGISOLERING: 2 x 50 mm CELLPLAST

Mätperiod: 85-03-15--85-03-22

TILLÄGGISOLERING: 2 x 50 mm CELLPLAST

Mätperiod: 85-03-15--85-03-25

6.4 Försök med tilläggsisolering

Tilläggsisoleringen placerades i marken samtidigt med att termoelementen monterades. Som isoleringsmaterial valdes markskivor av cellplast med densiteten 30 kg/m^3 .

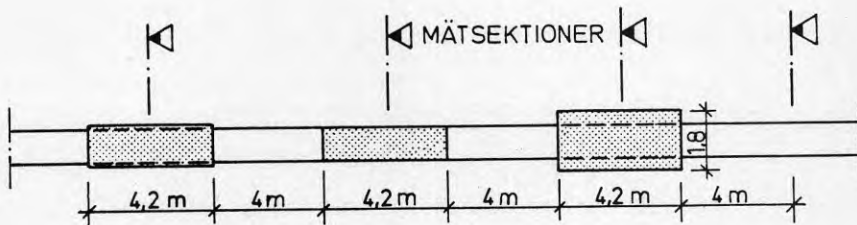
Värmeledningstalet för cellplastskivan har angivits till $0.033 \text{ W/m}^{\circ\text{C}}$.

Materialiet skall tåla en långtidslast på 8 ton/m^2 .

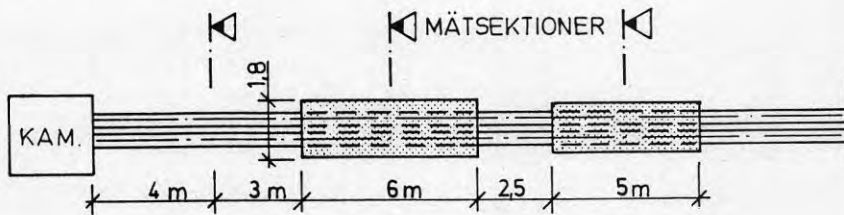
Isoleringstjockleken i samtliga provytor är 10 cm , lagda i två lager om $2 \times 5 \text{ cm}$.

Återfyllning skedde med befintliga massor som packades till med skopan samt överfarter med traktor.

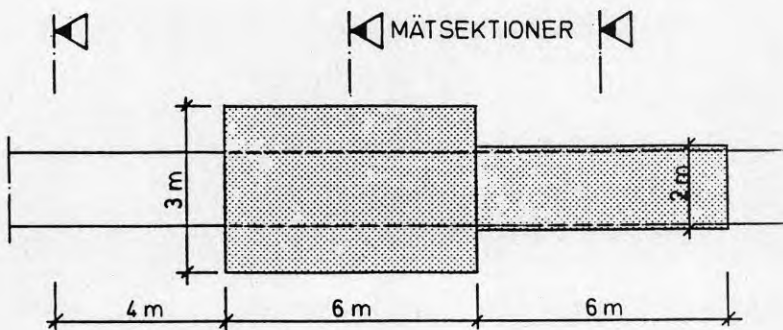
Provsträckorna framgår av figurerna 3, 4 och 5 nedan.



Figur nr 3. BTK-300, provsträcka med tilläggsisolering.



Figur nr 4. ACK 150/300, provsträcka med tilläggsisolering.



Figur nr 5. CBTK-600, provsträcka med tilläggsisolering.

6.5 Invändig isolering av asbestcementkulvertar

En tilläggsisolering i form av polyuretan, som sprutas in i hålrörskulvert, har diskuterats som ett alternativ till utvändigt tilläggsisolering. Det skulle motiveras av att det borde bli billigare och att man slipper schakta upp. Följande har framkommit vid vår undersökning kring detta:

Skumning av hålrörskulvert går att utföra. Man måste dock komma åt på var ca 5:e meter. Skarvar ligger på var sjätte meter vilket troligen kan räcka. Detta betyder uppschaktning ganska tätt.

Isolerskummet kräver ca 15 - 40°C temperatur för att jäsa på bästa sätt. Skumningen bör således kunna utföras utan att ledningen tas ur drift.

Skummet kommer att helt omgärda befintlig mineralullsisolering. Vid en dränkning av kammare rinner vatten in i mineralullsskiktet. Detta bedömes bli omöjligt att torka ut. Isoleringens förmågan blir långvarigt försämrad och isolerskummet kring framledningen kommer troligen att skadas vid ångbildning. Man har dålig erfarenhet av tidigare förekommande plastkulvertar, uppbyggda på detta sätt.

Sammanfattning: Metod, material och utrustning finns hos specialfirmor. Risken för komplikationer vid dränkning är för stor. Tämligen omfattande uppschaktning måste ändå utföras.

Efter detta konstaterande, beslöts att ej gå vidare med prov på denna typ av tilläggsisolering.



Foto nr 6 Tilläggsisolering av ACK 150/300

6.6 Inverkan på tätningar och fogband

Vid tilläggsisolering ökar temperaturen på skyddshölje och därmed även på tätningar av gummiringar och fogband.

Under olika tidsperioder har skilda typer av gummiringar använts. Vid kontakter med tillverkare har vi fått uppgift om att gummikvaliteterna skall klara följande temperaturer:

Nitrilgummi	- minst 70 ⁰ C
Cloroprenegummi	- minst 70 ⁰ C
Naturgummi	- högst 55 ⁰ C
Butylgummi	- minst 55 ⁰ C, vissa kvalitéer 95 ⁰ C
EPDM-kvalité	- minst 100 ⁰ C

Under årens lopp har sammansättningar ändrats, utvecklats och förbättrats för att passa i olika miljöer.

Beträffande fogband fanns betydande problem med 60-talets produkter. Banden har PVC-plast som bas med tillsatser av fyllnadsmedel och mjukgörare. Den alkaliska miljön i betong bidrog till en tämligen snabb nedbrytning, och band som i dag tas fram, är mycket hårda och styva. Från början av 70-talet hade de stora tillverkarna i hög grad förbättrat produkten varvid även långtidstemperaturen höjdes från 50⁰C till 70⁰C. Fogband av sämre kvalité finns dock från mindre tillverkare fortfarande på marknaden.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera, att fogband och tätningar från 70-talet kan förväntas ha tillräckligt bra långtidsegenskaper, beträffande temperaturer upp till 50⁰C. Produkter från 60-talet har redan av andra orsaker åldrats i sådan grad att en förhöjd temperatur nu knappast betyder något.



Foto nr 7. Tilläggsisolering av CBTK 600

7 MÄTRESULTAT

7.1 Temperaturfördelningen runt kulvertar

Nedan angivna resultat baseras på mätningar under vinterförhållanden. Temperaturen på skyddshöljet till en kulvert är beroende på mediatemperaturen, flödet, isoleringens effekt, ventilation av kulverten, jordart och fuktkvot, marktemperatur snödjup och lufttemperatur. Det är således många faktorer med i bilden vilket gör det hela teoretiskt mycket komplext.

En torr kulvert med god isolering ger obetydlig förändring av höljets temperatur vid kortvariga ändringar av mediatemperaturen. En fuktig eller blöt kulvert ger snabba och större ändringar. Stora kulvertar ger snabbare och större ändringar. Fuktig eller blöt isolering medför ångbildning då mediatemperaturen överstiger 100°C och därmed en mycket kraftig temperaturpåverkan på omgivningen.

I vårt undersökningsmaterial är temperaturen på kulvertlock eller överkant skyddsror på bra kulvertar under 20°C eller endast ett par grader däröver. På dåliga kulvertar är temperaturen över 20°C och på riktigt dåliga och fuktiga upp mot 50°C .

Temperaturförhållandena redovisas i detalj på sid. 48 - 65.

Den beräkningsanpassning utifrån våra mätvärden som utförts av Carl-Eric Hagentoft, LTH, har visat att man med mycket god noggrannhet kan beräkna temperaturfördelningen på skyddshölje och i marken. Denna beräkningsteknik är en god tillgång vid studier av andra kulverttyper än de som ingår i detta projekt.

Temperaturen inuti kulvertar har av praktiska skäl registrerats endast på BTK-300. I den bra kulverten varierar temperaturen mellan $53 - 60^{\circ}\text{C}$ då framledningen pendlar mellan $91 - 115^{\circ}\text{C}$ och i den dåliga mellan $60 - 90^{\circ}\text{C}$ då framledningen pendlar mellan $90 - 120^{\circ}\text{C}$. Denna höga temperatur beror på att kulverten är mycket fuktig och att det bildas ånga då framledningstemperaturen överstiger 100°C .

7.2 Marktemperatur

I marken över kulvertar slår ändringar i mediatemperatur igenom med flera timmars färförskjutning. Temperaturen närmast markytan ändrar sig mer än temperaturen nära kulverten. Ändringarna följer endast de långsamma huvudsvängningarna hos mediarören under dygnet. För små kulvertdimensioner är ändringarna endast några 10-dels grader och för de större någon eller ett par grader vid 10°C ändring av mediatemperaturen. Kulvertar i dålig kondition ger större och snabbare ändringar.

I ostörd mark var marktemperaturen under november på 1 meters djup ca $+6^{\circ}\text{C}$. Under januari noterades $+3^{\circ}\text{C}$ på samma ställe. På andra ställen var temperaturen i januari ca $+7^{\circ}\text{C}$ och i mars -2 till $+5^{\circ}\text{C}$. Här spelare markförhållandena, till exempel grundvatten, jordart, snödjup och lufttemperatur in.

Vid snötäckt mark syns ingen påverkan i marken, inte ens nära ytan, under våra veckolånga mätningar. Snötäcket över stora kulvertar eller kulvertar med dålig isolering var helt eller delvis bortsmält.

Marktemperaturen är en väsentlig parameter vid beräkning av värmeförluster. Vi kan konstatera att den förändras långsamt och säsongvis se (17). Stora lokala skillnader kan förekomma speciellt vintertid.

7.3 Lufttemperaturens inverkan

I ostörd mark råder stor tröghet beträffande temperaturförändringar på grund av ändrad lufttemperatur. En stadigvarande ändring av lufttemperaturen påverkar marken en bit under ytan först efter ett eller flera dygn. Ju större, stadigvarande ändringen är desto snabbare sker ändringen i marken. En förändring av temperaturen kring en kulvert på någon meters djup sker först efter några veckors påverkan av mediatemperaturen. De ändringar som sker, följer således årstidsväxlingarna med en viss förskjutning.

7.4 Fukt och temperatur i kammare

Fukt och temperatur registrerades i tre kammare intill mätställena i Uppsala. I Västerås fanns ej den möjligheten. Registreringarna visas på sid.77. Som jämförelse har den vid flygets meteorologiska station uppmätta luftfuktigheten lagts in.

Som välkänt är, uppvisar kammare på grövre fjärrvärmesträcker en högre temperatur. För en fuktig ACK 150/300 ligger temperaturen runt 10 - 12°C och för en torr BTK-300 runt 25°C. Den fuktiga kammaren på BTK-300 har under mätperioden en evakueringsfläkt inkopplad varför den registrerade temperaturen och luftfuktigheten ej är normal. Däremot kan effekten av ventilationen studeras. Kammaren var redan före mätningarna dessutom försedd med ett gallerlock för att förbättra ventilationen. Kammaren läckte in vatten. Utan dessa åtgärder skulle luften vara helt fuktmättad och temperaturen troligen 40 - 50°C. Under en veckas mätningar sjönk RH från ca 55 % till 48 %.

Ett torrt kulvertsystem visar här en luftfuktighet på cirka RH = 25 % medan ett fuktigare ligger på cirka RH = 40 % under januari med sträng kyla. Relativa luftfuktigheten i kammare tycks påverkas i obetydlig grad av förhållandet utomhus. Troligen slår endast årstidsvariationen igenom om systemet är fritt från inläckade markvatten. För den bra BTK-300 sammanfaller ökning i fuktighet med en kraftig temperaturökning, från ca - 20°C till - 2°C utomhus.

Värmeledningstalet för luft ökar med ökad temperatur och ökat vatteninnehåll i luften. Denna effekt har dock mindre betydelse för värmeförlusterna än fukttinnehållet i isoleringen.

Enligt utländska undersökningar angående värmeledningstalet hos mineralull, vid varierande vattenhalt, har följande konstaterats:

Över gränsvärdet för den hygroskopiska fuktigheten inträffar en kraftig ökning av värmeledningstalet. Ökningen av värmeledningstalet är ca tre gånger från ca $\lambda = 0.035$ till $\lambda > 0.10$ vid ändring av vattenhalten från ca 0.4 % (av torrvikten) till 1.5 %. Därefter sker en långsammare ökning av värmeledningstalet vid ytterligare ökad vattenhalt. Se diagram 23. Det är säkert denna tröskeleffekt som ger så påtaglig ökning av värmeförlusterna i fuktiga och blöta kulvertssystem.

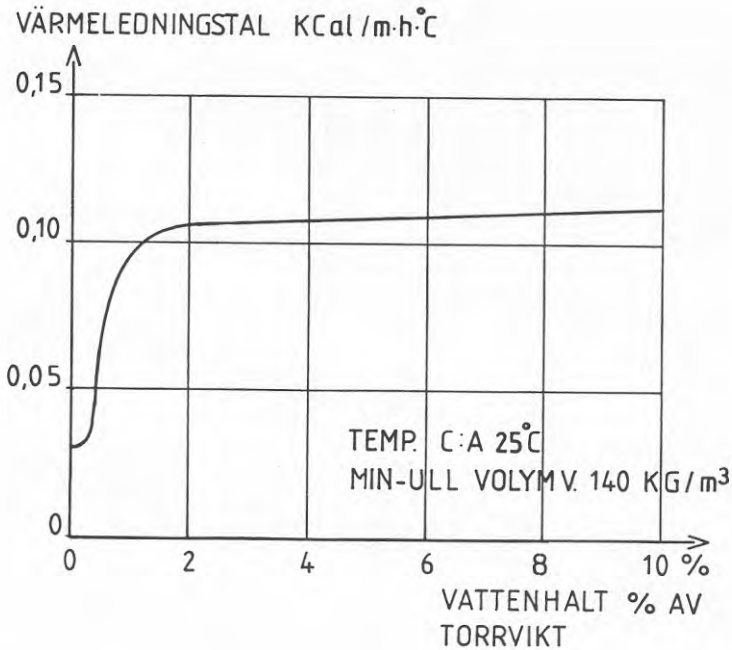


Diagram 23. Värmeledningstal för mineralull vid varierande vattenhalt (schematiskt efter flera utländska undersökningar).

7.5 Effekten av tilläggsisolering

Som väntat ökar temperaturen runt skyddshöljet när isoleringen placeras över kulverten. Temperaturökningarna på skyddshölje är av storleksordningen 5 - 10°C under vinterförhållanden för de här provade isoleringstyperna utom på ACK 150/300 där temperaturen på framledningen ökade med 21°C till 46°C och på returledningen med 15°C till 33°C. Exempel på temperaturförhållandena framgår av sid. 48 - 65. Temperaturen inuti kulverten stiger vid tilläggsisolering. Det medför en kraftigare termisk luftström vilket borde vara en fördel för uttorkning av en fuktig kulvert. Där fram- och returledningen går i gemensamt skyddshölje, och vi får högre temperatur inom hölje än returledningen, kommer returledningen att ta upp en del värme, som utan isolering skulle förloras.

Temperaturdifferansen över tilläggsisoleringen varierade mellan 20 och 40°C. Någon generell skillnad mellan isoleringsprinciperna i detta avseende kan ej spåras i detta material.

I marken över tilläggsisoleringen hölls temperaturen på en betydligt lägre nivå än där sådan isolering saknades.

Värmespridningen från kulverten stoppas upp mot isoleringen och lagras upp till en högre temperaturnivå i omgivningen runt kulverten. Detta medför en minskad värmeförlust. Beräknade värmeförluster för de undersökta kulverttyperna framgår av tabell 3, sid 66. Där har också angivits rörisoleringens värmeledningstal, beräknat ur fältdata.

För en bra mineralullsisolerad kulvert har erhållits
 $= 0.05 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. För en bra cellbetongisolerad kulvert finns bara ett exempel från fältförsök vilket ger $= 0.09 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.



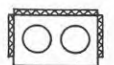
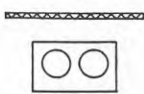
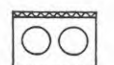
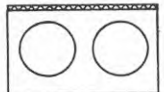
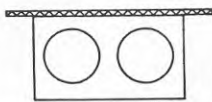
Tilläggsisolering ger större besparing ju sämre isoleringseffekt kulverten har. Här har uppnåtts en minskning av förlusterna för BTK-300 på 30 till 70 W/m för de olika isoleringsalternativen. För övriga fall ligger besparingen på 10 - 20 W/m. Markskivans isolerings-motstånd framgår av tabell 3.

Manuell temperaturmätning på hölje före uppschaktning, enligt det utförande som föreslås för konditionskontroll, visar variationer på upp till 4°C. Temperaturnivån stämmer dock väl med senare utförda mätserier. Säkerligen beror temperaturskillnaderna på variationer i isoleringens funktion. Skador eller ojämnheter vid utförandet liksom dränknings-skador medför differanser.

Det framgår klart av registreringarna på den fuktiga BTK-300 att hög fuktighet i kulvert medför kraftigare värmeavgivning till omgivningen. Om isoleringen är så fuktig eller blöt att ånga bildas då framledningstemperaturen överskrider 100°C , blir effekten speciellt påtaglig. Enligt uppgift från fabrikanthåll så klarar senare tiders mineralull av typ rörsålar kokning utan påvisbar försämring efter uttorkning. Långtidseffekten av upprepad kokning är dock ej känd.

TABELL 2. Tilläggsisoleringens effekt.

Beräknat värmemotstånd för markskivan samt minskning i värmeförlust.
Markskiva av 10 cm cellplast, densitet 30 kg/m^3 .

KULVERTTYP		Uppmätt temp.diff över-undersida isol. $^{\circ}\text{C}$	Markskivans värmemotstånd $\text{m } ^{\circ}\text{C/W}$	Minskad värmeförlust W/m
ACK 150/300		23	0.19	9
ACK 150/300		35	0.42	16
BTK-300		24	0.19	69
BTK-300		40	0.06	30
BTK-300		38	0.09	39
CBTK-600		20	0.06	13
CBTK-600		32	0.10	21

7.6 Sammanfattning av mätresultat

En klar skillnad beträffande temperatur på skyddshölje föreligger mellan torra och bra kulvertar och sådana som blivit vattenskadade. Troligen betyder någon enstaka dränkning obetydligt i försämrad isoleringseffekt, om isoleringen består av rörskålar, medan mjukare isoleringsmaterial lätt skadas.

Fukt i kulvertsystemet medför större värmeförluster än i ett torrt system. Särskilt stora förluster uppstår om isoleringen är mycket fuktig eller blöt. Då bildas ånga vid temperaturer på mediarör över 100°C .

Avfuktning i cellbetongisolerade kulvertar bedömes ta längre tid än beträffande mineralullsisolerade hålkulvertar, och medför därför en långvarigare ökning av värmeförlusterna. Den temperaturökning som en tilläggsisolering medför borde påskynda uttorkningen.

Temperatur-fördelningen på skyddshölje och i marken är av speciellt intresse med hänsyn till vår metodik att bestämma värmeförluster. Den totala värmeförlusten är beroende på temperaturen på kulvertens olika delytor. Under vinterförhållanden är temperaturvariationen på skyddshöljet till dåliga kulvertar (framledningshölje betr. ACK) i vårt material $21 - 27^{\circ}\text{C}$ för ACK, $43 - 60^{\circ}\text{C}$ för BTK och $18 - 43^{\circ}\text{C}$ för CBTK. För en korrekt beräkning av värmeförluster måste man beakta detta förhållande genom att den uppmätta locktemperaturen, som är lägst, ökas med några grader. Detta har beaktats i här redovisade diagram.

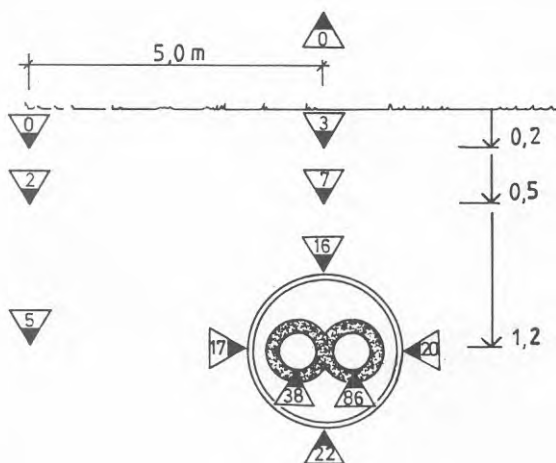
Uppnådda besparingar vid tilläggsisolering är, av den storleksordningen som de teoretiska beräkningarna i etapp I visade beträffande ACK 150/300 och BTK 300.

Beträffande BTK 300 har vi visserligen erhållit en större besparing nu (60 W/m jämfört med 49 W/m i etapp I), men kulverten har sedan den första mätningen blivit betydligt sämre. Vi kan därför konstatera att teoretiska beräkningar av effekten av tilläggsisoleringar, väl överensstämmer med det som kan uppnås i praktiken.

KULVERTTYP ACK 100/400 (OBS)
 KONDITION Bra skick, torr
 MÄTPERIOD 841120-841122
 MARKFÖRHÅLLANDEN Grusig grovsand, fuktkvot 5 %
 Värmeledningstal (bedömt) 1,4 W/m °C

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 87 - 88

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



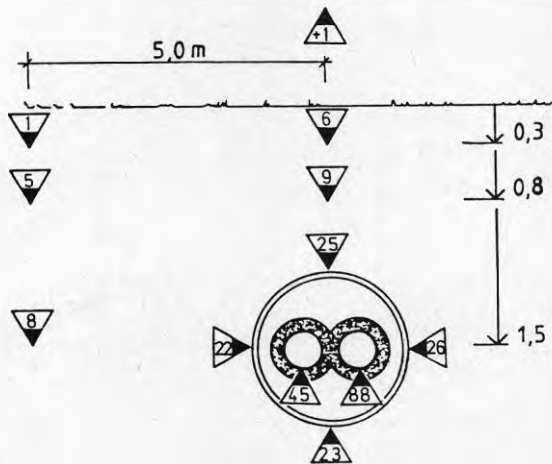
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK	Konstant.
ÖVER KULVERT	Konstant.
HÖLJE	Konstant under perioden.
FRAMLEDNING	Fluktuerar mellan 80-88 °C.
RETURLEDNING	Fluktuerar mellan 36-45 °C. Helt konstant temperatur under natten.
UTETEMPERATUR	Temperaturvariation 0 - +2 °C.

KULVERTTYP ACK 100/400 (Kv Kantorn)
 KONDITION Dränkt flera gånger
 MÄTPERIOD 841121-841125
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera och sand, fuktkvot 11 %
 Värmeledningstal (bedömt) 1,2 W/m °C

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 89 - 90

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK När utetemperaturen ökar 5 °C stiger marktemperaturen på 30 cm djup med 1 °C efter ca 10 tim.

ÖVER KULVERT Som ovan.

HÖLJE Höljets temperatur nästan konstant under mätperioden. Ovasida ökar från 25-26 °C på 5 tim, då framledning ökar 5-10 °C, fluktuerande.

FRAMLEDNING Varierar mellan 82-93 °C. Temperaturen avtar mellan kl 23-05. Min kl 12. Max kl 8 och 17.

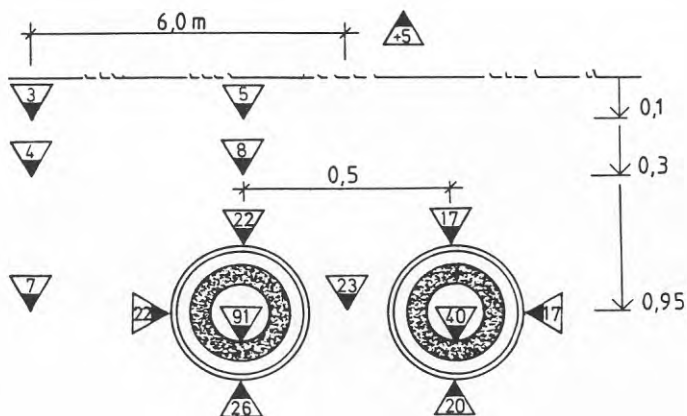
RETURLEDNING Varierar mellan 28-48 °C. Min kl 24.

UTETEMPERATUR Temperaturvariation -2 - +4 °C.

KULVERTTYP ACK 150/300 (Kv Atterbom)
 KONDITION Bra skick, torr
 MÄTPERIOD 841127-841130
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 25 %, sand fuktkvot 5 %
 Värmeledningstal (bedömt) 1,1 W/m °C

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 91 - 92

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Yttemperatur lägre än utetemperatur men följer dock med ca 4 tim fasförskjutning. Övrig marktemperatur konstant.

ÖVER KULVERT Yttemperatur följer utetemperatur med ca 4 tim fasförskjutning.

HÖLJE Konstant under perioden. Påverkas ej av 10 °C ökning i framledning. Framledningens undersida hög temperatur, troligen glipa i isolering.

FRAMLEDNING Toppar vid normala tidpunkter. Under natten stiger framledningstemperaturen. Temperaturvariation 85-99 °C.

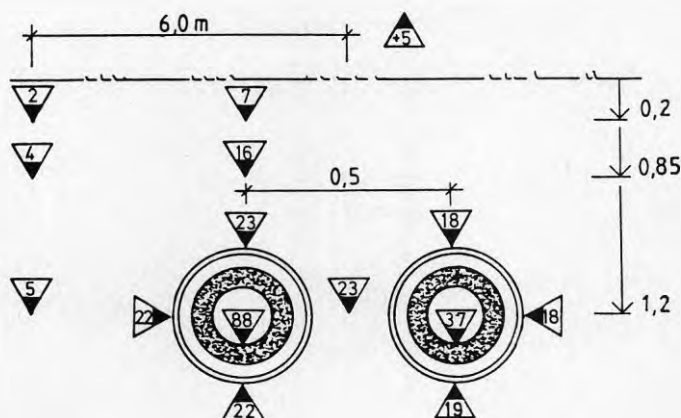
RETURLEDNING Under natten ökar returtemperaturen p g a stigande framledningstemperatur. I övrigt nästan konstant. Temperaturvariation 35-48 °C.

UTETEMPERATUR Temperaturvariation 0 - +7 °C.

KULVERTTYP ACK 150/300 (UTK) Höstfall
 KONDITION Dränkt flera gånger, fuktig
 MÄTPERIOD 841127-841129
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 25 %, sand fuktkvot 5 %
 Värmeledningstal (bedömt) 1,1 W/m °C

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 93 - 94

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Då utetemperaturen ökar 5 °C ökar markytans temperatur 1 °C med 13 tim förskjutning. Övrig marktemperatur konstant.

HÖLJE Då framledningstemperaturen ökar 10 °C ökar höljets temperatur 1 °C. Höjningen sker omedelbart.

FRAMLEDNING Temperaturvariation 80-96 °C.

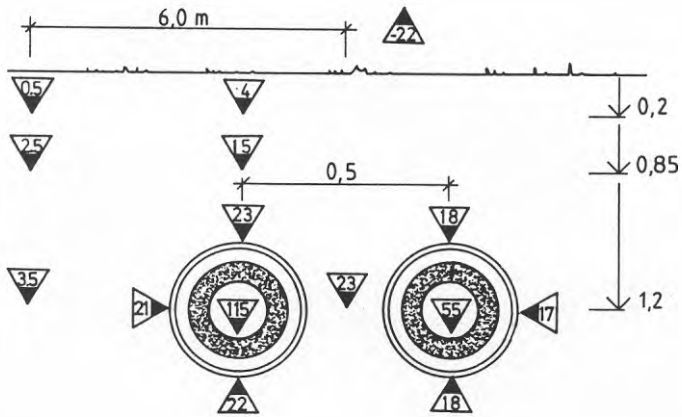
RETURLEDNING Temperaturvariation 35-42 °C.

UTETEMPERATUR Temperaturvariation +5 - -1 °C.

KULVERTTYP ACK 150/300 (UTK) Isolerad referenssträcka
 KONDITION Dräckt flera gånger, fuktig
 MÄTPERIOD 841127-841129 och 850125-850201
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 25 %, sand fuktkvot 5 %
 Värmeledningstal (bedömt) 1,1 W/m °C. 35 cm snö

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 95 - 101

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



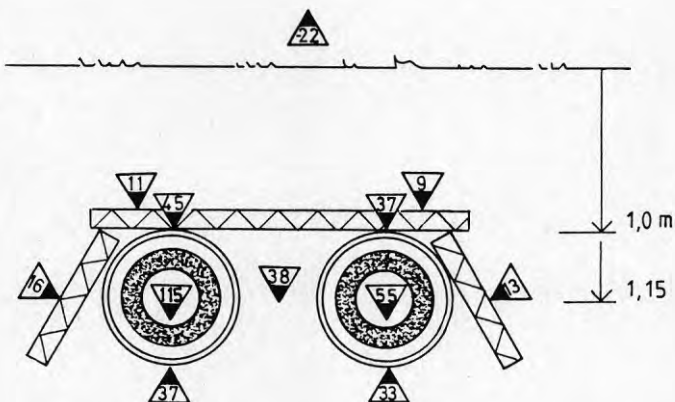
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Konstant p g a snö.
 ÖVER KULVERT Konstant p g a snö.
 HÖLJE Ca 1 °C variation under mätperioden.
 Max temperatur på framledningshölje 25 °C.
 Obetydlig temperaturskillnad höst- och vinterfall.
 FRAMLEDNING Varierar från 100-120 °C.
 RETURLEDNING Varierar mellan 60-50 °C.
 UTETEMPERATUR Varierar mellan -30 - 0 °C.

KULVERTTYP ACK 150/300 (UTK) Tilläggsisolerad
 KONDITION Dränkt flera gånger, fuktig
 MÄTPERIOD 850125-850201
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 25 %, sand fuktkvot 5 %
 Värmeledningstal (bedömt) $1,1 \text{ W/m}^{\circ\text{C}}$. 35 cm snö

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 95 - 101

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



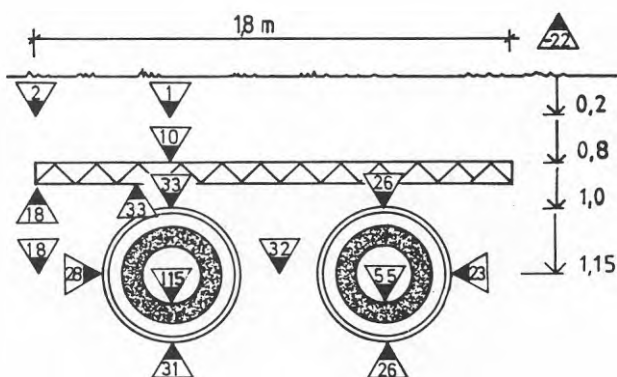
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Konstant p g a 35 cm snö.
 HÖLJE FRAMLEDNING Ökar $4^{\circ\text{C}}$ med 9 tim förskjutning sedan framledningen uppnått $120^{\circ\text{C}}$. Max temperatur på framledningshölje $47^{\circ\text{C}}$.
 FRAMLEDNING Varierar från $120-100^{\circ\text{C}}$.
 RETURLEDNING Varierar mellan $60-50^{\circ\text{C}}$.
 UTETEMPERATUR Stor variation $-30 - 0^{\circ\text{C}}$.

KULVERTTYP ACK 150/300 (UTK) Tilläggsisolerad
 KONDITION Dränt flera gånger, fuktig
 MÄTPERIOD 850125-850130
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 25 %, sand fuktkvot 5 %
 Värmeledningstal (bedömt) 1,1 W/m °C. 35 cm snö

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 102 - 104

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Konstant.

ÖVER KULVERT Konstant.

HÖLJE Då mediatemperaturen ökar från 100-120 °C så ökar framledningen 4 °C med 9 tim fasförskjutning och returledningen 2 °C med 9 tim fasförskjutning. Max temperatur på framledningshölje 34 °C.

FRAMLEDNING Varierar från 120-60 °C.

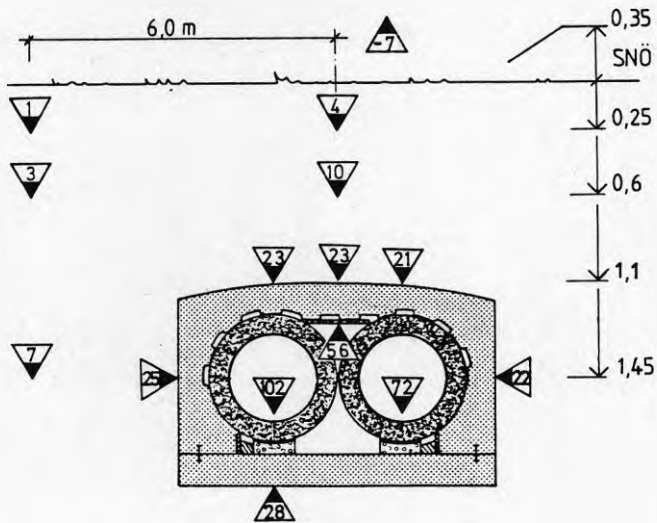
RETURLEDNING Varierar mellan 60-50 °C.

UTEMPERATUR Stor variation -30 - 0 °C.

KULVERTTYP BTK-300 (Ultuna)
 KONDITION Bra skick, torr
 MÄTPERIOD 850109-850116
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 32 %. 35 cm snö
 Värmeledningstal (bedömt) 1,05 W/m °C.

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 105 - 111

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



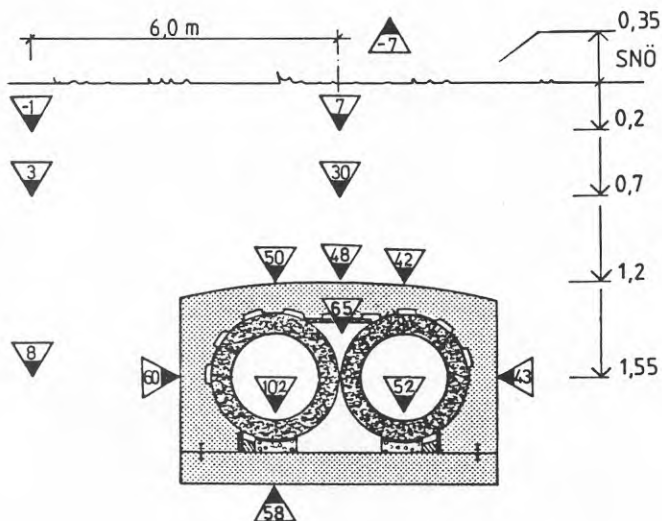
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Konstant p g a snö.
 ÖVER KULVERT Konstant p g a snö.
 HÖLJE Konstant. När framledningstemperaturen ökar 16 °C sker ingen märkbar förändring av höljets temperatur. Max temperatur på lock 23 °C.
 KULVERT Temperaturvågen genom isolering tar 2 tim. Temperaturvariation 53-60 °C.
 FRAMLEDNING Temperaturvariation 90-115 °C, medel 102 °C.
 RETURLEDNING Temperaturvariation 66-79 °C, medel 72 °C.
 UTETEMPERATUR Temperaturvariation -15 - -5 °C.

KULVERTTYP BTK-300 (Lagerlöfsparken)
 KONDITION Dåligt skick, mycket fuktig.
 MÄTPERIOD 850109-850114
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera fuktkvot 35 %, 35 cm snö
 Värmeledningstal (bedömt) 1.1 W/m⁰C

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 112 - 122

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



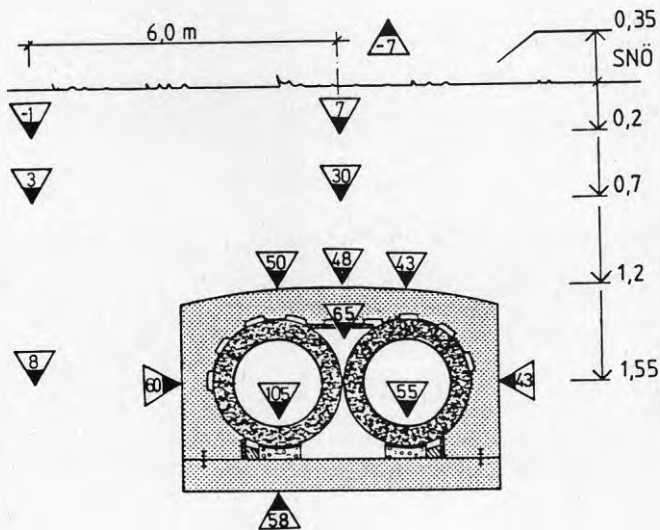
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Konstant p g a snö.
 ÖVER KULVERT Konstant p g a snö.
 HÖLJE Temp hög i början av mätserien p g a hög temp i kulvert. Stabiliseras mot en lägre temp då framledningstemp sjunker mot 105⁰C. Lock-ångtopp i kulvert innebär ca 2⁰C höjn. Framledningssida-följer temp i kulvert. Ökar ca 3⁰C vid ångtoppar. Varierar under mätserien mellan 60-66⁰C. Retursida konstant.
 KULVERT P g a fuktig isolering fås ångtoppar och mycket hög temp i kulvert vid temp > 105⁰C. Dessa höga temp påverkar ej retursida.
 FRAMLEDNING Temperaturvariation mellan 90 - 114⁰C
 RETURLEDNING Temperaturvariation mellan 50 - 57⁰C.
 UTETEMPERATUR Temperaturvariation mellan - 15 - -3⁰C.
 ANMÄRKNING Ingen mekanisk vent.

KULVERTTYP BTK-300 (Lagerlöfsparken) Referenssträcka. Ventilrad.
 KONDITION Dåligt skick, mycket fuktig
 MÄTPERIOD 850116-850123
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 35 %. 35 cm snö
 Värmeledningstal (bedömt) 1,1 W/m °C.

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 112 - 122

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



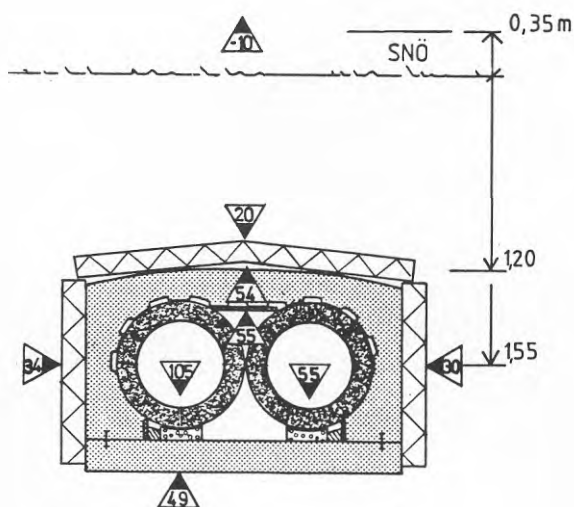
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Konstant p g a snö.
 HÖLJE Temperaturen på hölje faller 3 °C då framledningstemperaturen ligger stabil vid 100 °C. Orsakas av mekanisk ventilation. Max temperatur på lock 54 °C.
 KULVERT Försök med fläktevakivering innebär att kulverttemperaturen långsamt sjunker från ca 70 °C till ca 50 °C. Ångbildning ger direkt utslag men effekten mindre p g a ventilation.
 FRAMLEDNING Temperaturvariation 90-120 °C.
 RETURLEDNING Temperaturvariation 50-57 °C.
 UTETEMPERATUR Temperaturvariation -15 - -5 °C.
 ANMÄRKNING Mekanisk frånluftsventilation av kulvert insatt för att er-hålla något normalare förhållanden då kulverten visade sig vara extremt fuktig.

KULVERTTYP	BTK-300 (Lagerlöfsparken) Tilläggsisolerad. Ventilerad.
KONDITION	Dåligt skick, mycket fuktig
MÄTPERIOD	850116-850123
MARKFÖRHÅLLANDEN	Lera, fuktkvot 35 %. 35 cm snö Värmeledningstal (bedömt) 1,1 W/m °C.

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 123 - 130

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



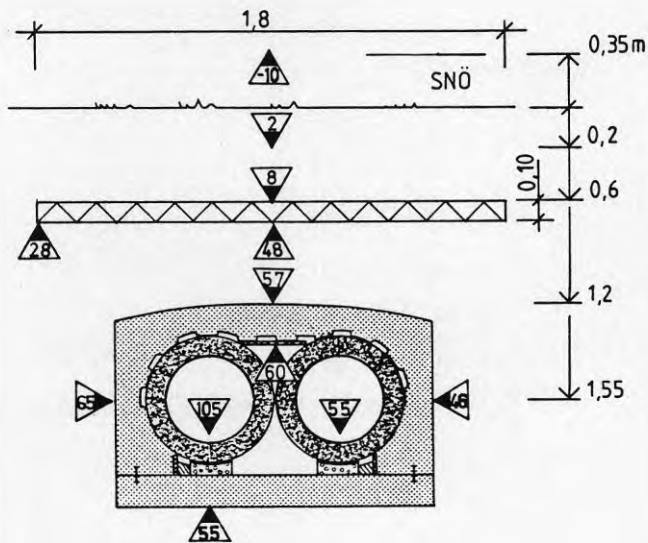
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK	Konstant p g a snö.
HÖLJE	Temperaturen på lock sjunker från 60 till 46 °C och stabiliseras. Bottentemperaturen sjunker med temperatursänkning i kulvert från ca 50 till 45° där den stabiliseras. Temperatur på sidor konstanta.
KULVERT	Försök med fläktevakivering innebär att kulverttemperaturen stabiliseras vid ca 50 °C.
ISOLERING	Värmespridningen brytes snabbt. Temperaturdifferensen mellan undersida och översida på isoleringen är ca 35 °C. Efter stabilisering uppmättes på isolering i sida och lock till 44 och 20 °C och mot 58 resp 45 °C på oisolerad kulvert.
FRAMLEDNING	Temperaturvariation 95-110 -100°C.
RETURLEDNING	Temperaturvariation 50-57 °C.
UTETEMPERATUR	Temperaturvariation -15 - -5 °C.
ANMÄRKNING	Mekanisk frånluftsventilation av kulvert.

KULVERTTYP BTK-300 (Lagerlöfsparken) Tilläggsisolerad. Ventilerad.
 KONDITION Dåligt skick, mycket fuktig
 MÄTPERIOD 850116-850123
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 35 %. 35 cm snö
 Värmeledningstal (bedömt) 1,1 W/m °C.

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 123 - 130

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



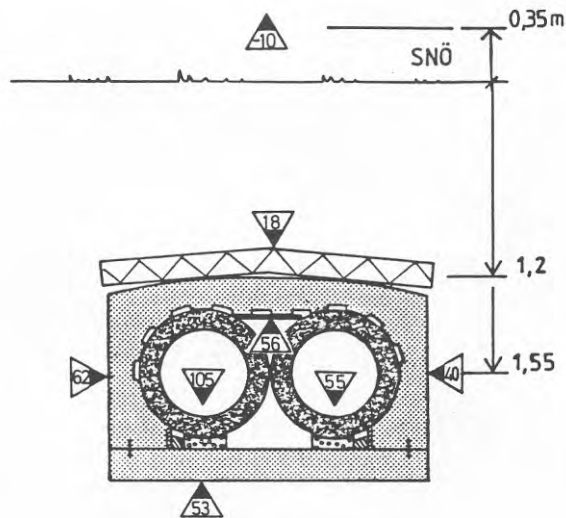
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Konstant p g a snö.
 ÖVER KULVERT Konstant p g a snö.
 HÖLJE P g a fläktevakuering samt stabil framledningstemperatur sänks yttemperaturen för lock från 58 till 52 °C, undersida 56 till 52, framsida 65 till 48 och retursida 46 till 45 °C.
 ISOLERING Temperaturdifferensen mellan undersida och översida är 40 °C. Kulvertytor blir varmare än utan isolering.
 KULVERT Försök med fläktevakuering av kulvertluft innebär sänkning av temperaturen från ca 70 till 50 °C där den stabiliseras.
 FRAMLEDNING Temperaturvariation 95-110-100°C.
 RETURLEDNING Temperaturvariation 50-57 °C.
 UTETEMPERATUR Temperaturvariation -15 - -5 °C.
 ANMÄRKNING Mekanisk frånluftsventilation av kulvert.

KULVERTTYP BTK-300 (Lagerlöfsparken) Tilläggsisolerad. Ventilerad.
 KONDITION Dåligt skick, mycket fuktig
 MÄTPERIOD 850116-850123
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 35 %. 35 cm snö
 Värmeledningstal (bedömt) 1,1 W/m °C.

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 116 - 122

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



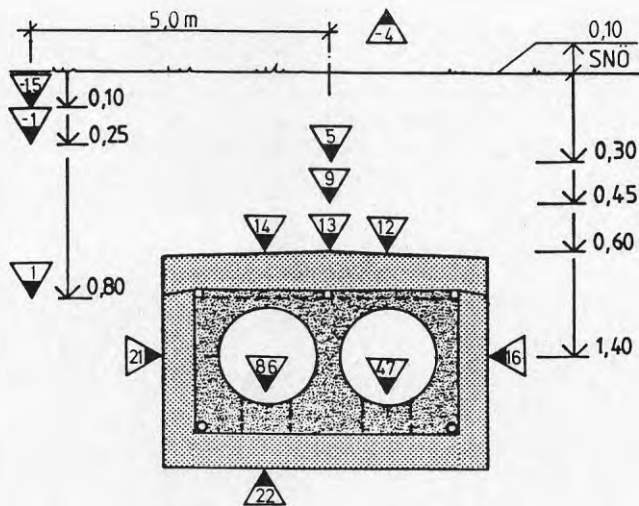
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Konstant p g a snö.
 HÖLJE P g a fläktevakivering samt stabil framledningstemperatur sänks ytttemperaturen långsamt, på framledningssidan från 68 till 47 °C och retursidan 42 till 38 °C.
 BOTTEN Följer temperatur i kulvert dock ej lika mycket som framsida. Reaktionstid 3 tim. 53-45 °C.
 KULVERT Försök med fläktevakivering av kulvertluften innebär sänkning av temperaturen från ca 70 till 50 °C.
 ISOLERING Samma ytttemperaturen på isolering som det första isoleringsfallet.
 FRAMLEDNING Temperaturvariation 95-110-100 °C.
 RETURLEDNING Temperaturvariation 50-57 °C.
 UTETEMPERATUR Temperaturvariation -15 - -5 °C.
 ANMÄRKNING Mekanisk frånluftsventilation av kulvert.

KULVERTTYP CBTK-300 (Parken)
 KONDITION Bra skick
 MÄTPERIOD 850308-850315
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 30 %. Snö.
 Värmeledningstal (bedömt) 1,05 W/m °C.

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 131 - 135

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



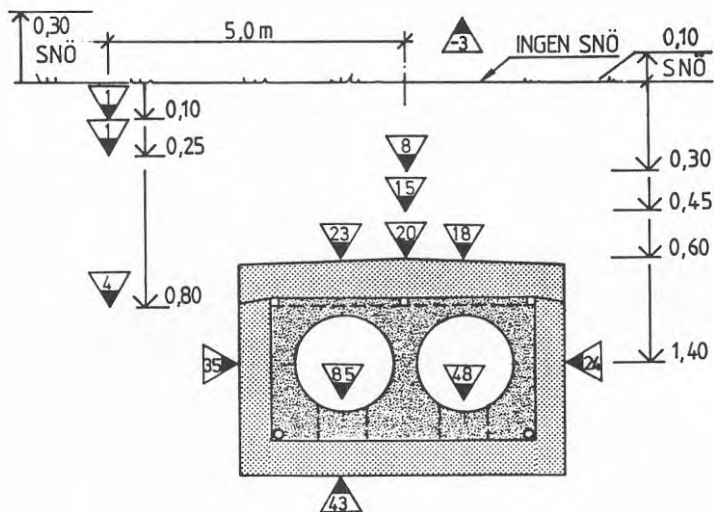
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Konstant.
 ÖVER KULVERT Variation endast 10-dels grad.
 HÖLJE Skönjbar temperaturhöjning då framledningstemperaturen ökar
 5 °C. Max temperatur på lock 14 °C.
 FRAMLEDNING Temperaturvariation 77-94 °C.
 RETURLEDNING Temperaturvariation 44-50 °C.
 UTETEMPERATUR Temperaturvariation -8 till +8 °C.
 ANMÄRKNING 0 cm snö över kulvert.
 10 cm snö på ostörd mark.

KULVERTTYP	CBTK-300 (Villan)
KONDITION	Dålig kondition, vattenskadad
MÄTPERIOD	850308-850315
MARKFÖRHÅLLANDEN	Lera, fuktkvot 36 %. Snö. Värmeledningstal (bedömt) 1,1 W/m °C.

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 136 - 141

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



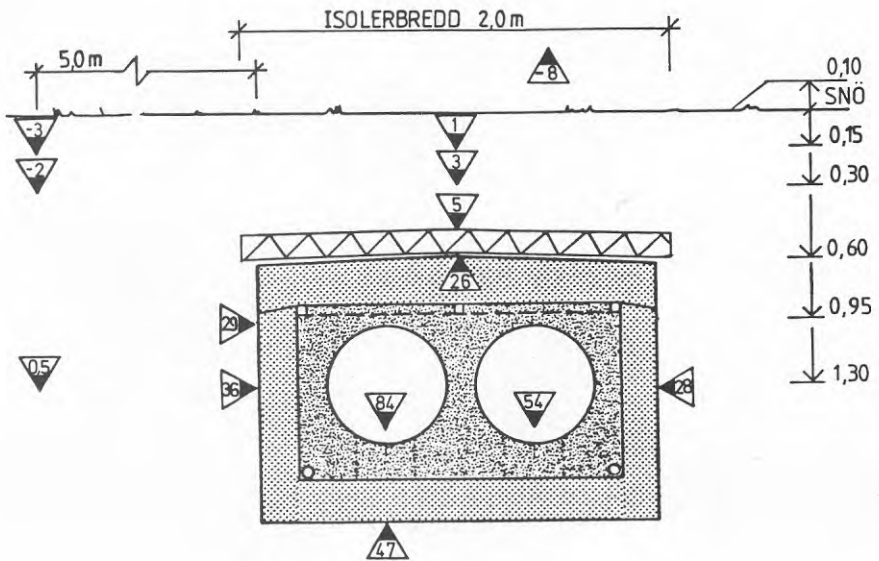
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK	Då utetemperaturen ökar 13 °C ökar markens yttemperatur 0,2 °C efter 6 timmar.
HÖLJE	Tid för temperaturvåg till höljet ca ett dygn då framledningstemperaturen varierar mellan 80-90-80 °C. Då framledningstemperaturen ökas 10 °C ökar locket temperatur med 1 °C. Temperatur på lock nästan konstant 22 °C. Framsida varierar 32-35-32 °C, retursida 22-26-22 °C och undersida 37-44-39 °C.
FRAMLEDNING	Temperaturvariation 77-94 °C.
RETURLEDNING	Temperaturvariation 44-50 °C.
UTETEMPERATUR	Temperaturvariation -7 till +9 °C.
ANMÄRKNING	0 cm snö över kulvert. 10 cm snö vid ostörd mark.

KULVERTTYP CBTK-600 Tilläggsisolerad
 KONDITION Dålig kondition, vattenskadad
 MÄTPERIOD 850315-850322
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 23 %. Snö.
 Värmeledningstal (bedömt) 1,0 W/m °C.

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 141 - 145

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



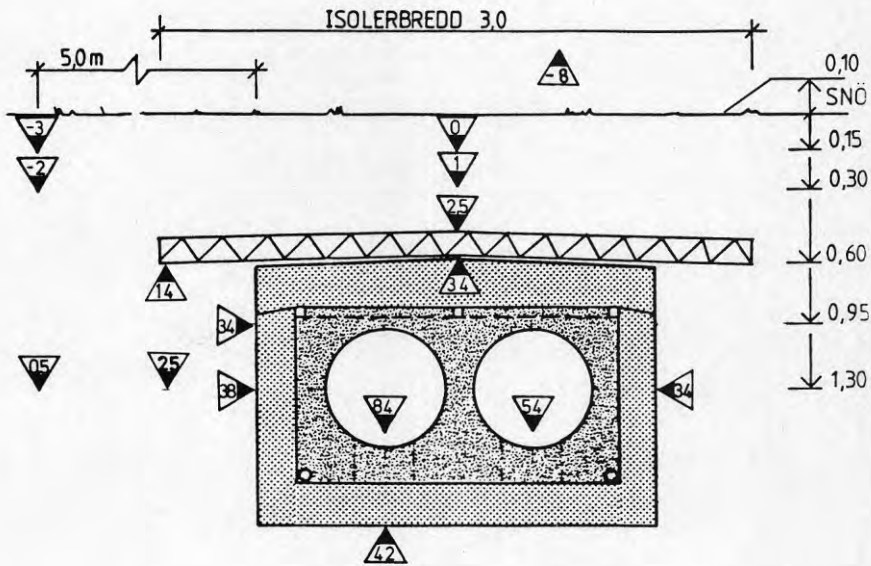
KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK	Markytans temperaturvariation följer utetemperaturen med 5 tim tidsförskjutning.
ÖVER KULVERT	Konstant marktemperatur.
HÖLJE	Konstant temperatur på skyddshöljet. Locktemperaturen under isolering konstant 26 °C.
ISOLERING	Temperaturdifferensen över isoleringen är 20 °C.
FRAMLEDNING	Temperaturvariation 78-92 °C.
RETURLEDNING	Temperaturvariation 50-54 °C.
UTETEMPERATUR	Temperaturvariation -8 - +5 °C.
ANMÄRKNING	0 cm snö över kulvert. 10 cm snö vid ostörd mark.

KULVERTTYP CBTK-600 Tilläggsisolerad
 KONDITION Dålig kondition, vattenskadad
 MÄTPERIOD 850315-850325
 MARKFÖRHÅLLANDEN Lera, fuktkvot 23 %. Snö.
 Värmeledningstal (bedömt) 1,0 W/m °C.

TILLHÖRANDE TEMPERATURREGISTRERING sid 146 - 152

TEMPERATURFÖRDELNING, EXEMPEL



KOMMENTARER

REFERENSTEMP MARK Markytans temperaturvariation följer utetemperaturen med 5 tim tidsförskjutning.

ÖVER KULVERT Tämligen konstant marktemperatur under perioden.

HÖLJE Locktemperaturen konstant 34 °C under isoleringen. Framsida varierar 1 °C med 1 dygns fas. Retursida och undersida konstant 38 respektive 42 °C.

ISOLERING Temperaturdifferens över isolering är 32 °C.

FRAMLEDNING Temperaturvariation 78-92 °C.

RETURLEDNING Temperaturvariation 50-54 °C.

UTETEMPERATUR Temperaturvariation -7 till +9 °C.















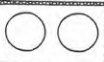
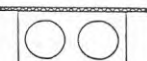
ANMÄRKNING 0 cm snö över kulvert.
 10 cm snö vid ostörd mark.

8 BERÄKNING AV VÄRMEFÖRLUSTER

8.1 Värmeförluster hos de undersökta kulverttyperna

Beräkning av värmeförluster har skett utifrån de matematiska samband som redovisas i kapitel 9. Ingångsdata är, förutom parametrar för kulverttyp, de temperaturmätningar som utförts. Temperaturerna är valda vid en representativ tidpunkt. Beräkningar har också skett vid LTH. De värmeförluster som LTH:s beräkningsteknik har givit, är för klenare mineralullsisolerade kulvertar, ofta 10 - 20 % lägre än de värden vi erhållit. Beträffande cellbetongisolerade kulvertar är det nära full överensstämmelse. Vi har valt att i denna rapport konsekvent redovisa endast värden baserade på här återopade teorier.

Tabell 3. Beräknade värmeförluster.

Kulverttyp	Vid mättillf. W/m	Årsmedel W/m	Temp. hölje T _g °C	Värmeledn. tal isol W/m °C
ACK 100/400 BRA 	40	38	16	0.05
DALIG 	48	47	25	0.07
ACK 150/300 BRA 	50	45	20	0.05
DALIG 	75	58	23	0.08
	54	49	33	
	47	42	46	
BTK-300 BRA 	97	76	23	0.05
DALIG 	221	190	48	0.4
	141	121	54	
	183	160	58	
	177	151	56	
CBTK-300 BRA 	67	60	14	0.09
DALIG 	100	90	19	0.16
CBTK-600 	128	122	18	0.15
	112	109	25	
	102	101	34	

9 BERÄKNINGSTEORI

I denna rapport angivna diagram för bestämning av värmeförluster, också för alternativa tilläggsisoleringar, har upprättats med hjälp av nedan angivna formler. Det kan påpekas att en viss anpassning genom vunna erfarenheter har gjorts, av de formler som är angivna i Jonasson (13).

9.1 Beteckningar

Värmeförlust och värmemotstånd

Q_f	Sammanlagda värmeförlusten från både fram- och returledningar.
R_i	Värmemotstånd, isolering
R_h	Värmemotstånd, konvektion
R_m	Värmemotstånd, mark
R_s	Värmemotstånd, sammanfallande temperaturfält
R_v	Värmemotstånd, ventilation

Temperatur

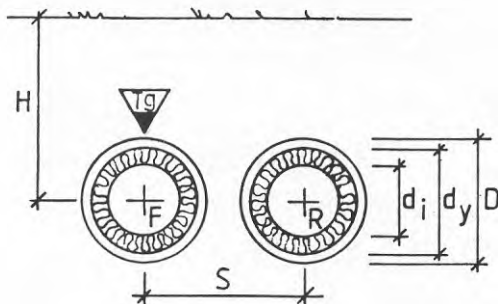
θ	Temperaturdifferens mellan fjärrvärmevatten och omgivning
θ_g	Temperaturdifferens mellan fjärrvärmevatten och skyddshöljets temperatur
T_g	Temperatur, utsida skyddshölje
T_o	Temperatur, omgivning
T_F	Temperatur, framledning
T_R	Temperatur, returledning
θ_m	Temperatur, medel för fjärrvärmevatten

Mediaegenskaper

λ_i	Värmekonduktivitet, isolering
λ_m	Värmekonduktivitet, mark

Geometriska mått

d_i	Diameter, medierör
d_y	Ytterdiameter, isolering
D	Diameter ytterrör
D_e	Ekvivalent diameter

9.2 Separatisolerat rörpar i skilda skyddsror

Värmeförlust

$$Q_f = \frac{\theta}{R_i + R_h + R_m + R_s} \quad (\text{W/m})$$

Isoleringens
värmeledningstal

$$\lambda_i = \frac{(T_g - T_o) \cdot \ln d_y / d_i}{[(T_F - T_g)R_m + (T_o - T_g)R_h] \cdot 4\pi} \quad (\text{W/m}^\circ\text{C})$$

Skyddshöljets
temperatur

$$T_g = T_F - \frac{(T_F - T_o)(R_i + R_h)}{R_i + R_m + R_h} \quad (^\circ\text{C})$$

Referens

Jonasson (13)

Kommentar

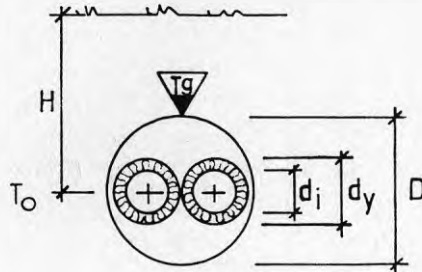
Beräkningsuttrycken för de olika värmemotstånden finns beskrivna i Jonasson (13).

Ovanstående formler ersätter kapitel 8.2.1 i Jonasson (13).

Ventilationsmotståndet försummas.

Värmeövergångstalet h för luftspalten beräknas till $9 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ur mätförsöket.

Diagram 3-5 är framtagna ur ovan angivna formel.

9.3 Separatisolerat rörpar i gemensamt skyddsrör

Värmeförlust

$$Q_f = \frac{\Theta}{R_i + R_{h1} + \frac{1}{\frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_{h2} + R_m}}} \quad (\text{W/m})$$

Isoleringens värmeledningstal

$$\lambda_i = \frac{[T_g - T_0] \ln d_y/d_i}{4\pi \left[\frac{\Theta}{g} (R_h + R_m) - \Theta R_h \right]} \quad (\text{W/m}^2\text{C})$$

Skyddshöljets temperatur

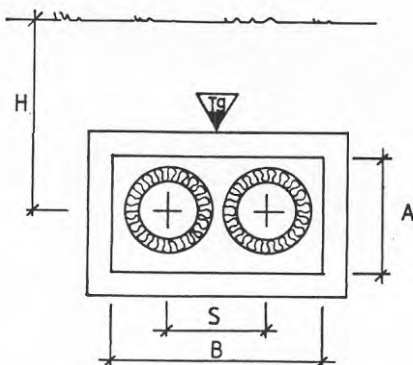
$$T_g = \Theta_m - \frac{\Theta (R_i + R_h)}{R_i + R_h + R_m} \quad (^\circ\text{C})$$

Referens

Jonasson (13)

Kommentar

Beräkningsuttryck för de olika värmemotstånden finns beskrivet i Jonasson (13).

9.4 Betongkulvert, mineralullsisolering

Värmeförlust

$$Q_f = \frac{\theta}{R_i + R_{h1} + \frac{1}{\frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_{h2} + R_m}}} \quad (\text{W/m})$$

Isoleringens
värmeledningstal

$$\lambda_i = \frac{(T_g - T_m) \cdot \ln d_y/d_i}{R_m \cdot \theta \cdot 4\pi} \quad (\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Skyddshöljets
temperatur

$$T_g = \frac{\theta \cdot R_m + T_0 \cdot R_i}{R_i + R_m} \quad (^\circ\text{C})$$

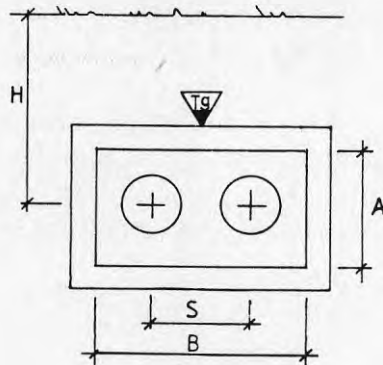
Referens

Jonasson (13)

Kommentar

Beräkningsuttrycken för de olika värmemotstånden finns beskrivna i Jonasson (13).
Ovanstående formler ersätter kapitel 8.2.2 i Jonasson (13) som utgår.

Det bör noteras att vid beräkning av λ_i och T_g utgår R_v och R_{h1} . Detta på grund av bättre överensstämmelse med erhållna mätresultat. Värmeövergångstalet h för luftspalten beräknas ur provförsöken till $10 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

9.5 Betongkulvert, cellbetongisolering

Värmeförlust

$$Q_f = \frac{\Theta}{R_i + R_m + R_s} \quad (\text{W/m})$$

Isoleringens värmeledningstal

$$\lambda_i = -\frac{x}{2} \left(\pm \sqrt{\left(\frac{x}{2}\right)^2 - Y} \right) \quad (\text{W/m}^\circ\text{C})$$

där

$$X = \frac{R_m(R + T\lambda_m) + (T_g - T_m)2MT - (2T_g - T_m)(R + T\lambda_m)R_m}{2(T_g - T_m)R_m T - \Theta_m R_m T}$$

$$Y = \frac{(T_g - T_m)(1 - 2MR - 2MT\lambda_m)}{2(T_g - T_m)R_m T - \Theta_m R_m T}$$

$$M = \frac{\ln D_e/d_i}{4\pi}$$

$$R = \frac{4\pi}{\ln \left[\frac{S}{d_i} + \sqrt{\left(\frac{S}{d_i}\right)^2 - 1} \right]}$$

$$T = \frac{S \cdot 0,8 \cdot 4\pi}{A \cdot \lambda_m \ln D_e/d_i}$$

Skyddshöljets temperatur

$$T_g = \Theta_m - \frac{\Theta(R_i + R_s)}{R_i + R_m + R_s}$$

Referens

Jonasson (13)

Kommentar

Beräkningsuttrycken för de olika värmotstånden finns beskrivna i Jonasson (13).

Konstanten för den ekvivalenta diametern D_e anges i litteraturen till 35.2. Se Jonasson (13). För överensstämmelse med i projektet erhållna mätresultat kring befintlig kulvert reduceras konstanten till 31.7. Formeluttrycket för C_1 och C_2 i Jonasson (13) kap 8.1.3 är tack vare tryckfelsnissie missvisande. Korrekt återgivet är:

$$C_1 = \frac{4\pi\lambda_i}{\ln \left[\frac{S}{d_i} + \sqrt{\left(\frac{S}{d_i}\right)^2 - 1} \right]}$$

$$C_2 = \frac{S \cdot 0,8(\lambda_m - \lambda_i)}{A \cdot R_i \cdot \lambda_m}$$

9.6 Annuitetstabeller

Annuitetsfaktorn betecknar den årliga betalning, som måste erläggas i slutet av varje år under n år för avbetalning och förräntning av 1 kr.

Tabellen är uppgjord efter
$$\frac{r}{1-(1+r)^{-n}} = \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n-1}$$

Om betalningen erläggs i början av året, multipliceras faktorn med $(1+r)$.

Beteckningar:

n = brukstid för investering, år

r = kalkylräntefot, uttryckt i decimalbråk

Räntefoten multiplicerad med 100 ger räntesats i %.

Exempel:

Beräkna annuiteten — summa av förräntning och avskrivning — för ett investeringsbelopp på 10 000 kr. Brukstiden för investeringen är 10 år. Räntesatsen är 10 respektive 20 %.

Svar vid en räntesats av 10 %: $0,1627 \cdot 10\,000 = 1\,627$

Svar vid en räntesats av 20 %: $0,2385 \cdot 10\,000 = 2\,385$

Tabell nr 4:1

n år	Räntesats, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,0100	1,0200	1,0300	1,0400	1,0500	1,0600	1,0700	1,0800	1,0900	1,1000
2	0,5075	0,5150	0,5226	0,5302	0,5378	0,5454	0,5531	0,5608	0,5685	0,5762
3	0,3400	0,3468	0,3535	0,3603	0,3672	0,3741	0,3811	0,3880	0,3951	0,4021
4	0,2563	0,2626	0,2690	0,2755	0,2820	0,2886	0,2952	0,3019	0,3087	0,3155
5	0,2060	0,2122	0,2184	0,2246	0,2310	0,2374	0,2439	0,2505	0,2571	0,2638
6	0,1725	0,1785	0,1846	0,1908	0,1970	0,2034	0,2098	0,2163	0,2229	0,2296
7	0,1486	0,1545	0,1605	0,1666	0,1728	0,1791	0,1856	0,1921	0,1987	0,2054
8	0,1307	0,1365	0,1425	0,1485	0,1547	0,1610	0,1675	0,1740	0,1807	0,1874
9	0,1167	0,1225	0,1284	0,1345	0,1407	0,1470	0,1535	0,1601	0,1668	0,1736
10	0,1056	0,1113	0,1172	0,1233	0,1295	0,1359	0,1424	0,1490	0,1558	0,1627
11	$9,645 \cdot 10^{-2}$	0,1022	0,1081	0,1141	0,1204	0,1268	0,1334	0,1401	0,1469	0,1540
12	$8,885 \cdot 10^{-2}$	$9,456 \cdot 10^{-2}$	0,1005	0,1066	0,1128	0,1193	0,1259	0,1327	0,1397	0,1468
13	$8,241 \cdot 10^{-2}$	$8,812 \cdot 10^{-2}$	$9,403 \cdot 10^{-2}$	0,1001	0,1065	0,1130	0,1197	0,1265	0,1336	0,1408
14	$7,690 \cdot 10^{-2}$	$8,260 \cdot 10^{-2}$	$8,853 \cdot 10^{-2}$	$9,467 \cdot 10^{-2}$	0,1010	0,1076	0,1143	0,1213	0,1284	0,1357
15	$7,212 \cdot 10^{-2}$	$7,783 \cdot 10^{-2}$	$8,377 \cdot 10^{-2}$	$8,994 \cdot 10^{-2}$	$9,634 \cdot 10^{-2}$	0,1030	0,1098	0,1168	0,1241	0,1315
16	$6,794 \cdot 10^{-2}$	$7,365 \cdot 10^{-2}$	$7,961 \cdot 10^{-2}$	$8,582 \cdot 10^{-2}$	$9,227 \cdot 10^{-2}$	$9,895 \cdot 10^{-2}$	0,1059	0,1130	0,1203	0,1278
17	$6,426 \cdot 10^{-2}$	$6,997 \cdot 10^{-2}$	$7,595 \cdot 10^{-2}$	$8,220 \cdot 10^{-2}$	$8,870 \cdot 10^{-2}$	$9,544 \cdot 10^{-2}$	0,1024	0,1096	0,1170	0,1247
18	$6,098 \cdot 10^{-2}$	$6,670 \cdot 10^{-2}$	$7,271 \cdot 10^{-2}$	$7,899 \cdot 10^{-2}$	$8,555 \cdot 10^{-2}$	$9,236 \cdot 10^{-2}$	$9,941 \cdot 10^{-2}$	0,1067	0,1142	0,1219
19	$5,805 \cdot 10^{-2}$	$6,378 \cdot 10^{-2}$	$6,981 \cdot 10^{-2}$	$7,614 \cdot 10^{-2}$	$8,275 \cdot 10^{-2}$	$8,962 \cdot 10^{-2}$	$9,675 \cdot 10^{-2}$	0,1041	0,1117	0,1195
20	$5,542 \cdot 10^{-2}$	$6,116 \cdot 10^{-2}$	$6,722 \cdot 10^{-2}$	$7,358 \cdot 10^{-2}$	$8,024 \cdot 10^{-2}$	$8,718 \cdot 10^{-2}$	$9,439 \cdot 10^{-2}$	0,1019	0,1095	0,1175
25	$4,541 \cdot 10^{-2}$	$5,122 \cdot 10^{-2}$	$5,743 \cdot 10^{-2}$	$6,401 \cdot 10^{-2}$	$7,095 \cdot 10^{-2}$	$7,823 \cdot 10^{-2}$	$8,581 \cdot 10^{-2}$	$9,368 \cdot 10^{-2}$	0,1018	0,1102
30	$3,875 \cdot 10^{-2}$	$4,465 \cdot 10^{-2}$	$5,102 \cdot 10^{-2}$	$5,783 \cdot 10^{-2}$	$6,505 \cdot 10^{-2}$	$7,265 \cdot 10^{-2}$	$8,059 \cdot 10^{-2}$	$8,883 \cdot 10^{-2}$	$9,734 \cdot 10^{-2}$	0,1061
40	$3,046 \cdot 10^{-2}$	$3,656 \cdot 10^{-2}$	$4,326 \cdot 10^{-2}$	$5,052 \cdot 10^{-2}$	$5,828 \cdot 10^{-2}$	$6,646 \cdot 10^{-2}$	$7,501 \cdot 10^{-2}$	$8,386 \cdot 10^{-2}$	$9,296 \cdot 10^{-2}$	0,1023
50	$2,551 \cdot 10^{-2}$	$3,182 \cdot 10^{-2}$	$3,887 \cdot 10^{-2}$	$4,655 \cdot 10^{-2}$	$5,478 \cdot 10^{-2}$	$6,344 \cdot 10^{-2}$	$7,246 \cdot 10^{-2}$	$8,174 \cdot 10^{-2}$	$9,123 \cdot 10^{-2}$	0,1009
60	$2,224 \cdot 10^{-2}$	$2,877 \cdot 10^{-2}$	$3,613 \cdot 10^{-2}$	$4,420 \cdot 10^{-2}$	$5,283 \cdot 10^{-2}$	$6,188 \cdot 10^{-2}$	$7,123 \cdot 10^{-2}$	$8,080 \cdot 10^{-2}$	$9,051 \cdot 10^{-2}$	0,1003

Tabell nr 4:2

n år	Räntesats, %									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1,1100	1,1200	1,1300	1,1400	1,1500	1,1600	1,1700	1,1800	1,1900	1,2000
2	0,5839	0,5917	0,5995	0,6073	0,6151	0,6230	0,6308	0,6387	0,6466	0,6545
3	0,4092	0,4163	0,4235	0,4307	0,4380	0,4453	0,4526	0,4599	0,4673	0,4747
4	0,3223	0,3292	0,3362	0,3432	0,3503	0,3574	0,3645	0,3717	0,3790	0,3863
5	0,2706	0,2774	0,2843	0,2913	0,2983	0,3054	0,3126	0,3198	0,3271	0,3344
6	0,2364	0,2432	0,2502	0,2572	0,2642	0,2714	0,2786	0,2859	0,2933	0,3007
7	0,2122	0,2191	0,2261	0,2332	0,2404	0,2476	0,2549	0,2624	0,2699	0,2774
8	0,1943	0,2013	0,2084	0,2156	0,2229	0,2302	0,2377	0,2452	0,2529	0,2606
9	0,1806	0,1877	0,1949	0,2022	0,2096	0,2171	0,2247	0,2324	0,2402	0,2481
10	0,1698	0,1770	0,1843	0,1917	0,1993	0,2069	0,2147	0,2225	0,2305	0,2385
11	0,1611	0,1684	0,1758	0,1834	0,1911	0,1989	0,2068	0,2148	0,2229	0,2311
12	0,1540	0,1614	0,1690	0,1767	0,1845	0,1924	0,2005	0,2086	0,2169	0,2253
13	0,1482	0,1557	0,1634	0,1712	0,1791	0,1872	0,1954	0,2037	0,2121	0,2206
14	0,1432	0,1509	0,1587	0,1666	0,1747	0,1829	0,1912	0,1997	0,2082	0,2169
15	0,1391	0,1468	0,1547	0,1628	0,1710	0,1794	0,1878	0,1964	0,2051	0,2139
16	0,1355	0,1434	0,1514	0,1596	0,1679	0,1764	0,1850	0,1937	0,2025	0,2114
17	0,1325	0,1405	0,1486	0,1569	0,1654	0,1740	0,1827	0,1915	0,2004	0,2094
18	0,1298	0,1379	0,1462	0,1546	0,1632	0,1719	0,1807	0,1896	0,1987	0,2078
19	0,1276	0,1358	0,1441	0,1527	0,1613	0,1701	0,1791	0,1881	0,1972	0,2065
20	0,1256	0,1339	0,1424	0,1510	0,1598	0,1687	0,1777	0,1868	0,1960	0,2054
25	0,1187	0,1275	0,1364	0,1455	0,1547	0,1640	0,1734	0,1829	0,1925	0,2021
30	0,1150	0,1241	0,1334	0,1428	0,1523	0,1619	0,1715	0,1813	0,1910	0,2008
40	0,1117	0,1213	0,1310	0,1407	0,1506	0,1604	0,1703	0,1802	0,1900	0,2000
50	0,1106	0,1204	0,1303	0,1402	0,1501	0,1601	0,1701	0,1800	0,1902	0,2001
60	0,1102	0,1201	0,1301	0,1401	0,1500	0,1600	0,1700	0,1800	0,1900	0,2000

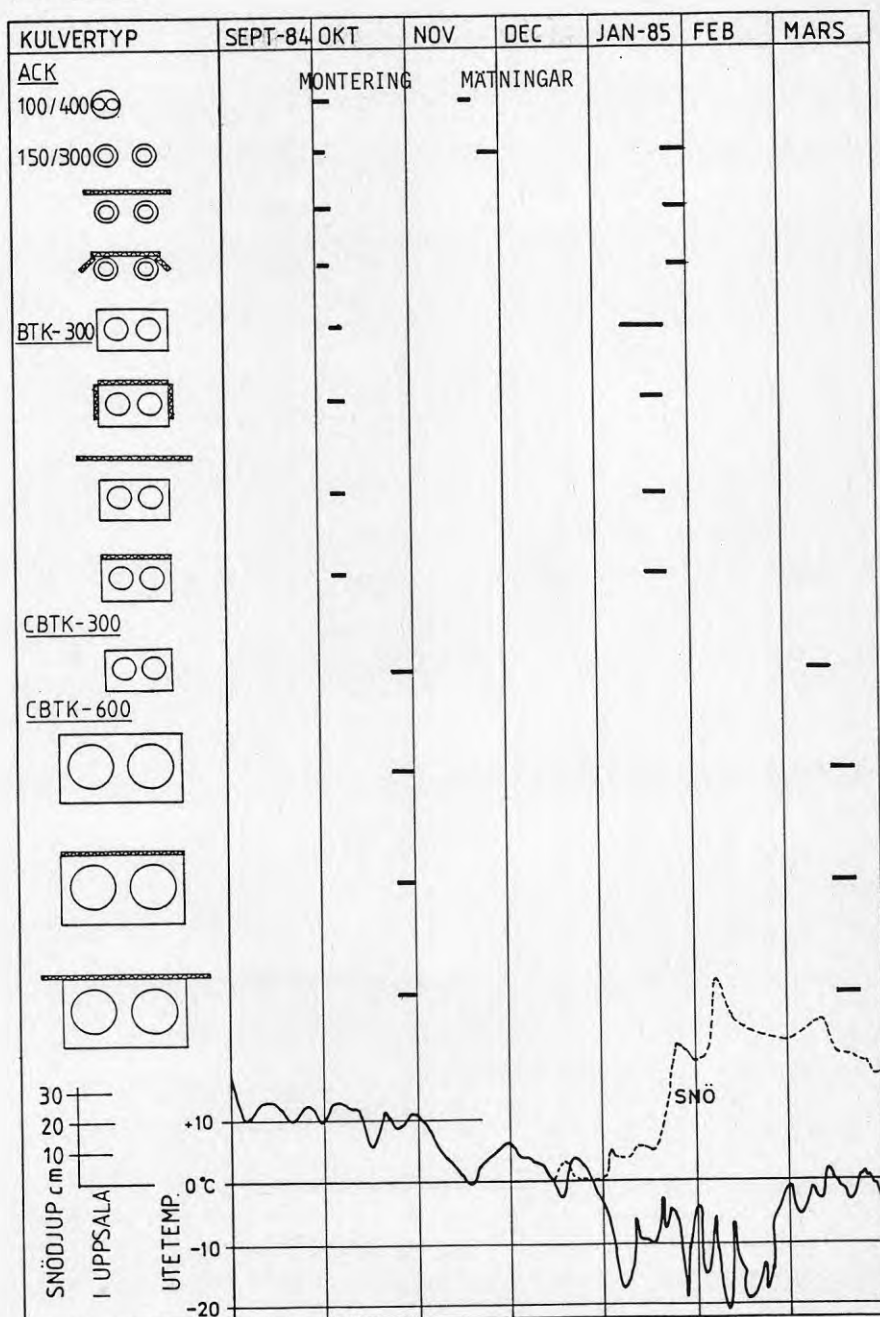
Tabell nr 4:3

n år	Räntesats, %									
	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60
1	1,2200	1,2400	1,2600	1,2800	1,3000	1,3500	1,4000	1,4500	1,5000	1,6000
2	0,6705	0,6864	0,7025	0,7186	0,7348	0,7755	0,8167	0,8582	0,9000	0,9846
3	0,4897	0,5047	0,5199	0,5352	0,5506	0,5897	0,6294	0,6697	0,7105	0,7938
4	0,4010	0,4159	0,4310	0,4462	0,4616	0,5008	0,5408	0,5816	0,6231	0,7080
5	0,3492	0,3642	0,3795	0,3949	0,4106	0,4505	0,4914	0,5332	0,5758	0,6633
6	0,3158	0,3311	0,3466	0,3624	0,3784	0,4193	0,4613	0,5043	0,5481	0,6380
7	0,2928	0,3084	0,3243	0,3405	0,3569	0,3988	0,4419	0,4861	0,5311	0,6232
8	0,2763	0,2923	0,3086	0,3251	0,3419	0,3849	0,4291	0,4743	0,5203	0,6143
9	0,2641	0,2805	0,2971	0,3140	0,3312	0,3752	0,4203	0,4665	0,5134	0,6089
10	0,2549	0,2716	0,2886	0,3059	0,3235	0,3683	0,4143	0,4612	0,5088	0,6055
11	0,2478	0,2649	0,2822	0,2998	0,3177	0,3634	0,4101	0,4577	0,5058	0,6034
12	0,2423	0,2596	0,2773	0,2953	0,3135	0,3598	0,4072	0,4553	0,5039	0,6021
13	0,2379	0,2556	0,2736	0,2918	0,3102	0,3572	0,4051	0,4536	0,5026	0,6013
14	0,2345	0,2524	0,2706	0,2891	0,3078	0,3553	0,4036	0,4525	0,5017	0,6008
15	0,2317	0,2499	0,2684	0,2871	0,3060	0,3539	0,4026	0,4517	0,5011	0,6005
16	0,2295	0,2479	0,2666	0,2855	0,3046	0,3529	0,4018	0,4512	0,5008	0,6003
17	0,2278	0,2464	0,2652	0,2843	0,3035	0,3521	0,4013	0,4508	0,5005	0,6002
18	0,2263	0,2451	0,2641	0,2833	0,3027	0,3516	0,4009	0,4506	0,5003	0,6001
19	0,2251	0,2441	0,2633	0,2826	0,3021	0,3512	0,4007	0,4504	0,5002	0,6001
20	0,2242	0,2433	0,2626	0,2820	0,3016	0,3509	0,4005	0,4503	0,5002	0,6000
25	0,2215	0,2411	0,2608	0,2806	0,3004	0,3502	0,4001	0,4500	0,5000	0,6000
30	0,2206	0,2404	0,2603	0,2802	0,3001	0,3500	0,4000	0,4500	0,5000	0,6000
40	0,2201	0,2400	0,2600	0,2800	0,3000	0,3500	0,4000	0,4500	0,5000	0,6000
50	0,2200	0,2400	0,2600	0,2800	0,3000	0,3500	0,4000	0,4500	0,5000	0,6000
60	0,2200	0,2400	0,2600	0,2800	0,3000	0,3500	0,4000	0,4500	0,5000	0,6000

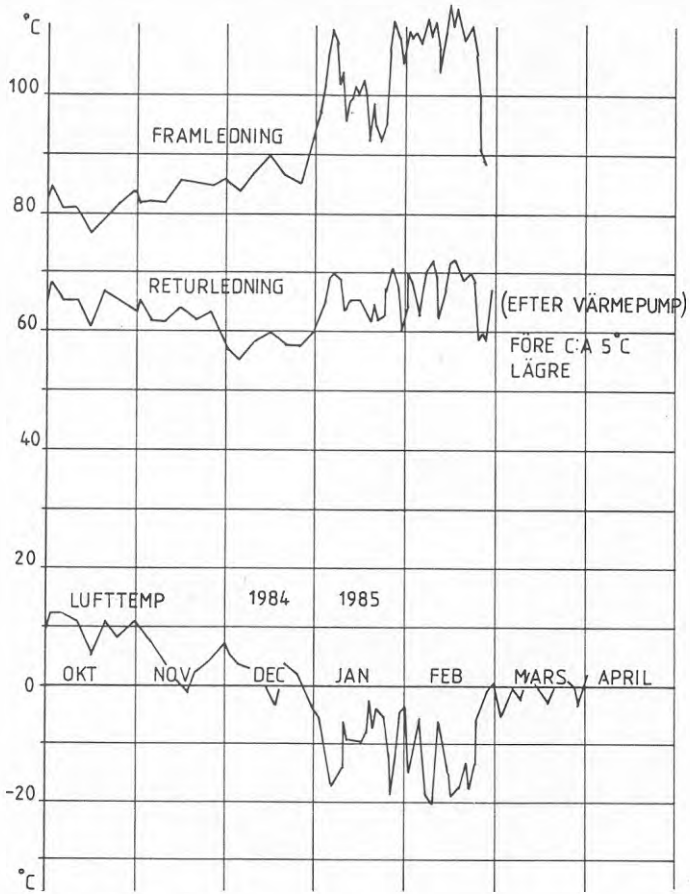
10. TEMPERATURMÄTNINGAR

10.1 Tidschema för mätprogrammet.

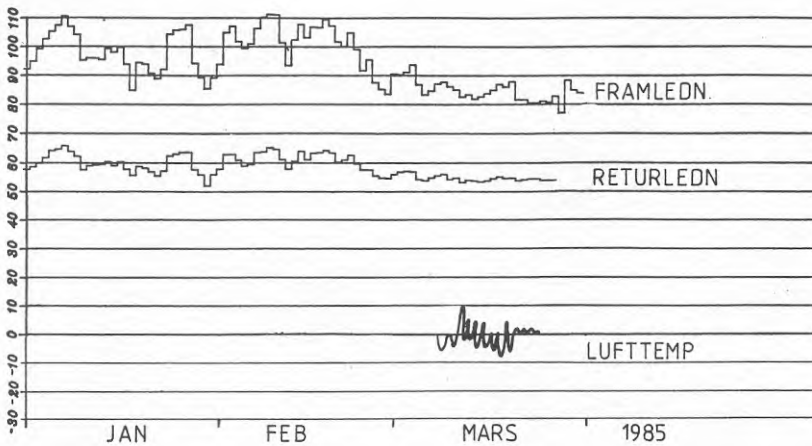
Figur nr 10.



10.2 Driftstatistik och lufttemperatur

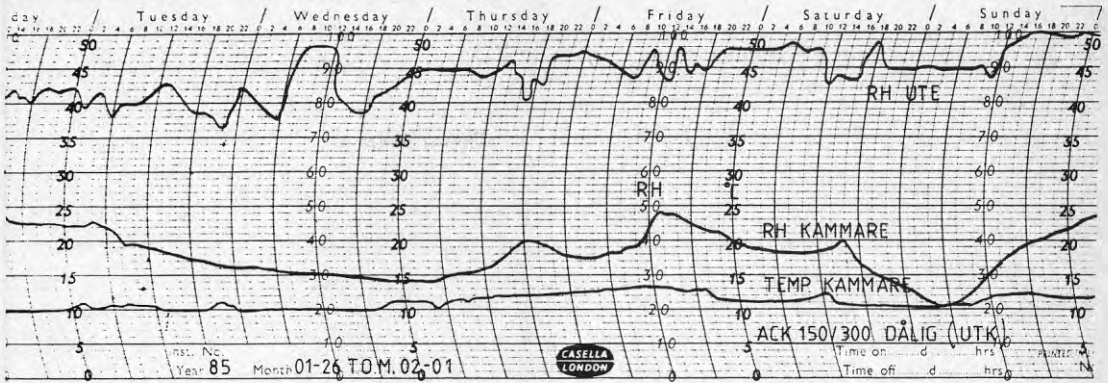


Figur nr 11. Driftstatistik för Uppsala

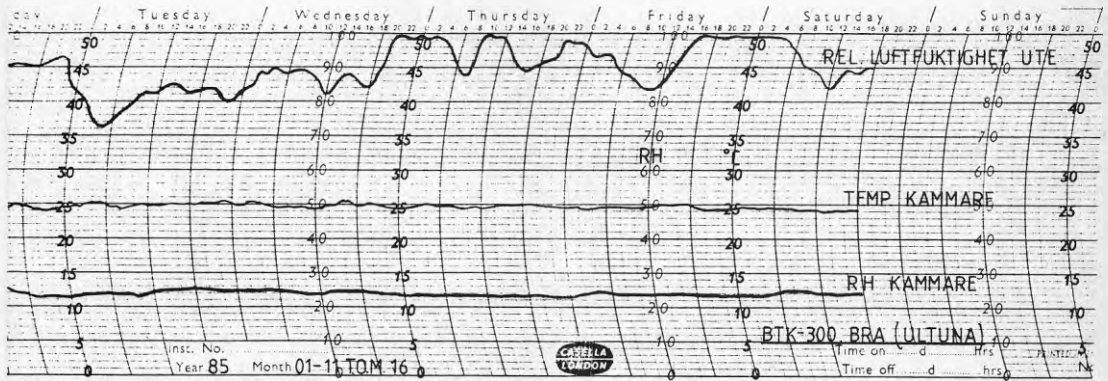


Figur nr 12. Driftstatistik för Västerås

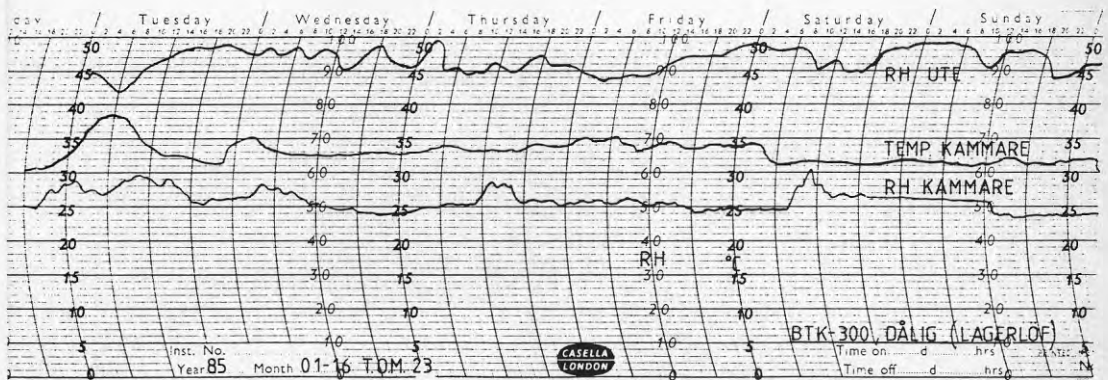
10.3 Fukt och temperatur i kammare.



Figur nr 13. Dålig ACK 150/300



Figur nr 14. Bra BTK-300.

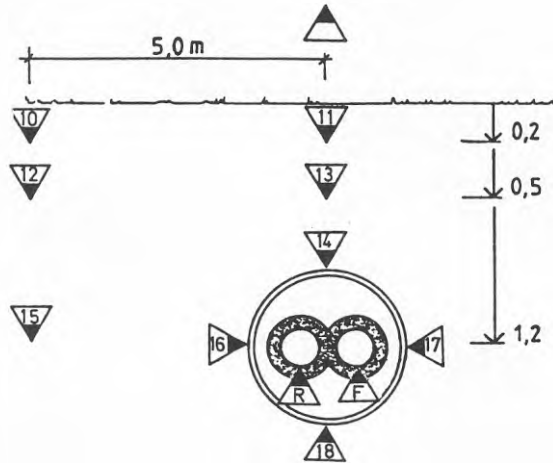


Figur nr 15. Mycket dålig BTK-300. Ventilatorerande fläkt inkopplad.

10.4 Placering av termoelement

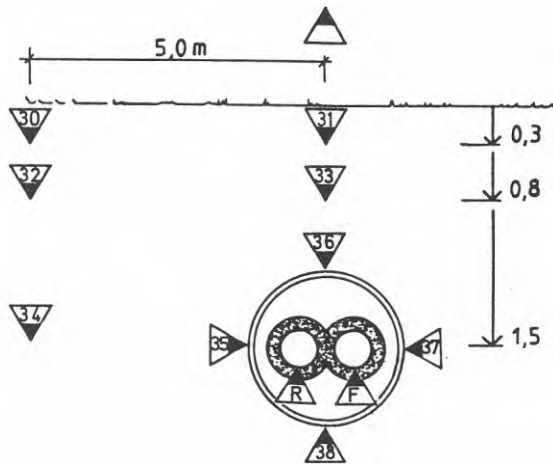
ACK 100/400. Bra kulvert

Tillhörande temperaturregistrering sid.87 - 88



ACK 100/400. Vattenskadad.

Tillhörande temperaturregistrering sid.89 - 90

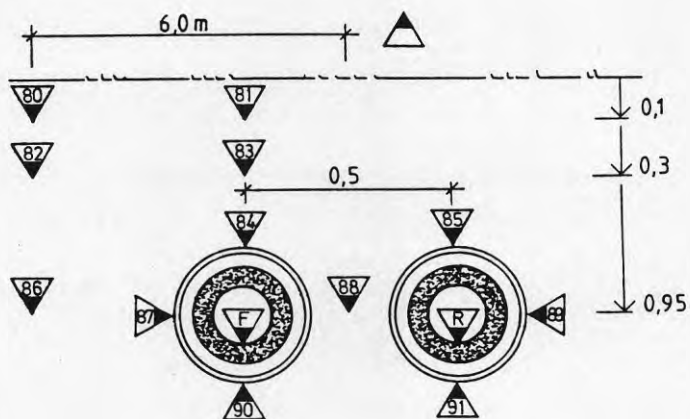


ANVISNING: Siffrorna inom triangelarna motsvarar termoelementens mätpunktsnummer. Dessa utgör identifikationen i efterföljande temperaturdiagram, t.ex. T 36 som betecknar termoelementet på ovansidan av ACK 100/400.

Placering av termoelement

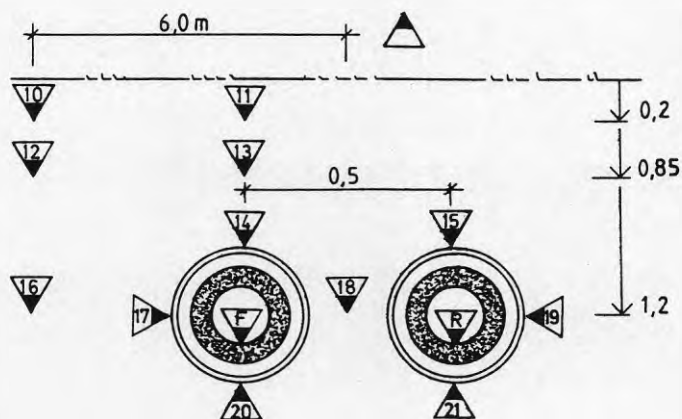
ACK 150/300. Bra kulvert

Tillhörande temperaturregistrering sid. 91 - 92



ACK 150/300. Vattenskadad.

Tillhörande temperaturregistrering sid. 93 - 94 och 95 - 101

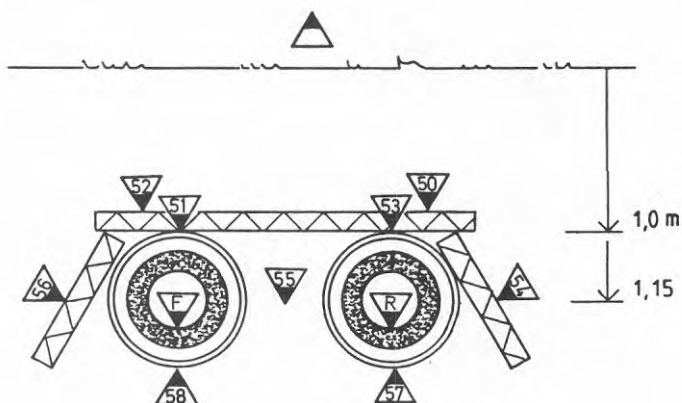


OBS: Siffrorna inom triangelarna motsvarar termoelementens mätpunktsnummer i de följande temperaturdiagrammen.

Placering av termoelement

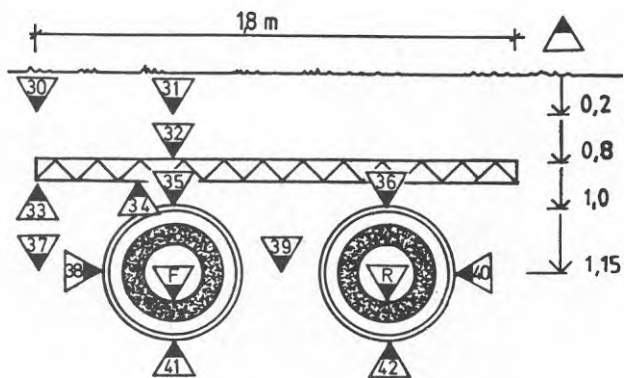
ACK 150/300. Vattenskadad med tilläggsisolering

Tillhörande temperaturregistrering sid.95 - 101



ACK 150/300. Vattenskadad med tilläggsisolering

Tillhörande temperaturregistrering sid.102 - 104

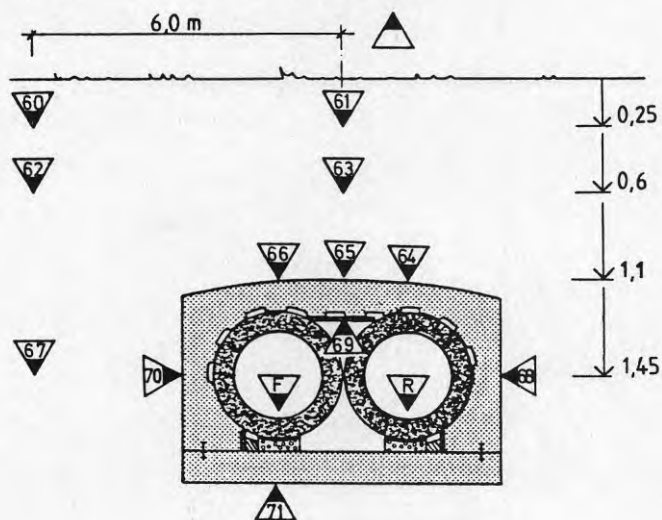


OBS! Siffrorna inom triangelarna motsvarar termoelementens mätpunktsnummer i de följande temperaturdiagrammen.

Placering av termoelement

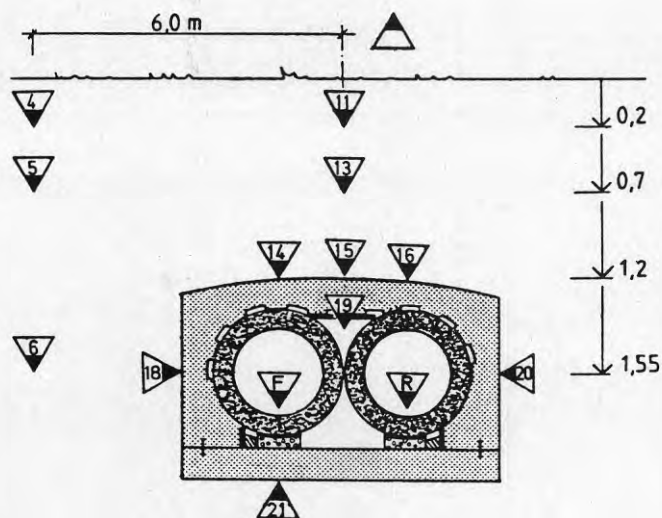
BTK 300. Bra kulvert.

Tillhörande temperaturregistrering sid.105 - 111



BTK 300. Dålig kulvert.

Tillhörande temperaturregistrering sid.112 - 122

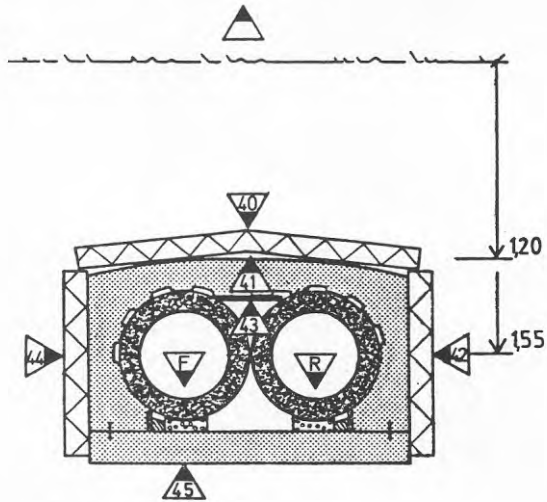


OBS! Siffrorna inom triangelarna motsvarar termoelementens mätpunktsnummer i de följande temperaturdiagrammen.

Placering av termoelement

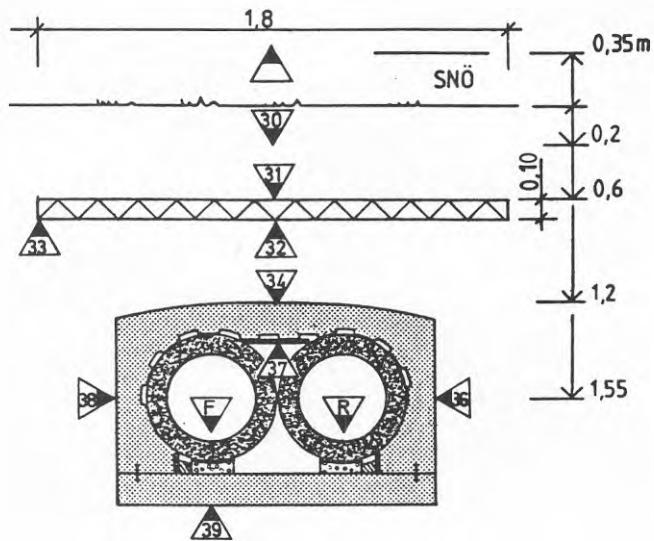
BTK 300. Dålig kulvert med tilläggsisolering.

Tillhörande temperaturregistrering sid.123 - 130



BTK 300. Dålig kulvert med tilläggsisolering.

Tillhörande temperaturregistrering sid. 123 - 130

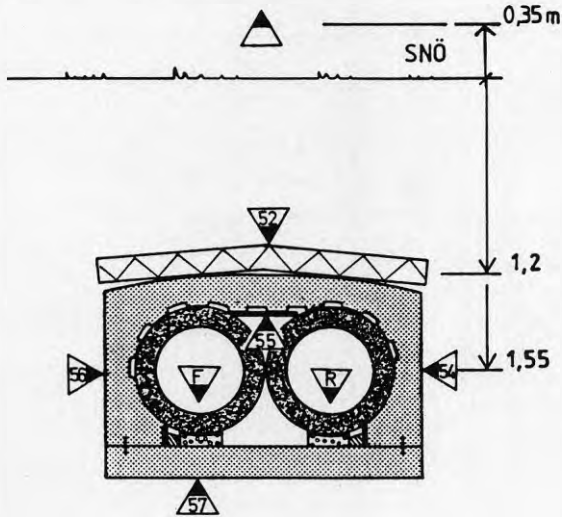


OBS! Siffrorna inom triangelarna motsvarar termoelementens mätpunktsnummer i de följande temperaturdiagrammen.

Placering av termoelement

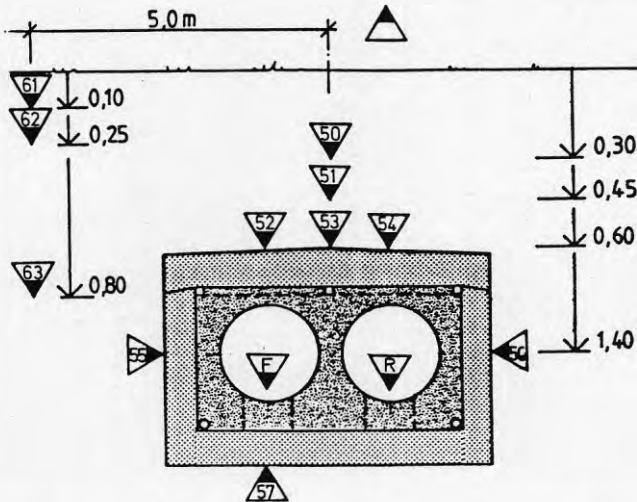
BTK 300. Dålig kulvert med tilläggsisolering

Tillhörande temperaturregistrering sid.116 - 122



CBTK 300. Bra kulvert.

Tillhörande temperaturregistrering sid.131 - 135

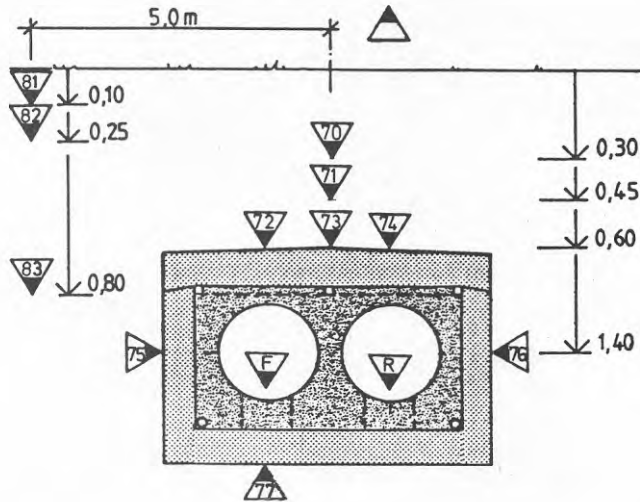


OBS! Siffrorna inom triangelarna motsvarar termoelementens mätpunktsnummer i de följande temperaturdiagrammen.

Placering av termoelement

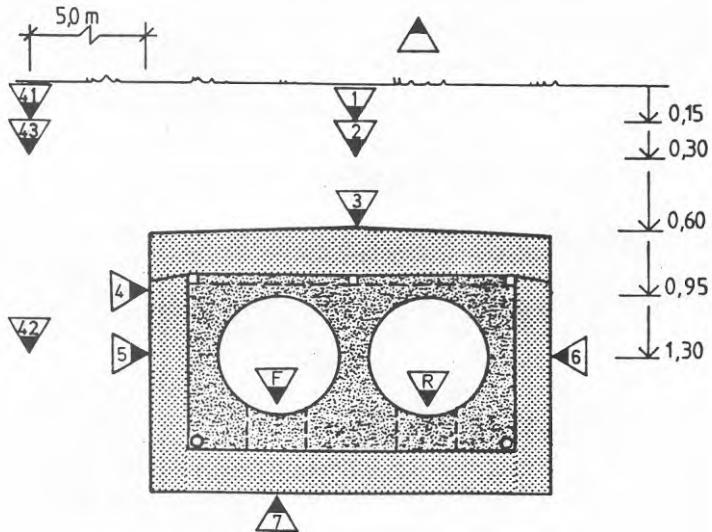
CBTK 300. Vattenskadad kulvert.

Tillhörande temperaturregistrering sid. 136 - 140



CBTK 600. Vattenskadad kulvert.

Tillhörande temperaturregistrering sid 141 - 145

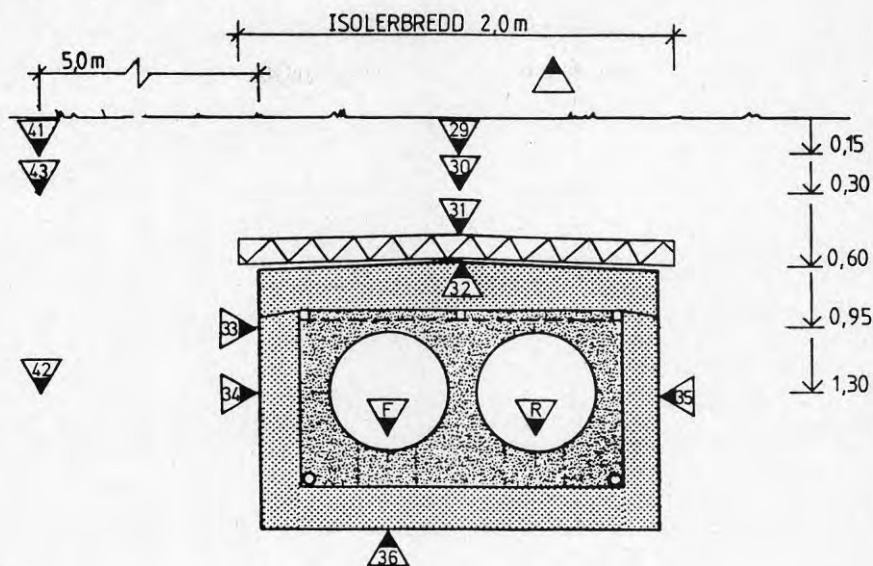


OBS! Siffrorna inom trianglarna motsvarar termoelementens mätpunktnummer i de följande temperaturdiagrammen.

Placering av termoelement

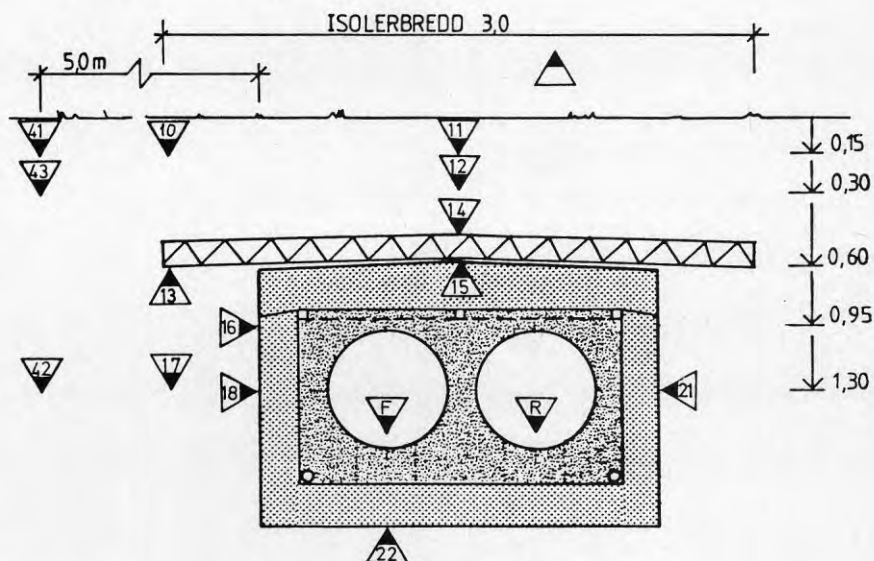
CBTK 600. Vattenskadad med tilläggsisolering.

Tillhörande temperaturregistrering sid. 141 - 145



CBTK 600. Vattenskadad med tilläggsisolering.

Tillhörande temperaturregistrering sid. 146 - 152

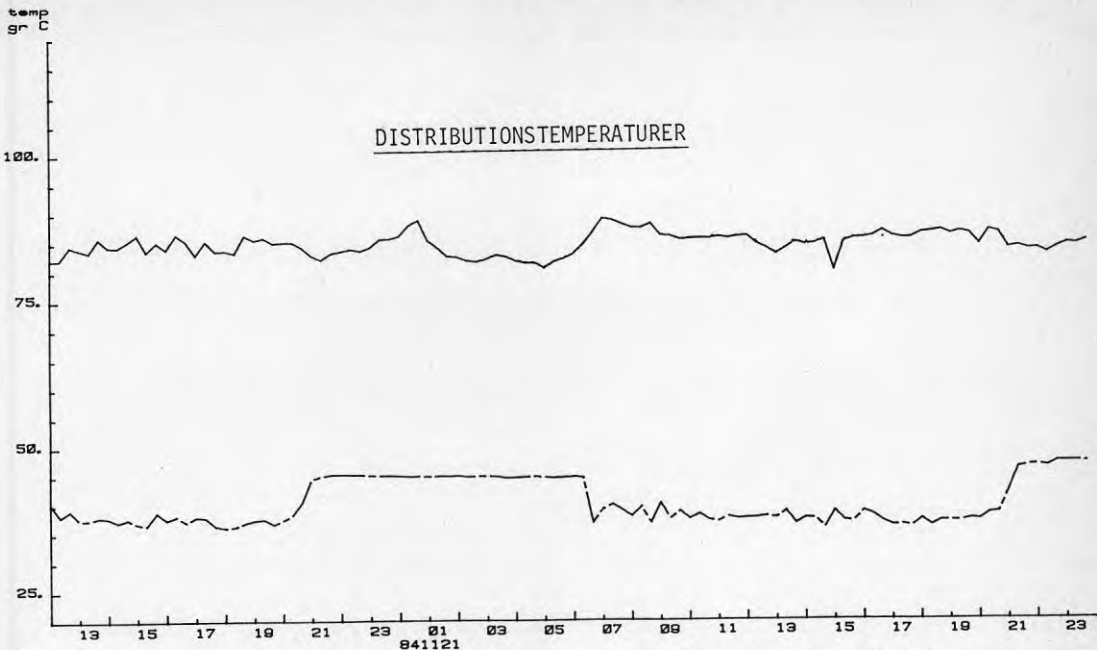


OBS! Siffrorna inom triangelarna motsvarar termoelementens mätpunktsnummer i de följande temperaturdiagrammen.

10.5 Temperaturregistreringar

3. FF FRAML.

4. FR RETURL.

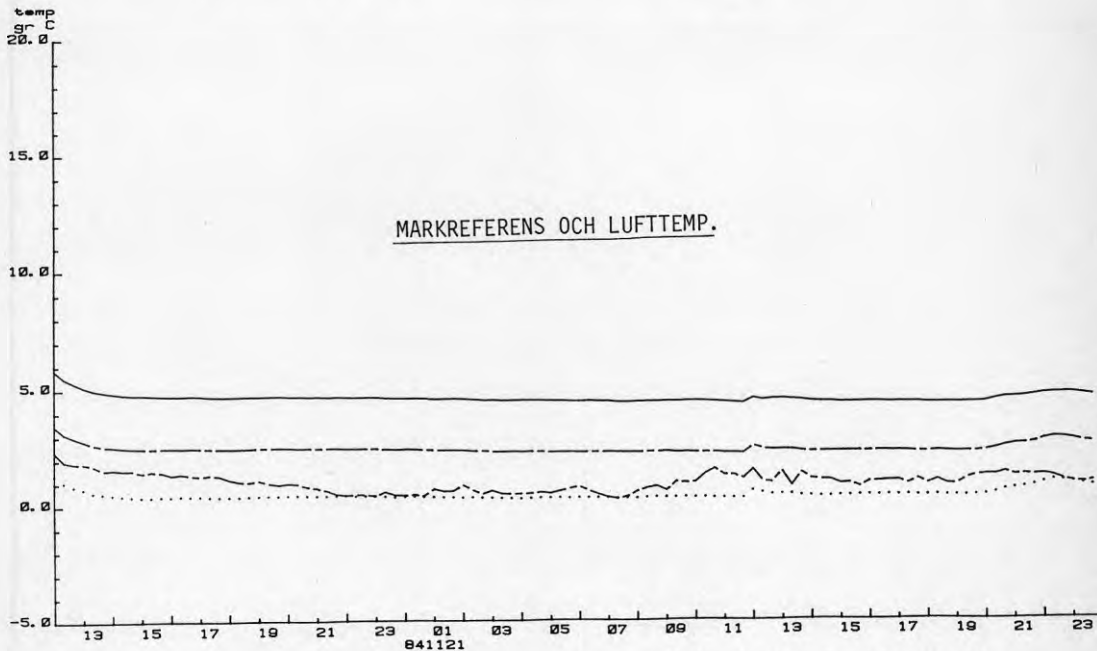


BRA ACK 2x100/400
841120 120100 - 841121 234100



10. T15 REF 1.15 M
7. T12 REF 0.50 M

5. T10 REF 0.0 M
2. UTETEMP



BRA ACK 2x100/400
841120 120100 - 841121 234100

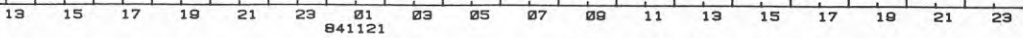
8. T13 M 0.50

8. T11 M 0.20

temp
gr C



OVANFÖR KULVERTEN



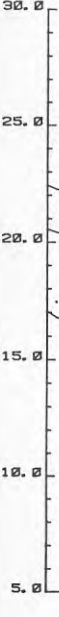
841121

BRA ACK 2x100/400
841120 120100 - 841121 234100

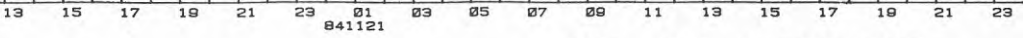
13. T18 UNDER
12. T17 SIDA FF

11. T16 SIDA FR
9. T14 OVAN

temp
gr C



RUNT KULVERTEN

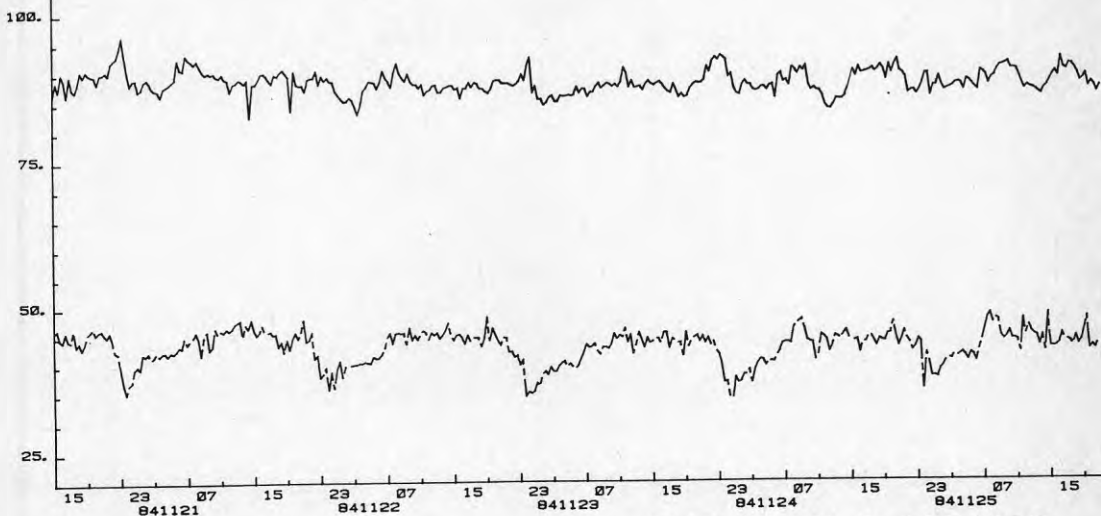


841121

BRA ACK 2x100/400
841120 120100 - 841121 234100

3. FF FRAML.

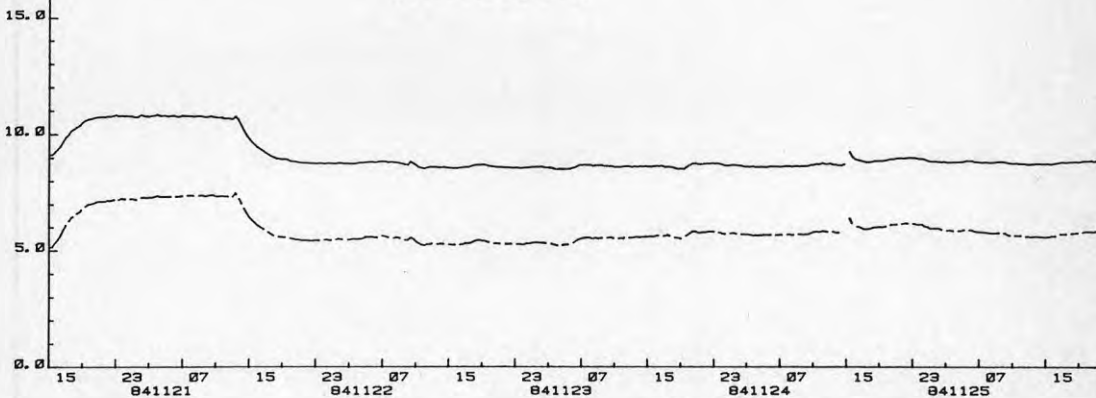
4. FR RETURL.

temp
gr CDISTRIBUTIONSTEMPERATURER

DALIG ACK 2x100/400
841120 140100 - 841125 200100

5. T33 M Ø. 80

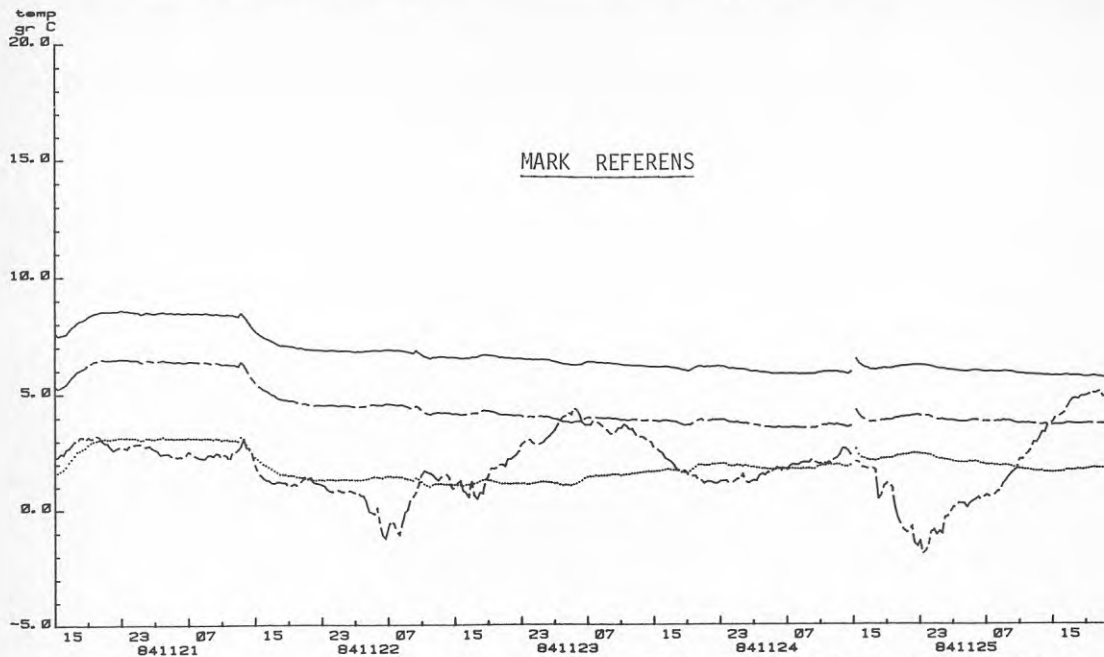
6. T31 M Ø. 50

temp
gr COVANFÖR KULVERT

DALIG ACK 2x100/400
841120 140100 - 841125 200100

_____ 9. T34 REF 1.45 M
 - - - - - 7. T32 REF 0.00 M

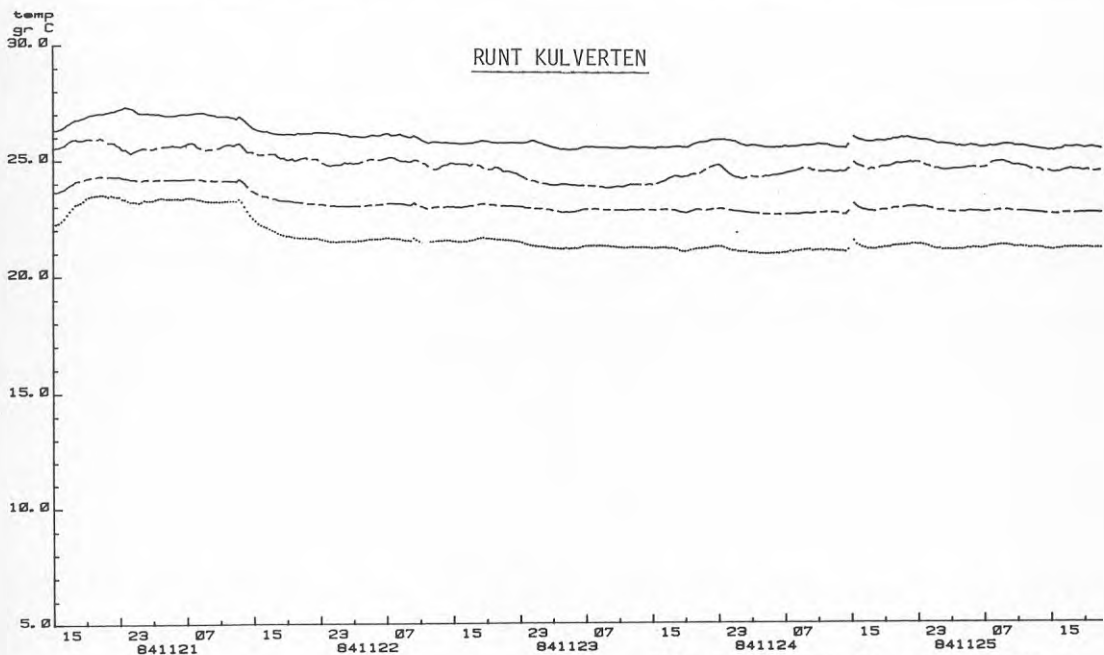
..... 5. T30 REF 0.30 M
 - - - - - 2. UTETEMP



DALIG ACK 2x100/400
841120 140100 - 841125 200100

_____ 12. T37 SIDA FF
 - - - - - 11. T36 OV. SIDA

..... 13. T38 UNDER
 - - - - - 10. T35 SIDA FR

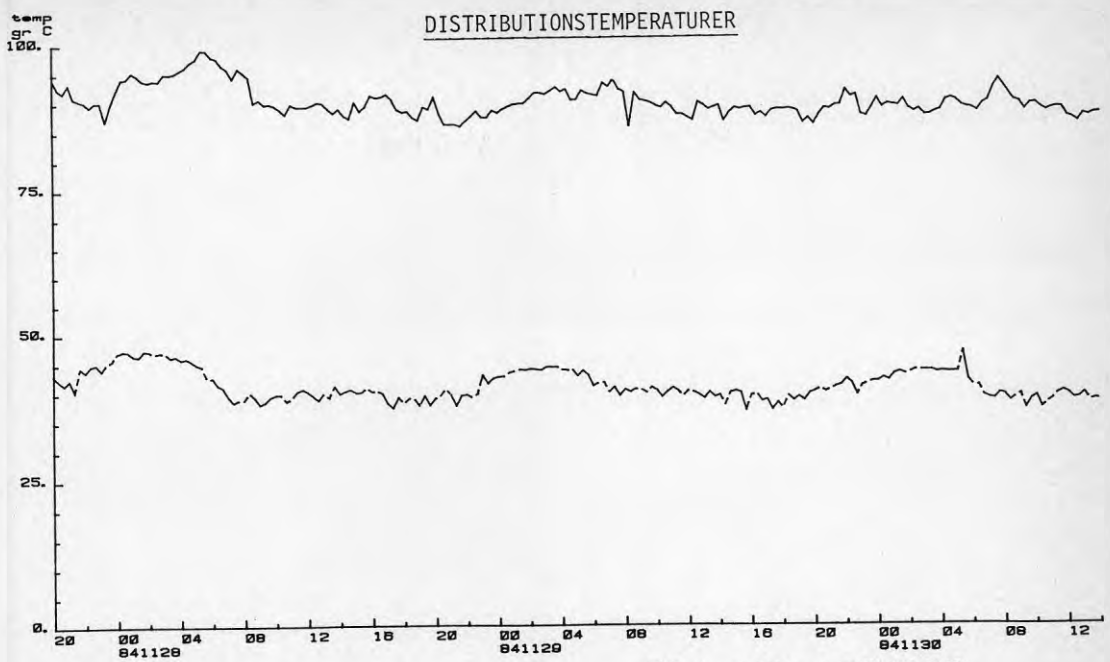


DÅLIG ACK 2x100/400
841120 140100 - 841125 200100

3. FF FRAML.

4. FR RETURL.

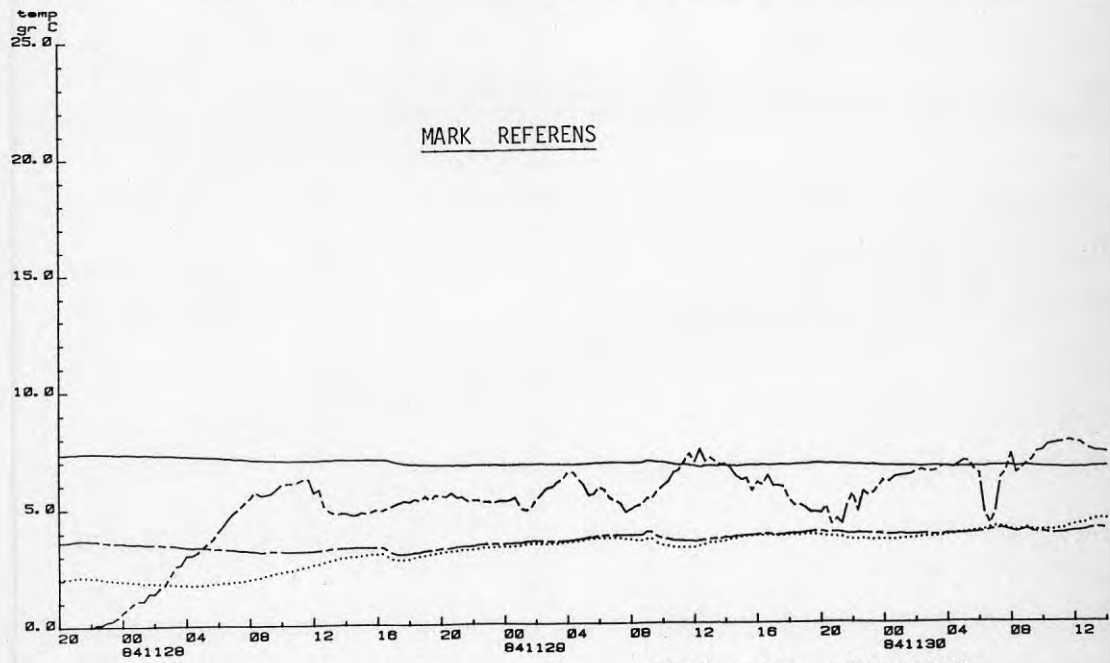
DISTRIBUTIONSTEMPERATURER



BRA ACK 150/300
841127 200000 - 841130 140000

11. T86 REF 0.05 M
7. T82 REF 0.30 M

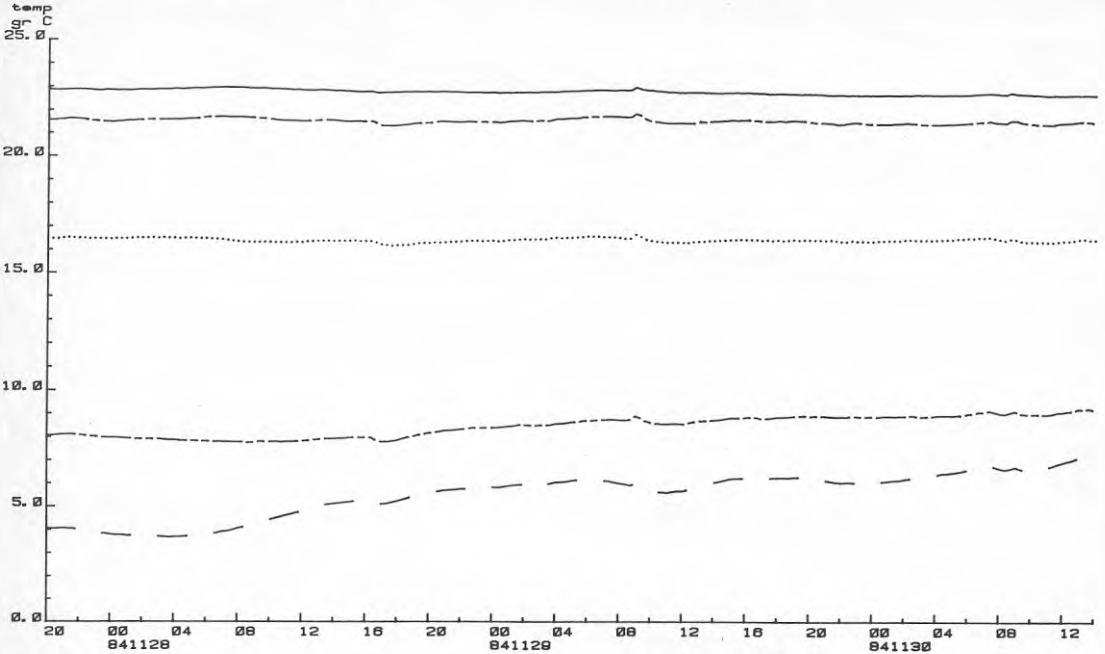
5. T80 REF 0.10 M
2. UTETEMP



BRA ACK 150/300
841127 200000 - 841130 140000

_____ 13. T88 MELLAN
 - - - - - 9. T84 OV. FF
 10. T85 OV. FR

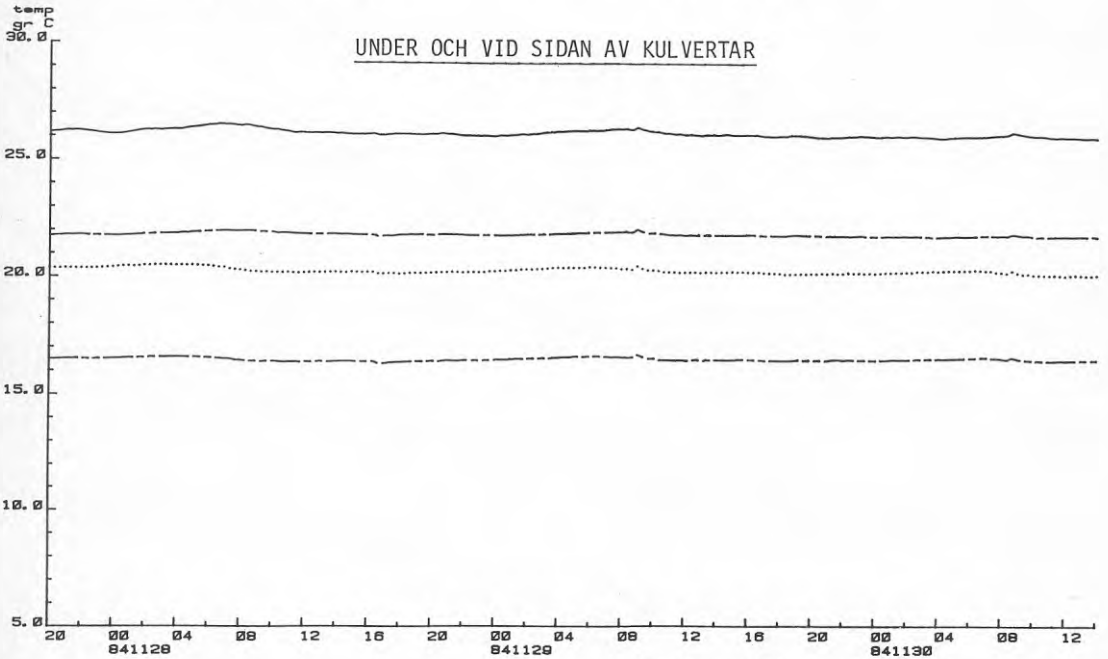
- - - - - 8. T83 M 0.30
 _____ 8. T81 M 0.10



BRA ACK 150/300
841127 200000 - 841130 140000

_____ 15. T90 UND FF
 - - - - - 12. T87 SID FF

..... 16. T91 UND FR
 - - - - - 14. T89 SID FR

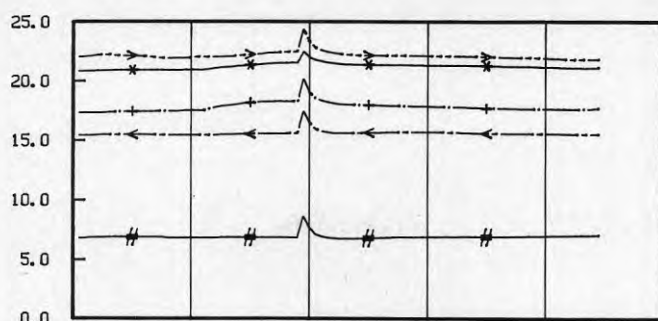


UNDER OCH VID SIDAN AV KULVERTAR

BRA ACK 150/300
841127 200000 - 841130 140000

DÅLIG ACK 150/300

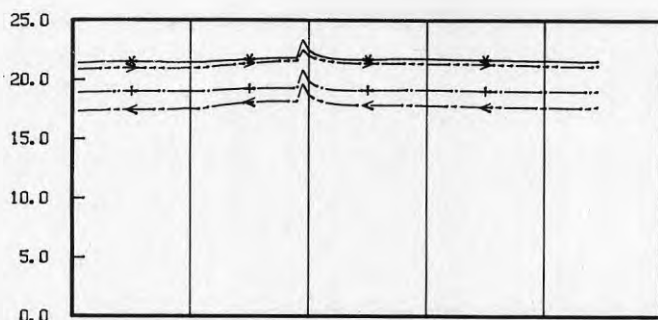
IL-data 850531



Index:

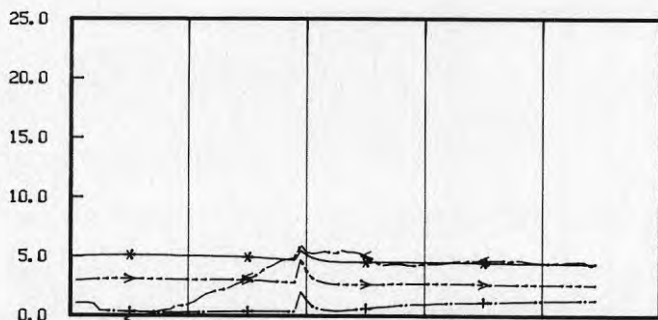


- *- 12. T18 MELLAN
- >- 9. T14 OV. FF
- +- 10. T15 OV. FR
- <- 8. T13 M 0.85
- #- 6. T11 M 0.20



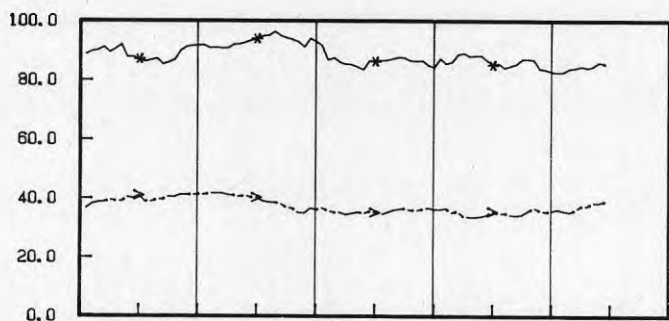
Index:

- *- 15. T20 UND FF
- >- 12. T17 SID FF
- +- 16. T21 UND FR
- <- 14. T19 UND FR



Index:

- *- 11. T16 R 1.15
- >- 7. T12 R 0.85
- +- 5. T10 R 0.20
- <- 2. UTETEMP



Index:

- *- 3. FF FRAML.
- >- 4. FR RETURL.

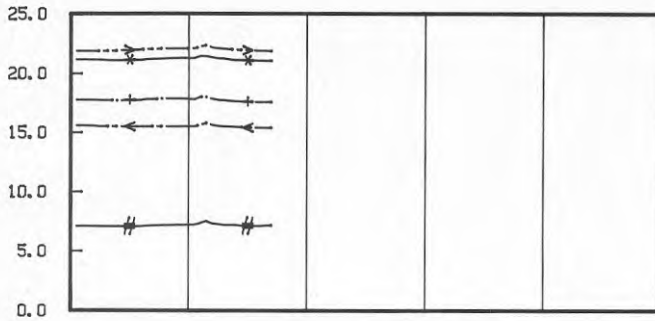
0 20 40 60 80 100 = TIDSPERIODER

841127-200153 -- 841129-012153 = 29 TIM 21 MIN

(89- lagr. dT= 1200 s) = 88 PERIODER a' 20 MIN

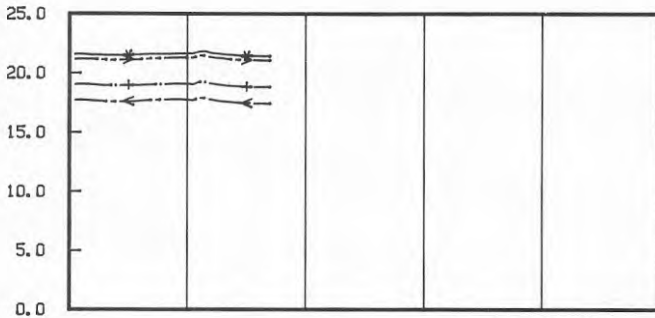
DÄLIG ACK 150/300

IL-data 850531



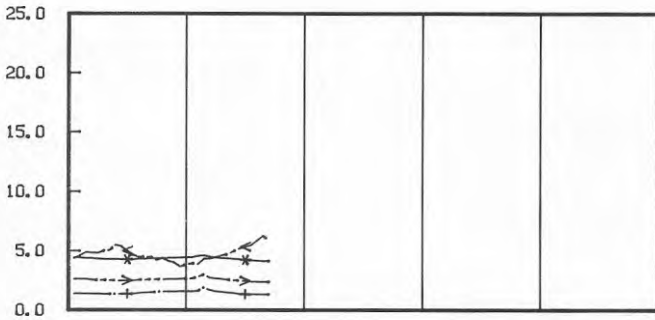
Index:

- * 12. T18 MELLAN
- > 9. T14 OV. FF
- + 10. T15 OV. FR
- < 8. T13 M 0.85
- # 6. T11 M 0.20



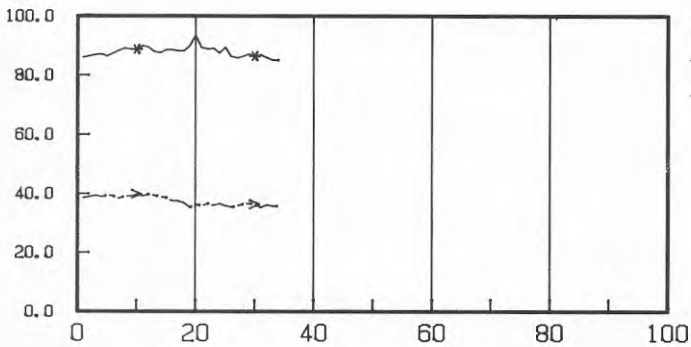
Index:

- * 15. T20 UND FF
- > 12. T17 SID FF
- + 16. T21 UND FR
- < 14. T19 UND FR



Index:

- * 11. T16 R 1.15
- > 7. T12 R 0.85
- + 5. T10 R 0.20
- < 2. UTETEMP



Index:

- * 3. FF FRAML.
- > 4. FR RETURL.

841129-014153 -- 841129-124153

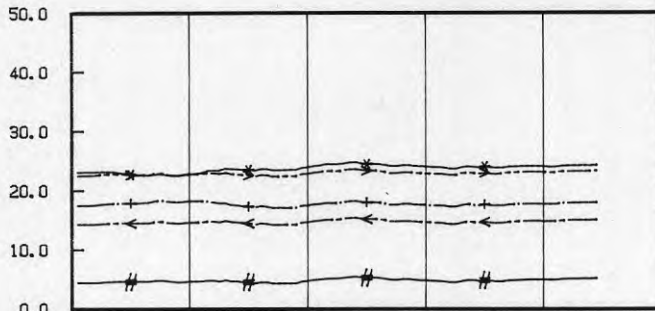
(34- lagr. dT= 1200 s)

DÄLIG ISO ACK150/300



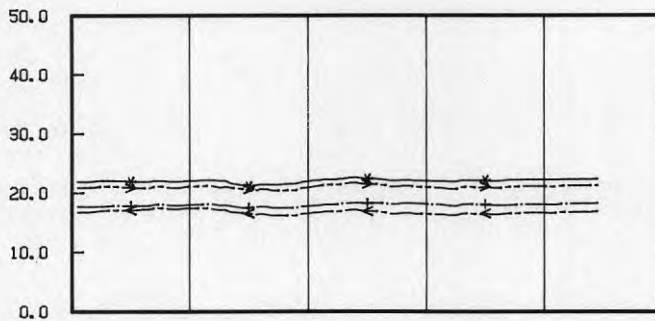
IL-data 850531

REF. STRÄCKA PKT 11-21



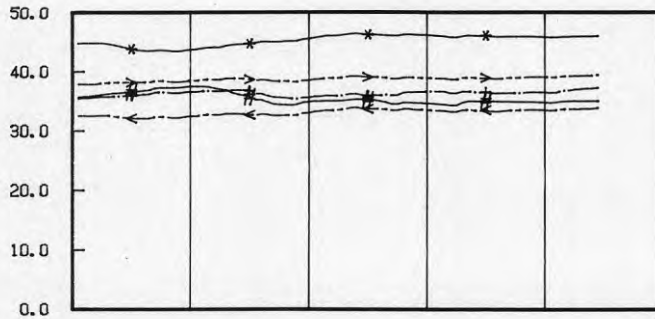
Index:

- *- 5. T14 OV. FF
- >- 8. T18 MELLAN
- +- 6. T15 OV. FR
- <- 4. T13 M O. 85
- #- 3. T11 M. O. 20



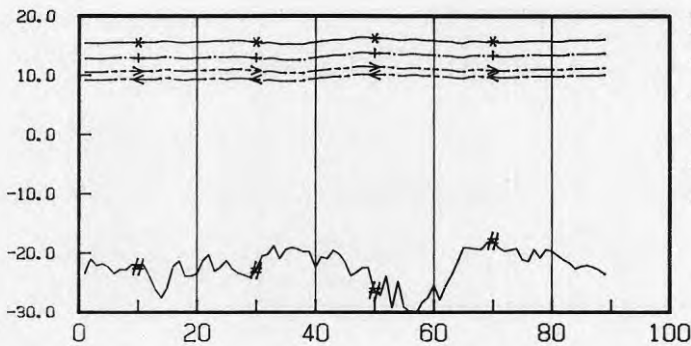
Index:

- *- 10. T20 UND FF
- >- 7. T17 SID FF
- +- 11. T21 UND FR
- <- 9. T19 SID FR



Index:

- *- 13. T51 OV. FF
- >- 17. T55 MELLAN
- +- 20. T58 UND FF
- <- 19. T57 UND FR
- #- 15. T53 OV. FR



Index:

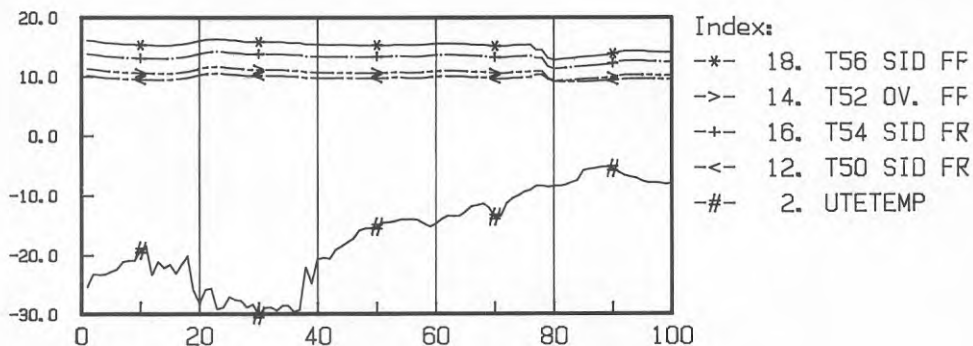
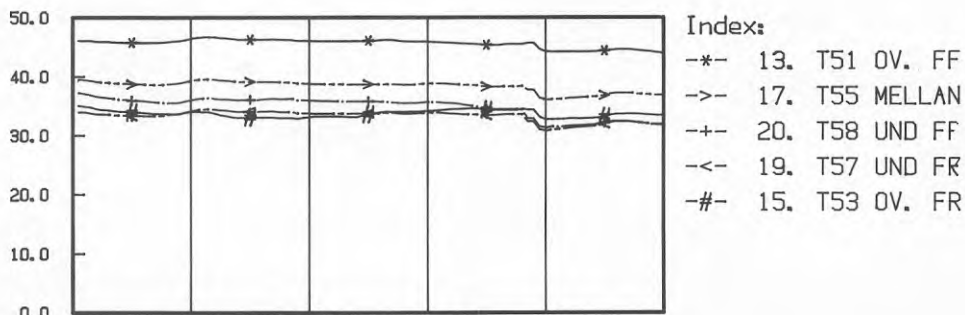
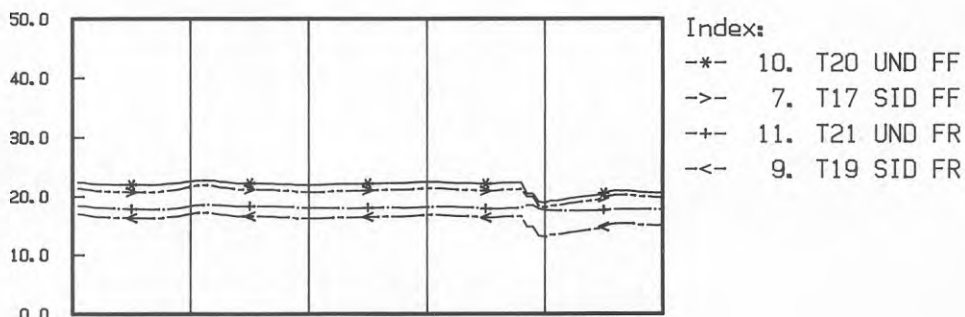
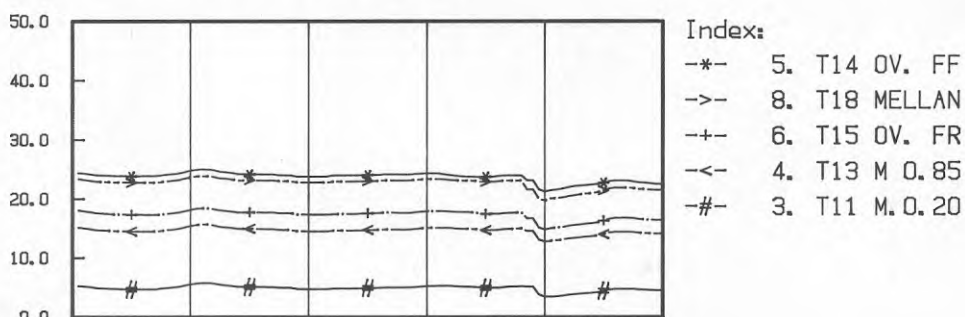
- *- 18. T56 SID FF
- >- 14. T52 OV. FF
- +- 16. T54 SID FR
- <- 12. T50 SID FR
- #- 2. UTETEMP

850125-214211 -- 850127-084211

(89- lagr. dT= 1200 s)

DÄLIG ISO ACK150/300

IL-data 850531

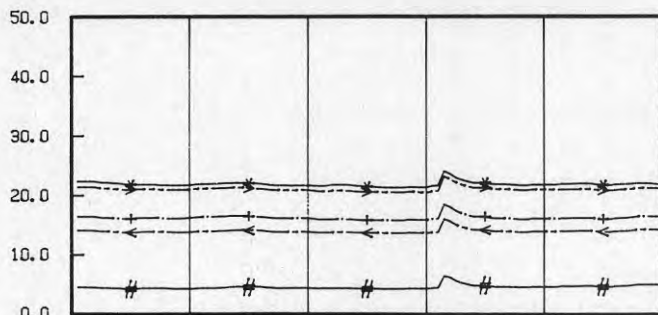


850127-090211 -- 850128-184211

(100- lagr. dT= 1200 s)

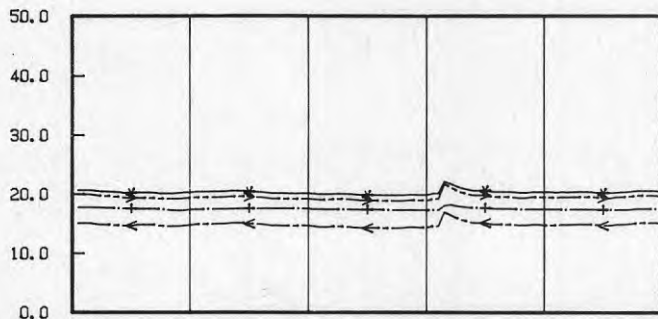
DÄLIG ISO ACK150/300

IL-data 850531



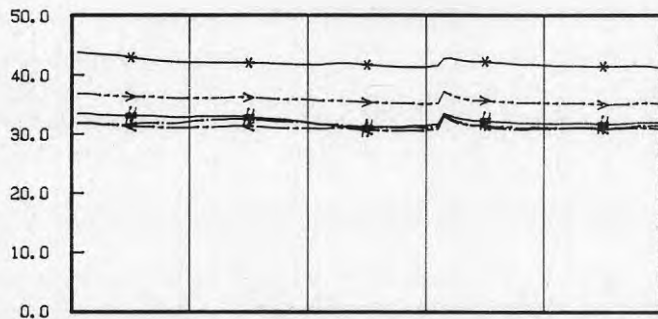
Index:

- *- 5. T14 OV. FF
- >- 8. T18 MELLAN
- +- 6. T15 OV. FR
- <- 4. T13 M O. 85
- #- 3. T11 M. O. 20



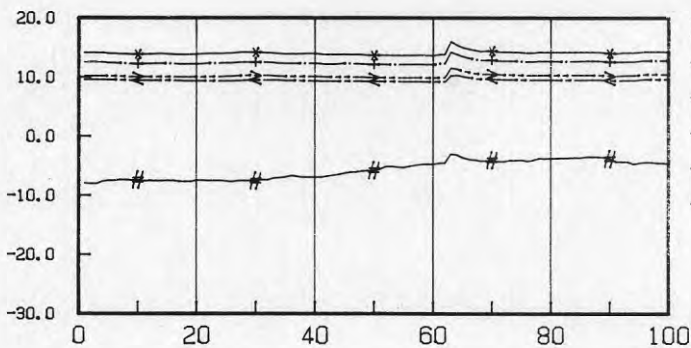
Index:

- *- 10. T20 UND FF
- >- 7. T17 SID FF
- +- 11. T21 UND FR
- <- 9. T19 SID FR



Index:

- *- 13. T51 OV. FF
- >- 17. T55 MELLAN
- +- 20. T58 UND FF
- <- 19. T57 UND FR
- #- 15. T53 OV. FR



Index:

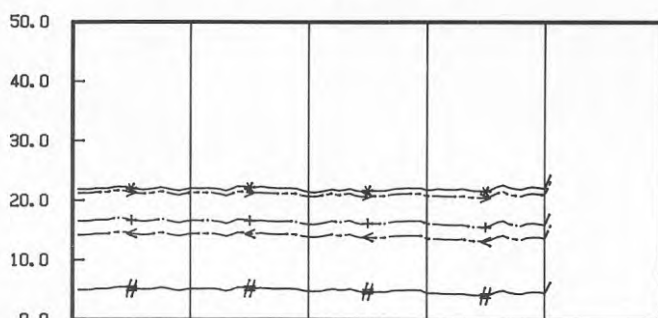
- *- 18. T56 SID FF
- >- 14. T52 OV. FF
- +- 16. T54 SID FR
- <- 12. T50 SID FR
- #- 2. UTETEMP

850128-190211 -- 850130-040211

(100- lagr. dT= 1200 s)

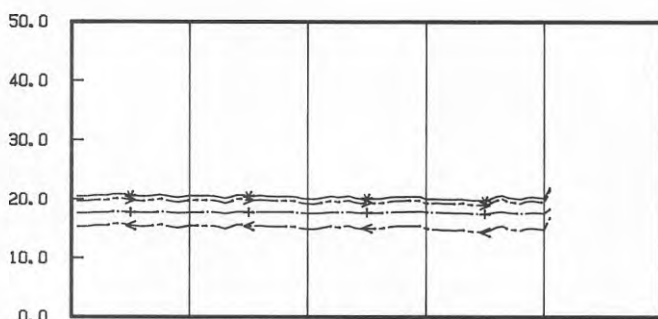
°
DÄLIG ISO ACK150/300

IL-data 850531



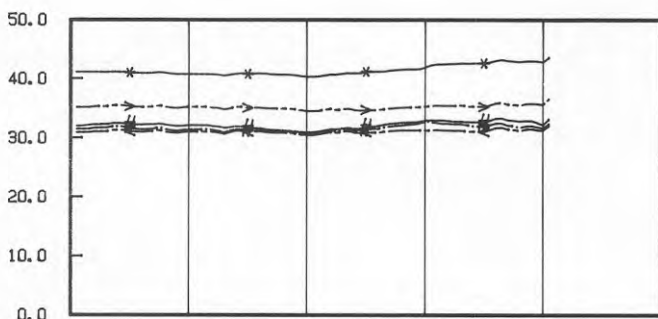
Index:

- *- 5. T14 OV. FF
- >- 8. T18 MELLAN
- +- 6. T15 OV. FR
- <- 4. T13 M O. 85
- #- 3. T11 M. O. 20



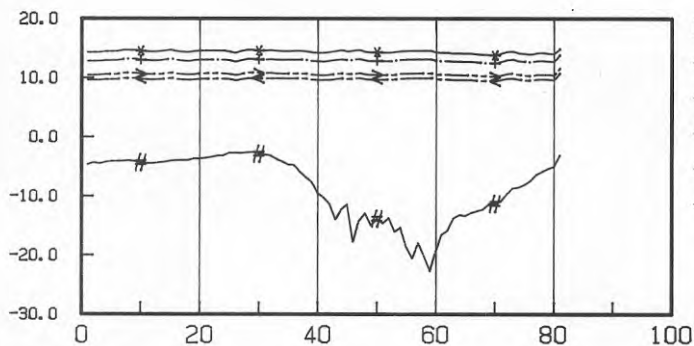
Index:

- *- 10. T20 UND FF
- >- 7. T17 SID FF
- +- 11. T21 UND FR
- <- 9. T19 SID FR



Index:

- *- 13. T51 OV. FF
- >- 17. T55 MELLAN
- +- 20. T58 UND FF
- <- 19. T57 UND FR
- #- 15. T53 OV. FR



Index:

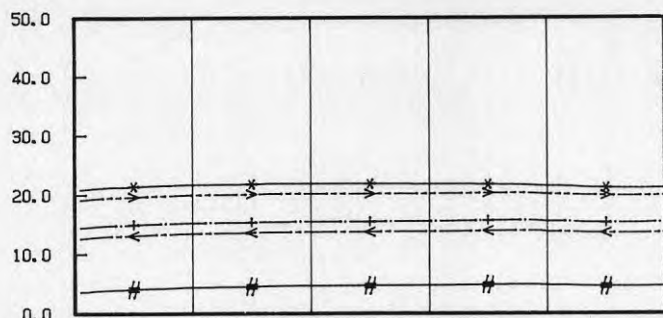
- *- 18. T56 SID FF
- >- 14. T52 OV. FF
- +- 16. T54 SID FR
- <- 12. T50 SID FR
- #- 2. UTETEMP

850130-042211 -- 850131-142211

(81- lagr. dT= 1200 s)

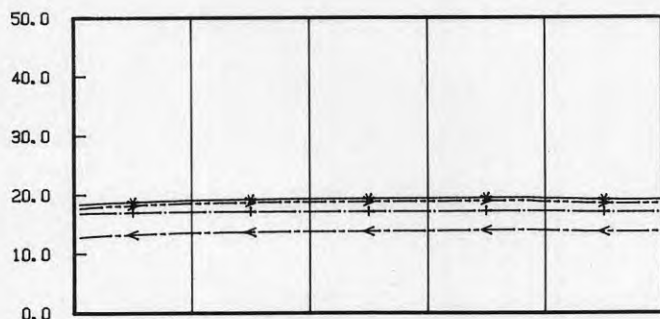
DÄLIG ISO ACK150/300

IL-data 850531



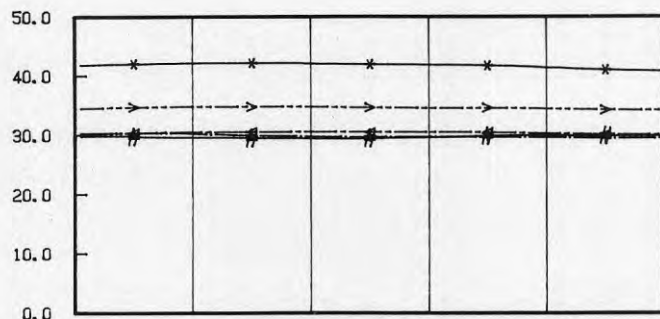
Index:

- *- 5. T14 OV. FF
- >- 8. T18 MELLAN
- +- 6. T15 OV. FR
- <- 4. T13 M 0.85
- #- 3. T11 M. O. 20



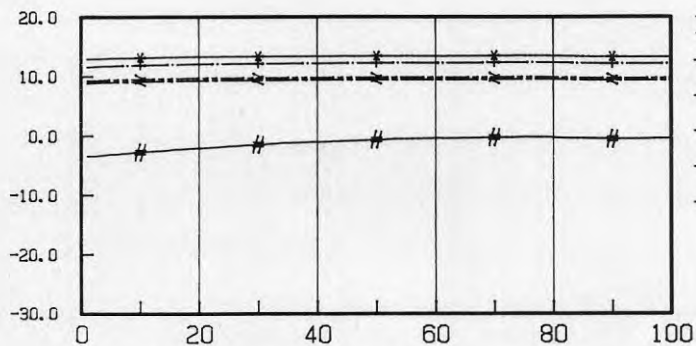
Index:

- *- 10. T20 UND FF
- >- 7. T17 SID FF
- +- 11. T21 UND FR
- <- 9. T19 SID FR



Index:

- *- 13. T51 OV. FF
- >- 17. T55 MELLAN
- +- 20. T58 UND FF
- <- 19. T57 UND FR
- #- 15. T53 OV. FR



Index:

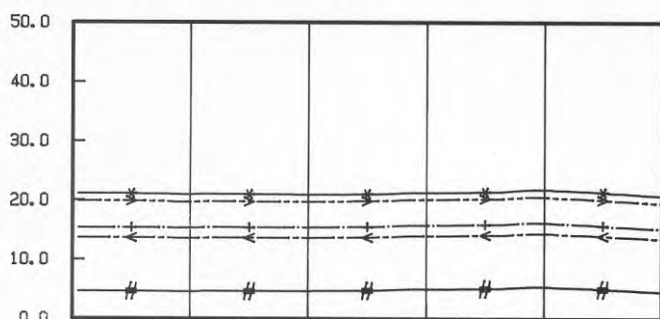
- *- 18. T56 SID FF
- >- 14. T52 OV. FF
- +- 16. T54 SID FR
- <- 12. T50 SID FR
- #- 2. UTETEMP

850131-161711 -- 850201-003211

(100- lagr. dT= 300 s)

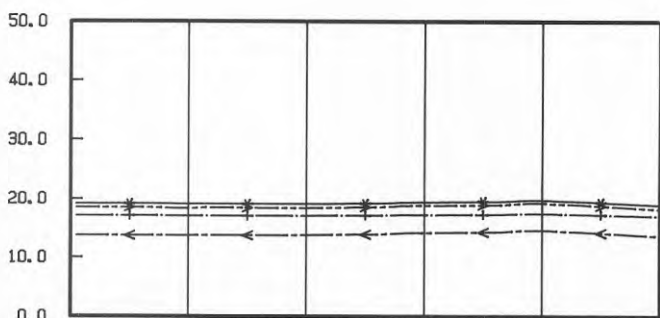
DÄLIG ISO ACK150/300

IL-data 850531



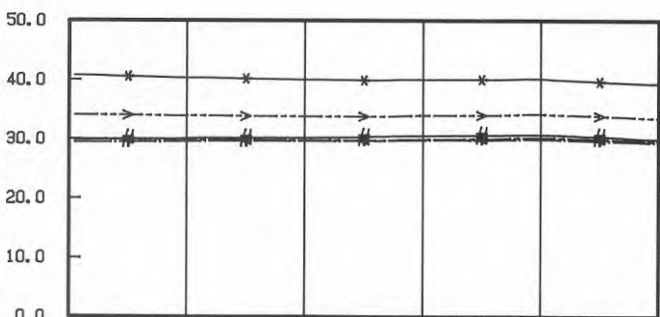
Index:

- *- 5. T14 OV. FF
- >- 8. T18 MELLAN
- +- 6. T15 OV. FR
- <- 4. T13 M O.85
- #- 3. T11 M.O.20



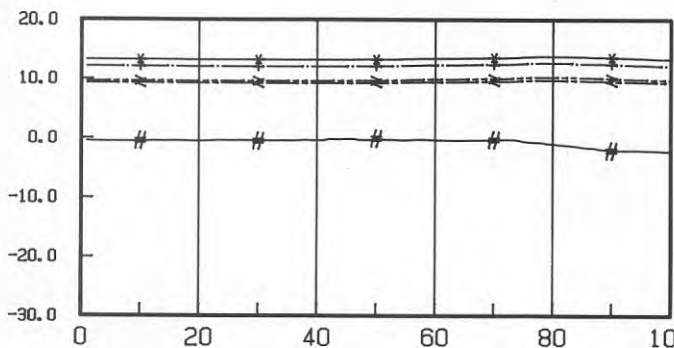
Index:

- *- 10. T20 UND FF
- >- 7. T17 SID FF
- +- 11. T21 UND FR
- <- 9. T19 SID FR



Index:

- *- 13. T51 OV. FF
- >- 17. T55 MELLAN
- +- 20. T58 UND FF
- <- 19. T57 UND FR
- #- 15. T53 OV. FR



Index:

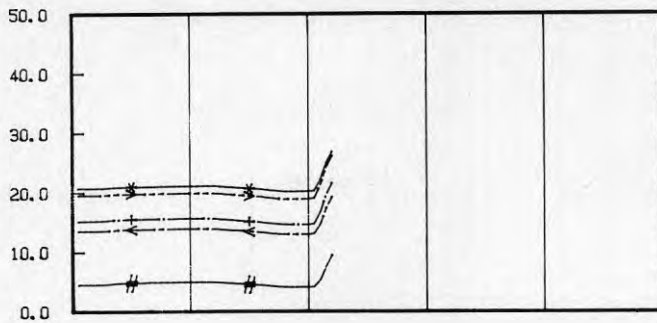
- *- 18. T56 SID FF
- >- 14. T52 OV. FF
- +- 16. T54 SID FR
- <- 12. T50 SID FR
- #- 2. UTETEMP

850201-003711 -- 850201-085211

(100- lagr. dT= 300 s)

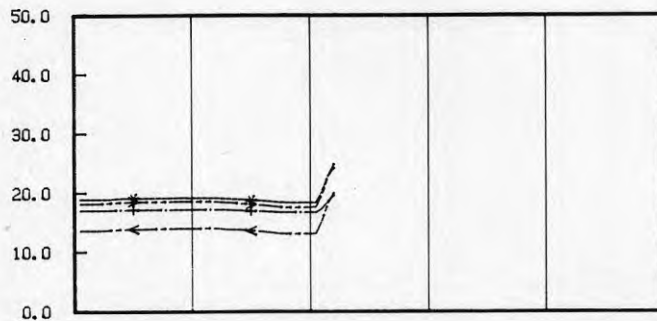
DALIG ISO ACK150/300

IL-data 850531



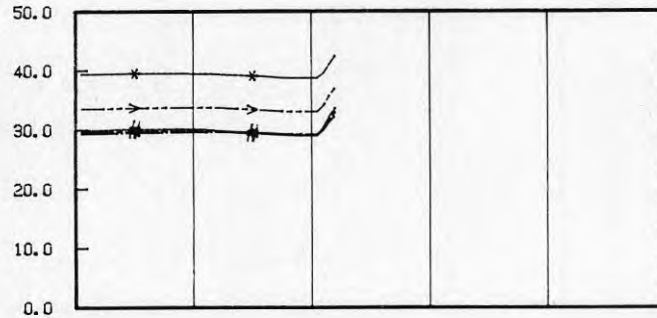
Index:

- *- 5. T14 OV. FF
- >- 8. T18 MELLAN
- + 6. T15 OV. FR
- <- 4. T13 M 0.85
- #- 3. T11 M. 0.20



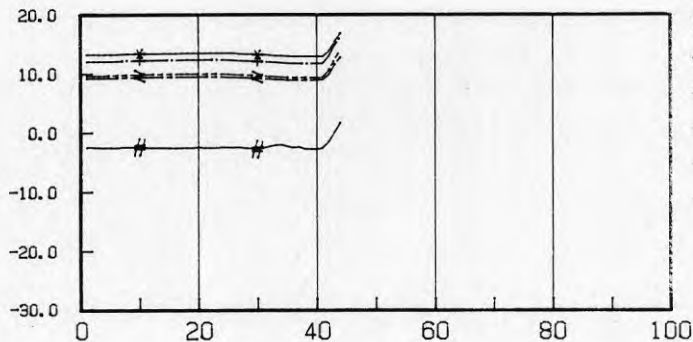
Index:

- *- 10. T20 UND FF
- >- 7. T17 SID FF
- + 11. T21 UND FR
- <- 9. T19 SID FR



Index:

- *- 13. T51 OV. FF
- >- 17. T55 MELLAN
- + 20. T58 UND FF
- <- 19. T57 UND FR
- #- 15. T53 OV. FR



Index:

- *- 18. T56 SID FF
- >- 14. T52 OV. FF
- + 16. T54 SID FR
- <- 12. T50 SID FR
- #- 2. UTETEMP

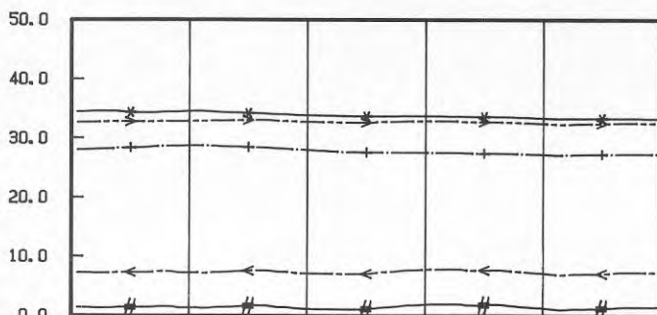
850201-085711 -- 850201-123211

(44- lagr. dT= 300 s)

DÄLIG ISO ACK150/300

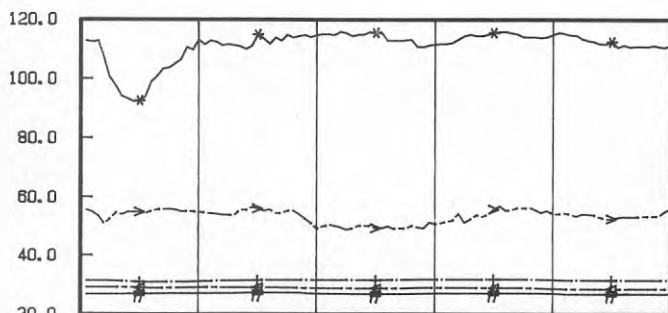


IL-data 850531



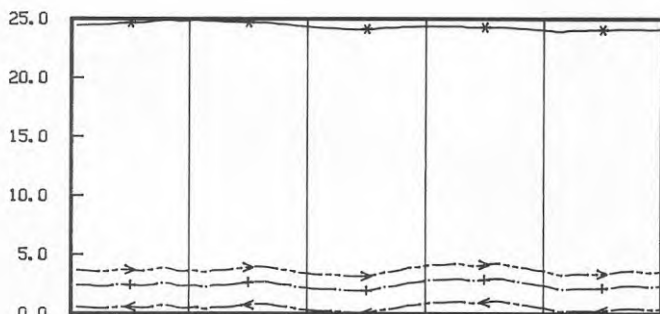
Index:

- *- 12. T35 OV. FF
- >- 16. T39 MELLAN
- +- 13. T36 OV. FR
- <- 9. T32 OV. ISO
- #- 8. T31 M 0.20



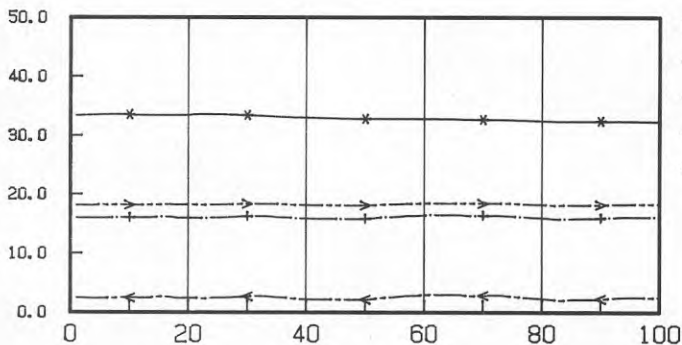
Index:

- *- 2. FF FRAML
- >- 3. FR RETUR
- +- 18. T41 UND FF
- <- 15. T38 SID FF
- #- 19. T42 UND FR



Index:

- *- 17. T40 SID FR
- >- 6. T16 R 1.15
- +- 5. T12 R 0.85
- <- 4. T10 R 0.20



Index:

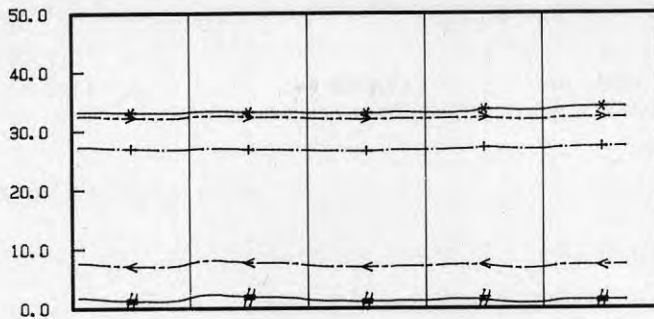
- *- 11. T34 U. ISOL
- >- 14. T37 U. ISOL
- +- 10. T33 U. ISOL
- <- 7. T30 M 0.20

850125-214213 -- 850127-064213

(100- lagr. dT= 1200 s)

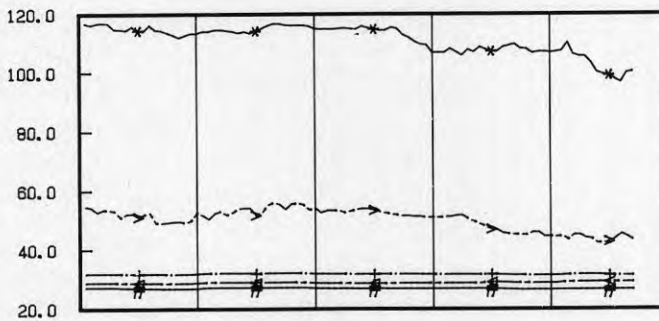
DÅLIG ISO ACK150/300

IL-data 850531



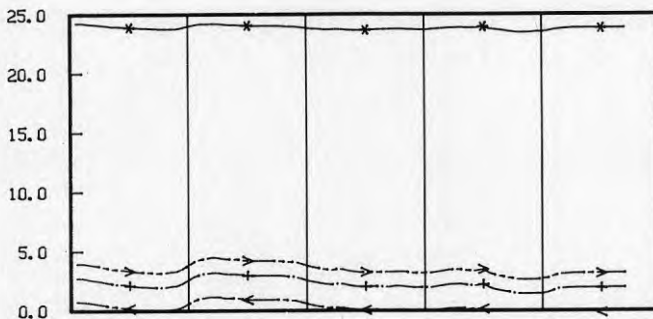
Index:

- *- 12. T35 OV. FF
- >- 16. T39 MELLAN
- +- 13. T36 OV. FR
- <- 9. T32 OV. ISO
- #- 8. T31 M 0.20



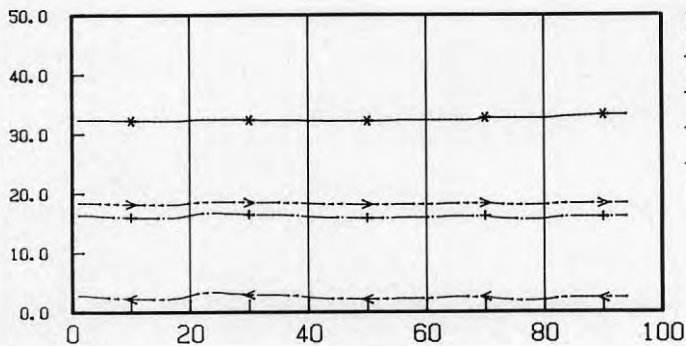
Index:

- *- 2. FF FRAML
- >- 3. FR RETUR
- +- 18. T41 UND FF
- <- 15. T38 SID FF
- #- 19. T42 UND FR



Index:

- *- 17. T40 SID FR
- >- 6. T16 R 1.15
- +- 5. T12 R 0.85
- <- 4. T10 R 0.20



Index:

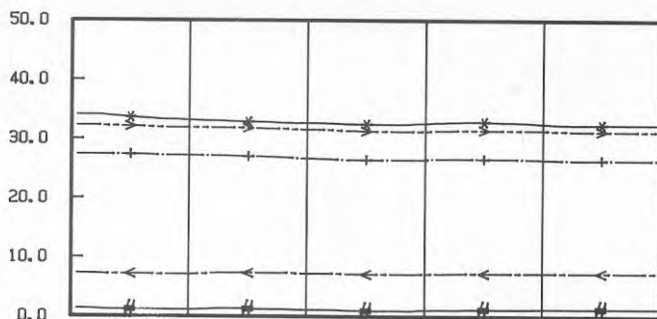
- *- 11. T34 U. ISOL
- >- 14. T37 U. ISOL
- +- 10. T33 U. ISOL
- <- 7. T30 M 0.20

850127-090213 -- 850128-194213

(94- lagr. dT= 1200 s)

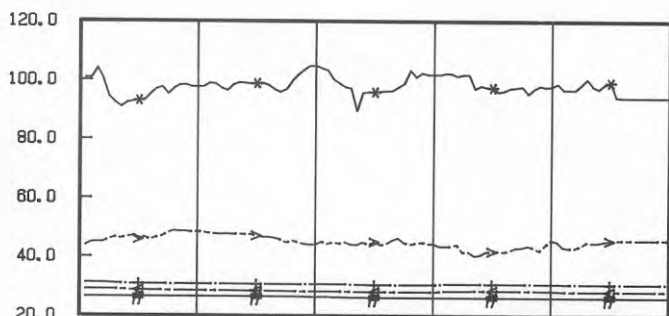
DÄLIG ISO ACK150/300

IL-data 850531



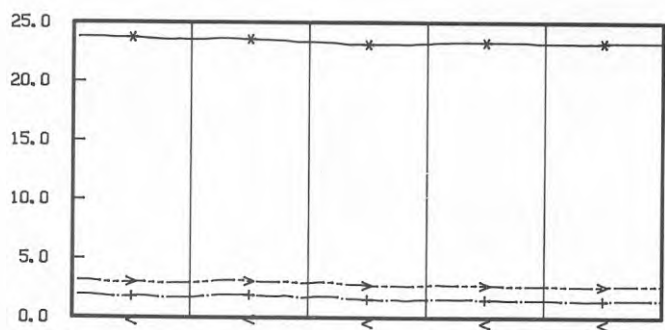
Index:

- *- 12. T35 OV. FF
- >- 16. T39 MELLAN
- +- 13. T36 OV. FR
- <- 9. T32 OV. ISO
- #- 8. T31 M 0.20



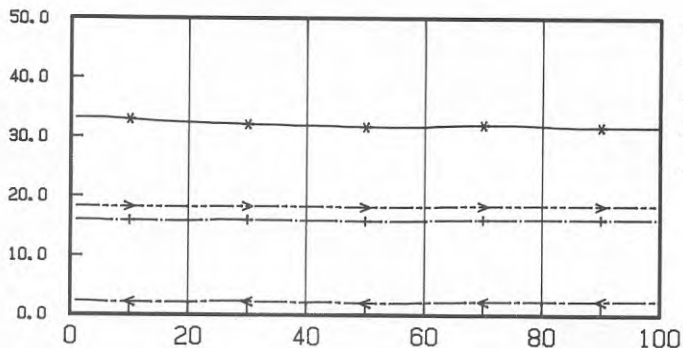
Index:

- *- 2. FF FRAML
- >- 3. FR RETUR
- +- 18. T41 UND FF
- <- 15. T38 SID FF
- #- 19. T42 UND FR



Index:

- *- 17. T40 SID FR
- >- 6. T16 R 1.15
- +- 5. T12 R 0.85
- <- 4. T10 R 0.20



Index:

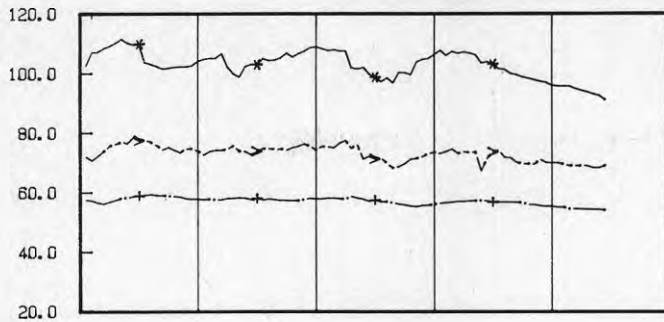
- *- 11. T34 U. ISOL
- >- 14. T37 U. ISOL
- +- 10. T33 U. ISOL
- <- 7. T30 M 0.20

850128-200213 -- 850130-050213

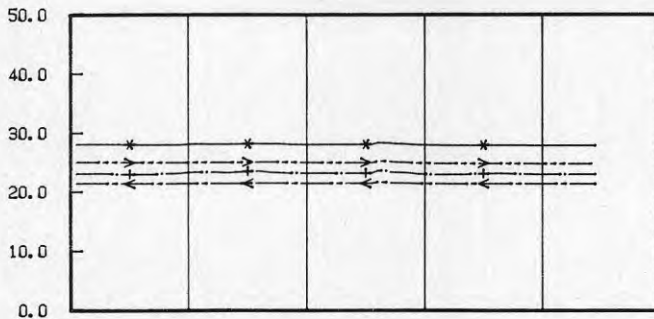
(100- lagr. dT= 1200 s)

IL-data 850529

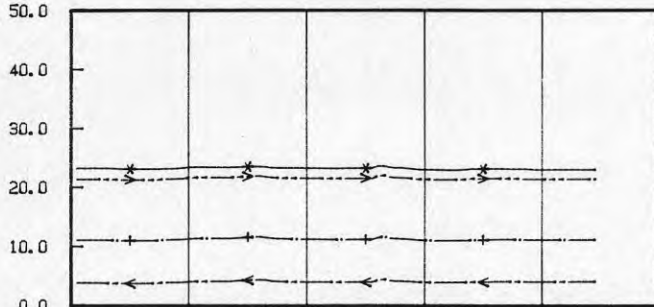
BRA BTK-300



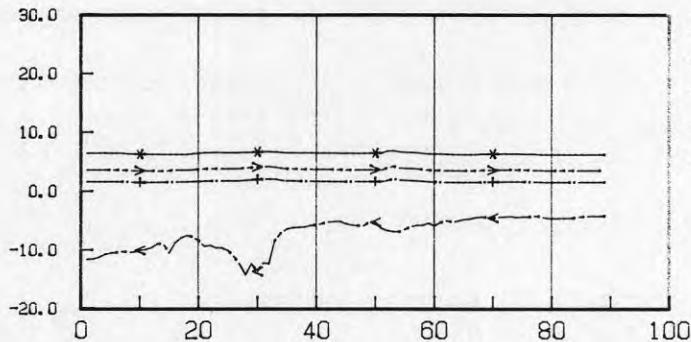
Index: I
 -* 15. FF FRAML
 -> 16. FR RETUR
 +- 12. 69 KULVERT



Index:
 -* 14. 71 UNDER
 -> 13. 70 SID FF
 +- 8. 65 OVAN
 <- 11. 68 SID FR



Index:
 -* 9. 66 OV. FF
 -> 7. 64 OV. FR
 +- 6. 63 MO. 60
 <- 4. 61 MO. 25



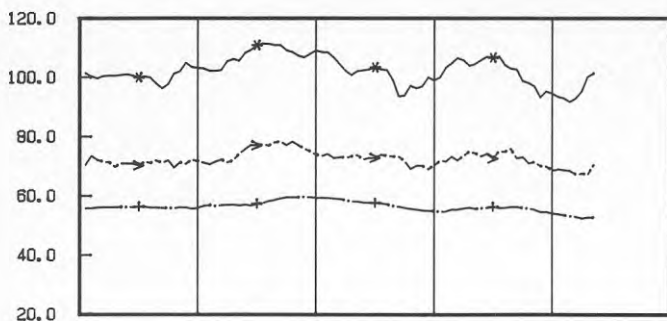
Index:
 -* 10. 67 R 1.45
 -> 5. 62 R 0.6
 +- 3. 60 R 0.25
 <- 2. UTETEMP

850109-160214 -- 850110-212214

(89- lagr. dT= 1200 s)

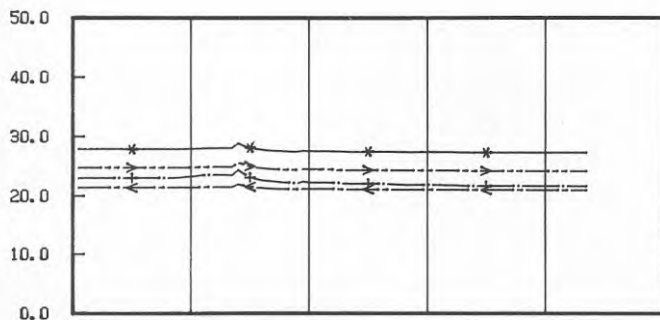
BRA BTK-300

IL-data 850529



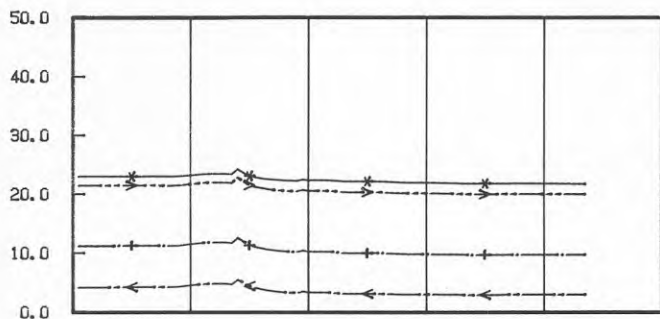
Index:

- *- 15. FF FRAML
- >- 16. FR RETUR
- +- 12. 69 KULVERT



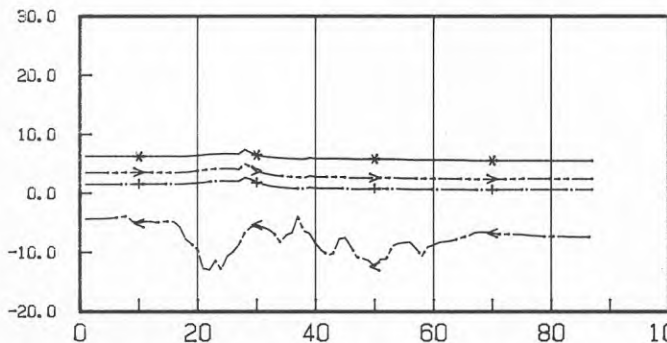
Index:

- *- 14. 71 UNDER
- >- 13. 70 SID FF
- +- 8. 65 OVAN
- <- 11. 68 SID FR



Index:

- *- 9. 66 OV. FF
- >- 7. 64 OV. FR
- +- 6. 63 MO. 60
- <- 4. 61 MO. 25



Index:

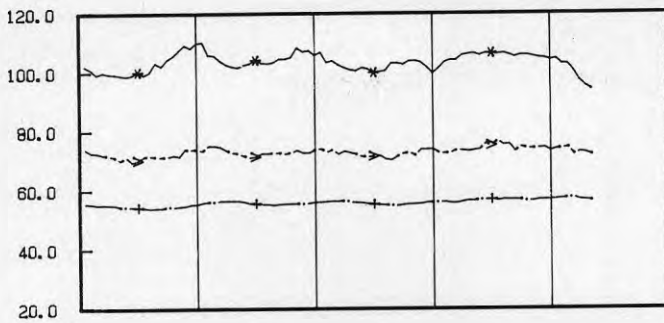
- *- 10. 67 R 1.45
- >- 5. 62 R 0.6
- +- 3. 60 R 0.25
- <- 2. UTETEMP

850111-020214 -- 850112-064214

(87- lagr. dT= 1200 s)

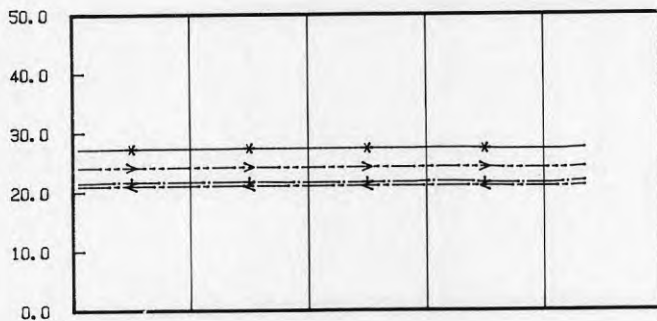
IL-data 850529

BRA BTK-300



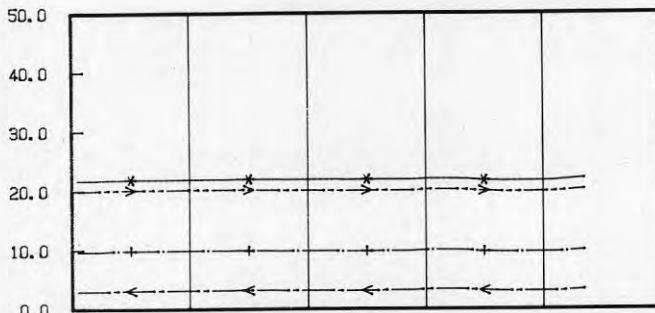
Index:

- *- 15. FF FRAML
- >- 16. FR RETUR
- +- 12. 69 KULVERT



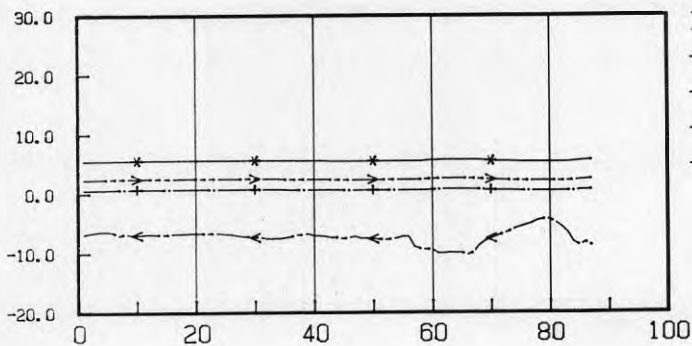
Index:

- *- 14. 71 UNDER
- >- 13. 70 SID FF
- +- 8. 65 OVAN
- <- 11. 68 SID FR



Index:

- *- 9. 66 OV. FF
- >- 7. 64 OV. FR
- +- 6. 63 MO. 60
- <- 4. 61 MO. 25



Index:

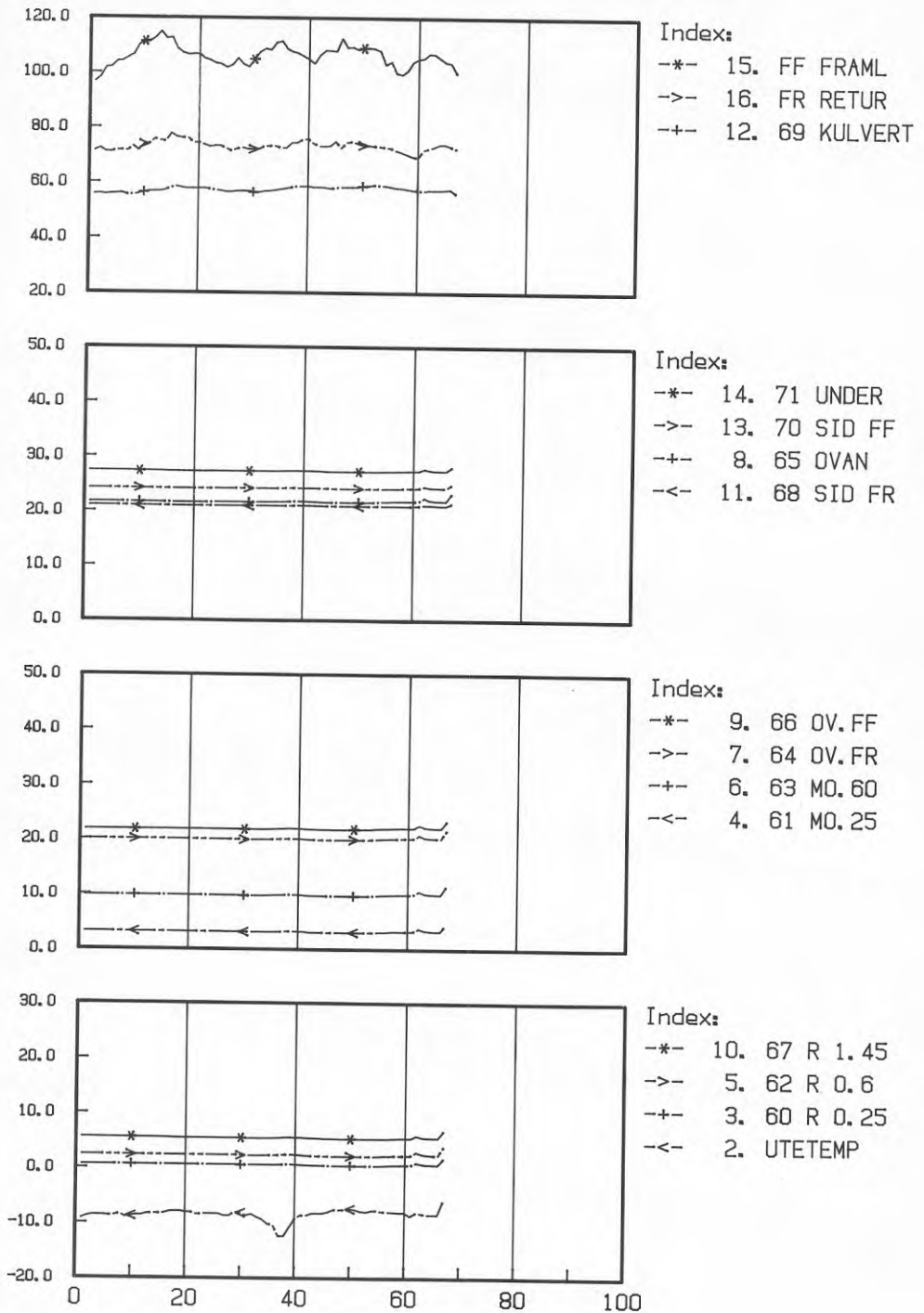
- *- 10. 67 R 1.45
- >- 5. 62 R 0.6
- +- 3. 60 R 0.25
- <- 2. UTETEMP

850112-112214 -- 850113-160214

(87- lagr. dT= 1200 s)

BRA BTK-300

IL-data 850529

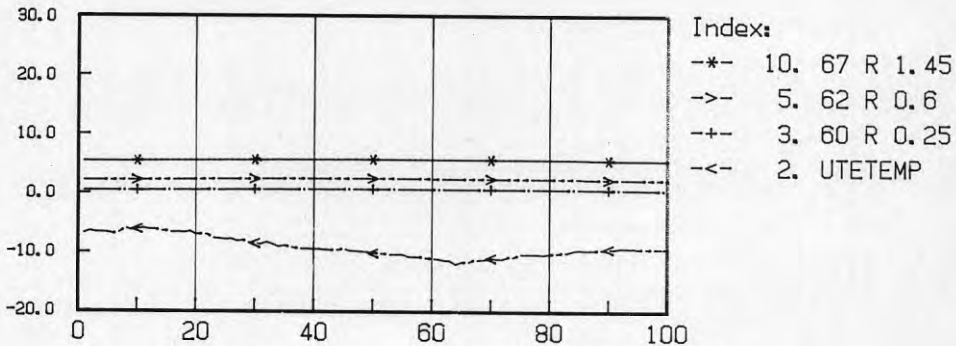
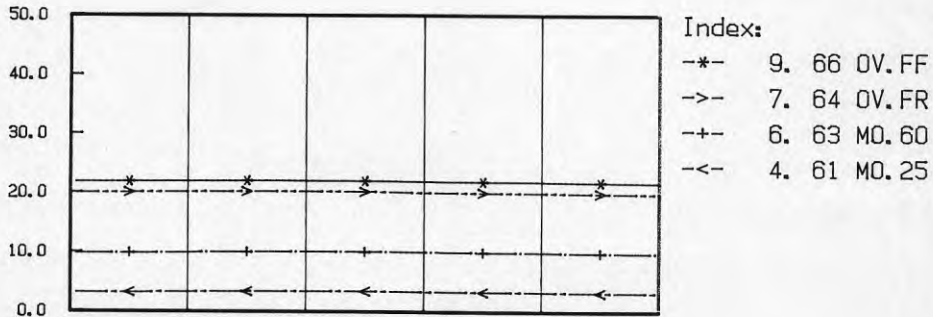
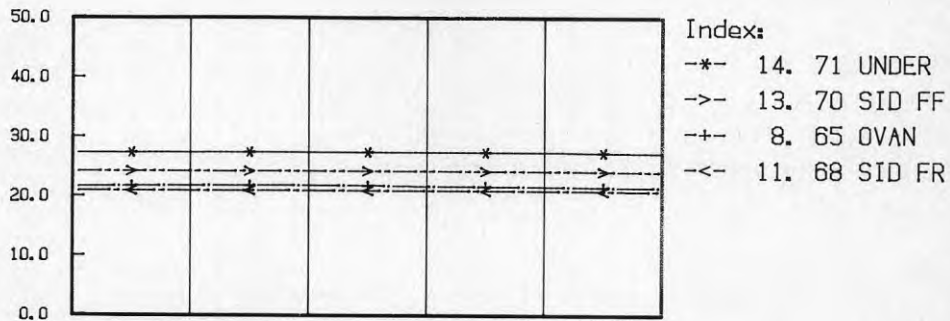
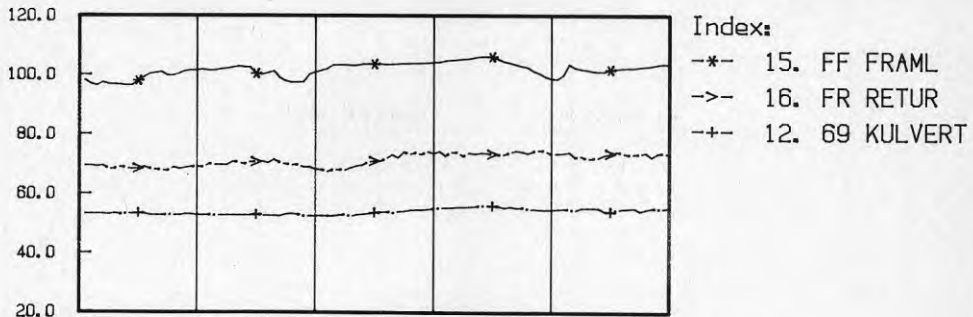


850113-204214 -- 850115-112214

(67- lagr. dT= 1200 s)

BRA BTK-300

IL-data 850529

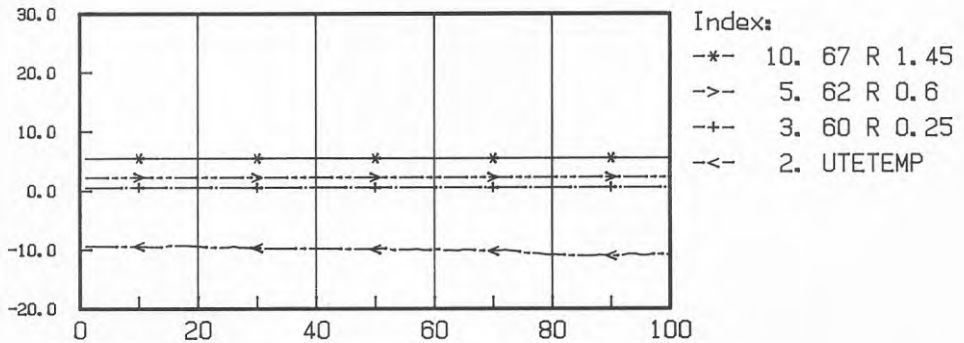
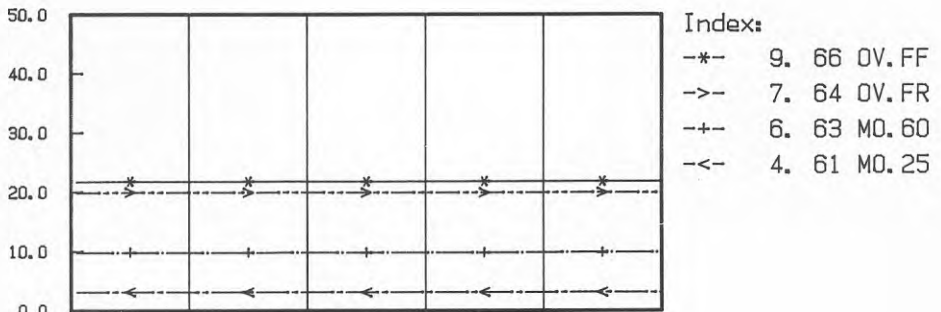
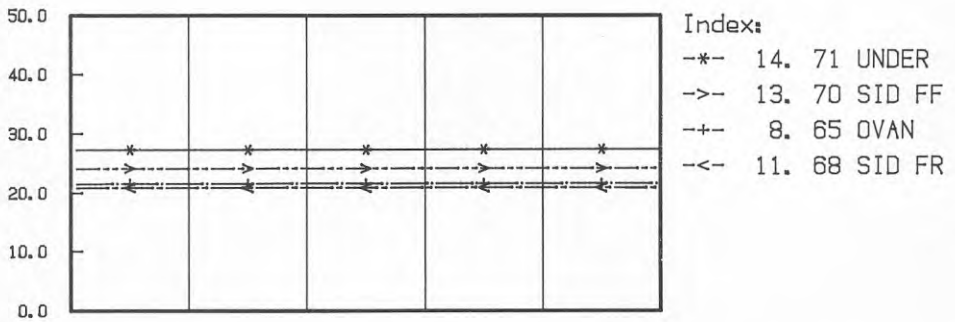
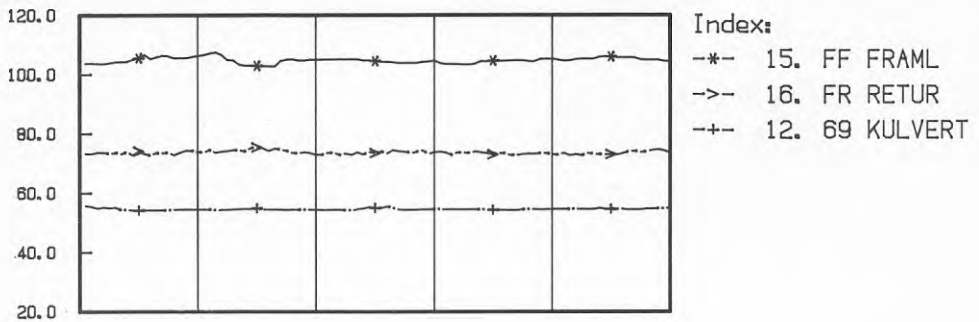


850115-130714 -- 850115-212214

(100- lagr. dT= 300 s)

BRA BTK-300

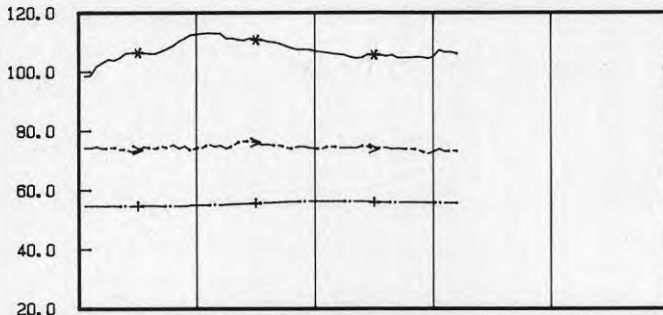
IL-data 850529



850115-212714 -- 850116-054214

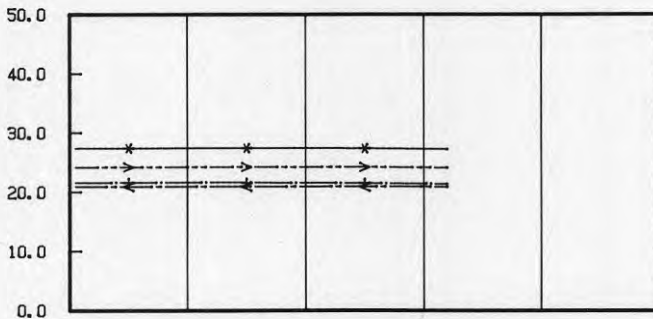
(100- lagr. dT= 300 s)

BRA BTK-300



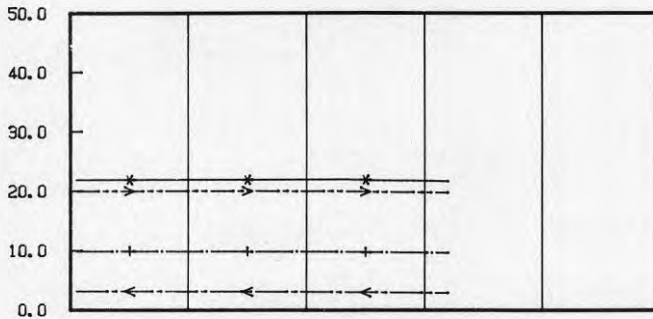
Index:

- *- 15. FF FRAML
- >- 16. FR RETUR
- +- 12. 69 KULVERT



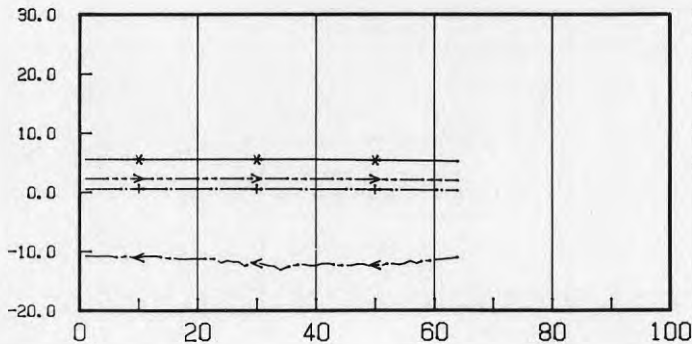
Index:

- *- 14. 71 UNDER
- >- 13. 70 SID FF
- +- 8. 65 OVAN
- <- 11. 68 SID FR



Index:

- *- 9. 66 OV. FF
- >- 7. 64 OV. FR
- +- 6. 63 MO. 60
- <- 4. 61 MO. 25



Index:

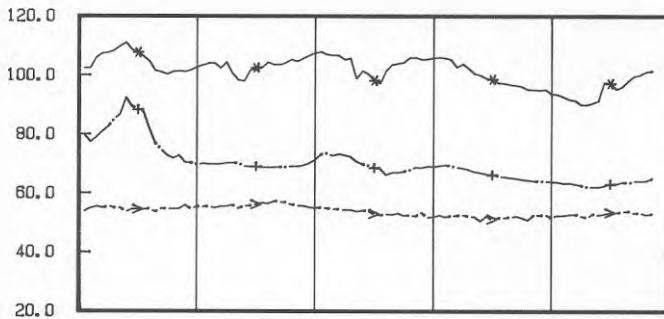
- *- 10. 67 R 1.45
- >- 5. 62 R 0.6
- +- 3. 60 R 0.25
- <- 2. UTETEMP

850116-054714 -- 850116-110214

(64- lagr. dT= 300 s)

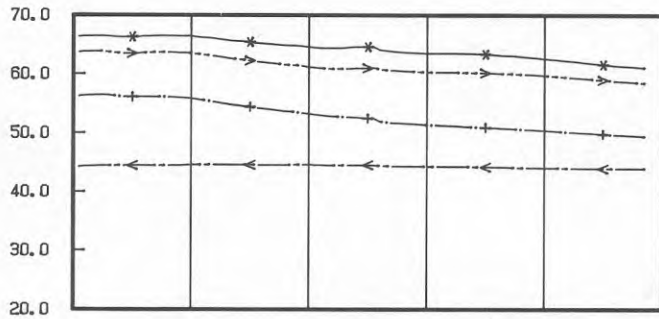
DÄLIG BTK-300

IL-data 850524



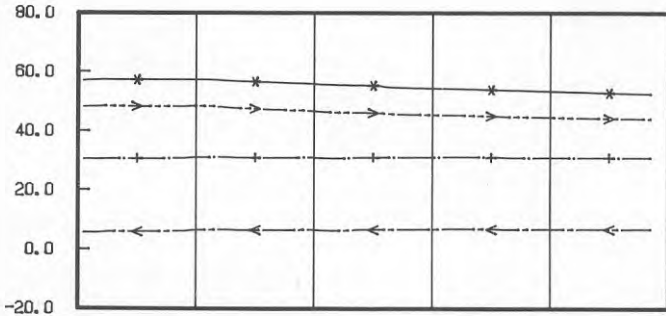
Index:

- * 4. FF FRAML
- > 3. FR RETUR
- +- 14. T19 KULV



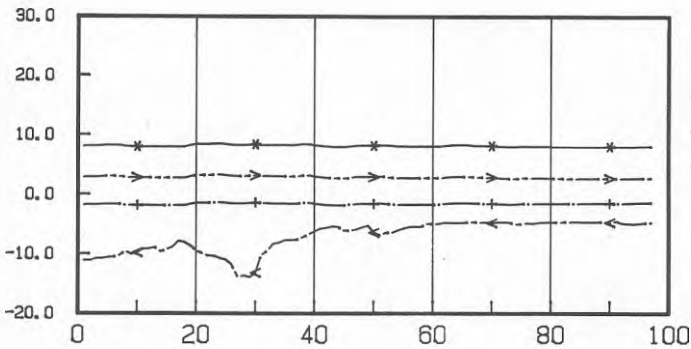
Index:

- * 15. T20 SID FF
- > 16. T21 UNDER
- +- 11. T15 OVAN
- < 13. T18 SID FR



Index:

- * 12. T16 OV. FF
- > 10. T14 OV. FR
- +- 9. T13 M 0.70
- < 8. T11 M 0.20



Index:

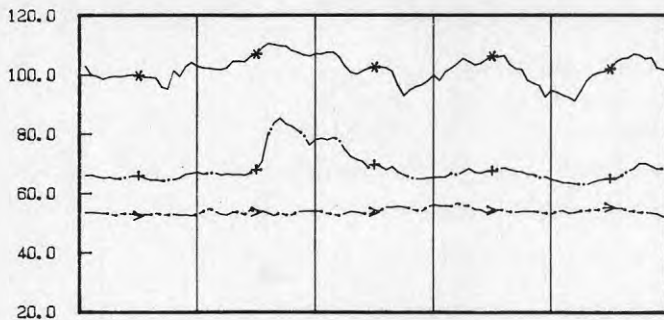
- * 7. T6 R 1.55
- > 6. T5 R 0.70
- +- 5. T4 R 0.20
- < 2. UTETEMP

850109-160217 -- 850111-014217

(97- lagr. dT= 1200 s)

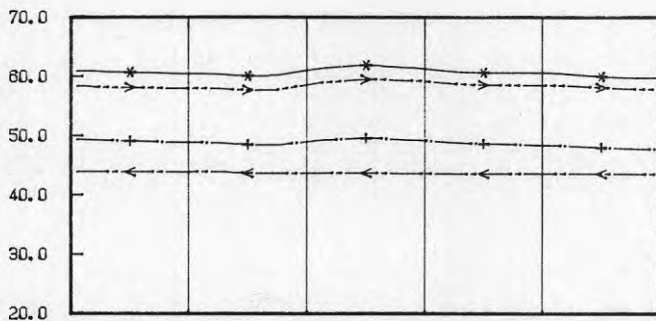
DÄLIG BTK-300

IL-data 850529



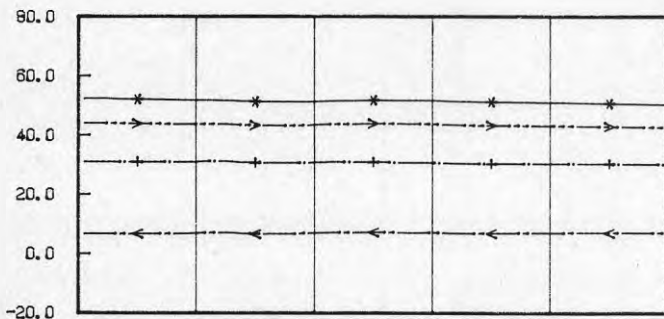
Index:

- * 4. FF FRAML
- > 3. FR RETUR
- + 14. T19 KULV



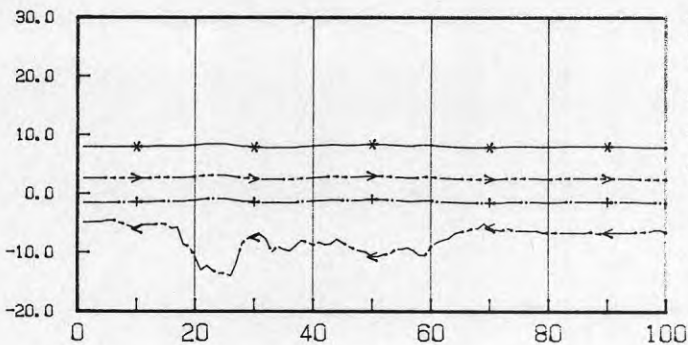
Index:

- * 15. T20 SID FF
- > 16. T21 UNDER
- + 11. T15 OVAN
- < 13. T18 SID FR



Index:

- * 12. T16 OV. FF
- > 10. T14 OV. FR
- + 9. T13 M 0.70
- < 8. T11 M 0.20



Index:

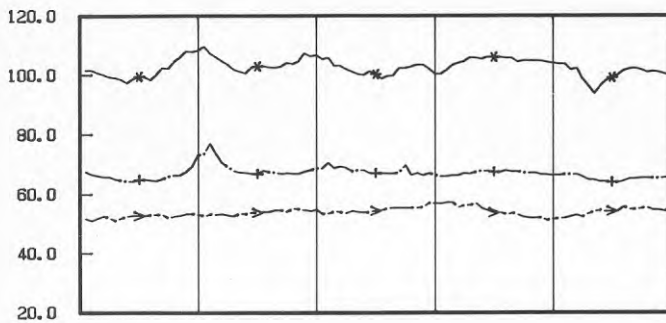
- * 7. T6 R 1.55
- > 6. T5 R 0.70
- + 5. T4 R 0.20
- < 2. UTETEMP

850111-020217 -- 850112-110217

(100- lagr. dT= 1200 s)

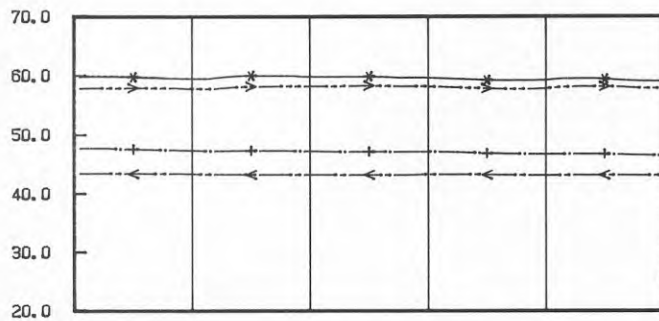
DÄLIG BTK-300

IL-data 850524



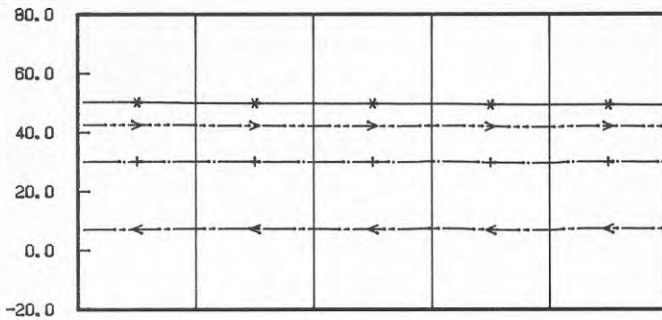
Index:

- *-- 4. FF FRAML
- >-- 3. FR RETUR
- +-- 14. T19 KULV



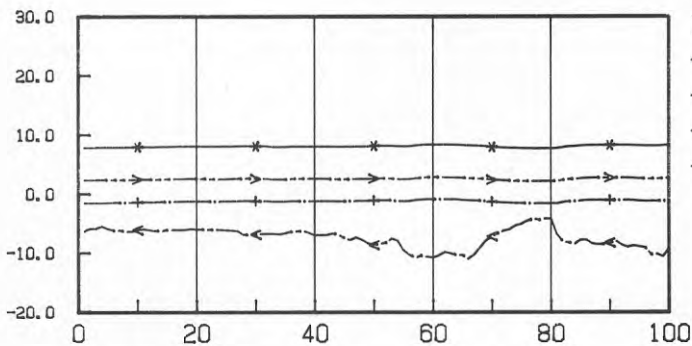
Index:

- *-- 15. T20 SID FF
- >-- 16. T21 UNDER
- +-- 11. T15 OVAN
- <-- 13. T18 SID FR



Index:

- *-- 12. T16 OV. FF
- >-- 10. T14 OV. FR
- +-- 9. T13 M 0.70
- <-- 8. T11 M 0.20



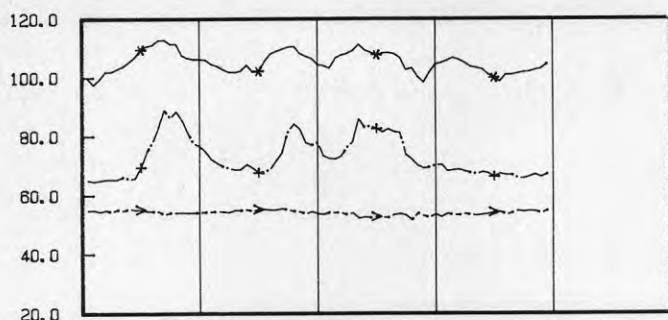
Index:

- *-- 7. T6 R 1.55
- >-- 6. T5 R 0.70
- +-- 5. T4 R 0.20
- <-- 2. UTETEMP

850112-112217 -- 850113-202217

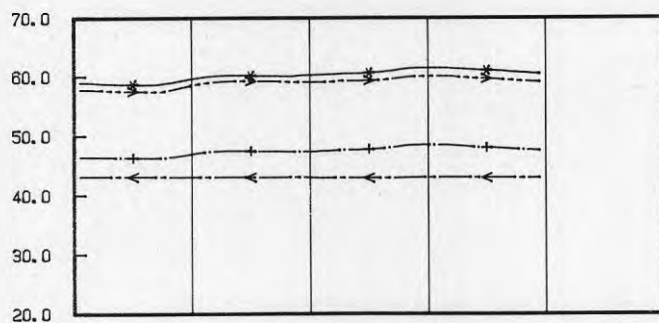
(100- lagr. dT= 1200 s)

DALIG BTK-300



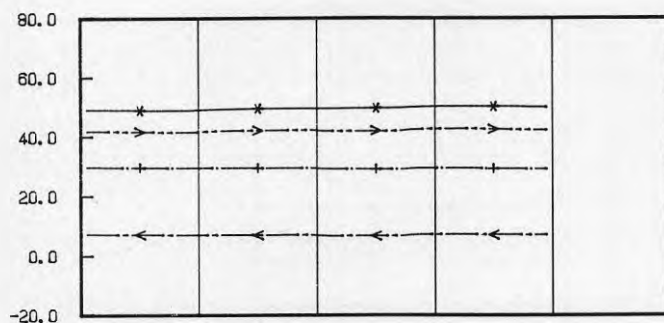
Index:

- *- 4. FF FRAML
- >- 3. FR RETUR
- +- 14. T19 KULV



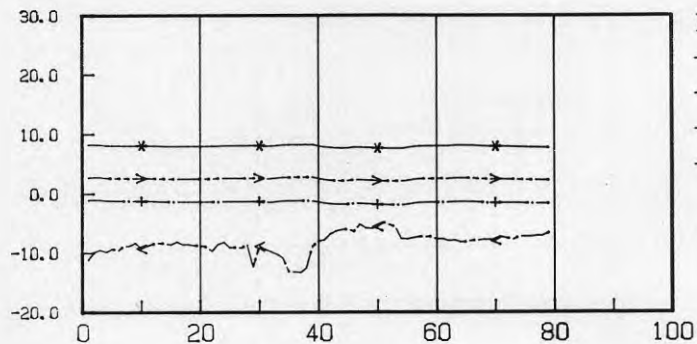
Index:

- *- 15. T20 SID FF
- >- 16. T21 UNDER
- +- 11. T15 OVAN
- <- 13. T18 SID FR



Index:

- *- 12. T16 OV. FF
- >- 10. T14 OV. FR
- +- 9. T13 M 0.70
- <- 8. T11 M 0.20



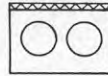
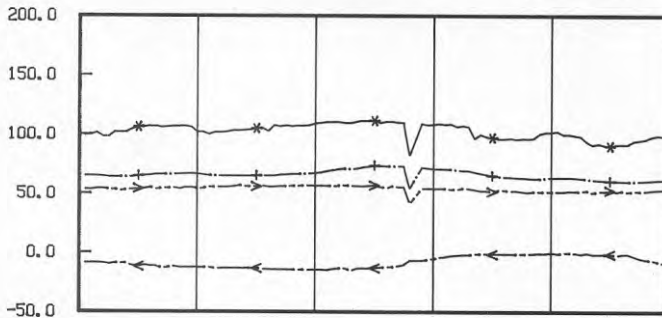
Index:

- *- 7. T6 R 1.55
- >- 6. T5 R 0.70
- +- 5. T4 R 0.20
- <- 2. UTETEMP

850113-204217 -- 850114-224217

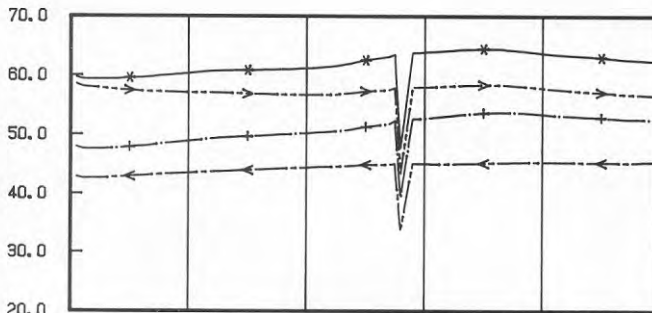
(79- lagr. dT= 1200 s)

DÄLIG T-ISOL BTK-300


 IL-data 850530
 REF.STRÄCKA PKT 4-21


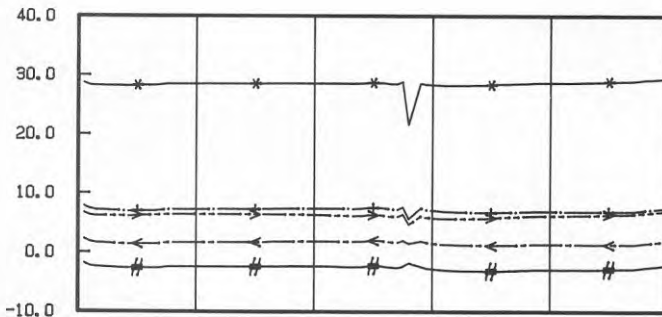
Index:

- *- 4. FF FRAML
- >- 3. FR RETUR
- +- 14. T19 KULVER
- <- 2. UTETEMP



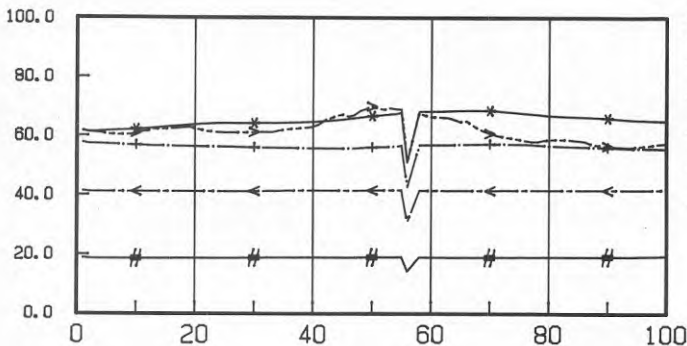
Index:

- *- 15. T20 SID FF
- >- 16. T21 UNDER
- +- 10. T15 OV. BTK
- <- 13. T18 SID. FR



Index:

- *- 9. T13 M 0.7
- >- 8. T11 M 0.2
- +- 7. T6 REF1.55
- <- 6. T5 REFO.7M
- #- 5. T4 REFO.2M



ISOLERAD STRÄCKA

Index:

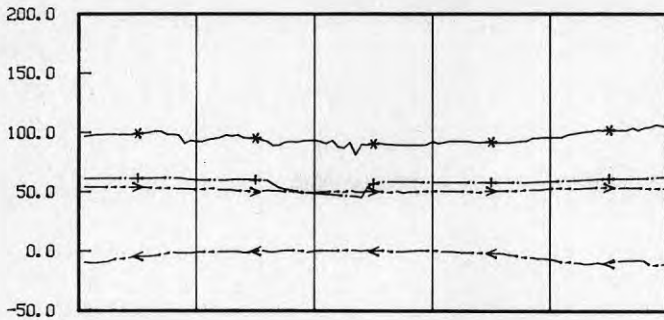
- *- 18. T56 SID FF
- >- 17. T55 KULVER
- +- 19. T57 UNDER
- <- 12. T54 SID FR
- #- 11. T52 OV. ISO

850116-152213 -- 850118-002213

(100- lagr. dT= 1200 s)

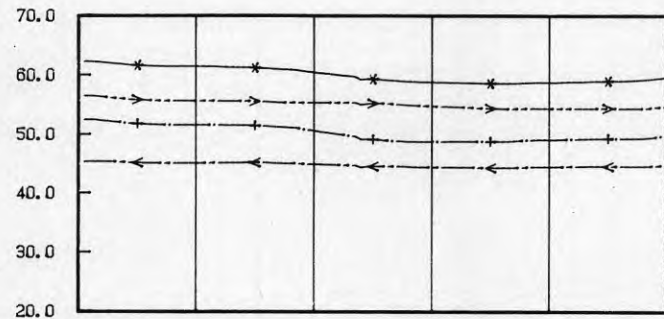
DALIG T-ISOL BTK-300

IL-data 850530



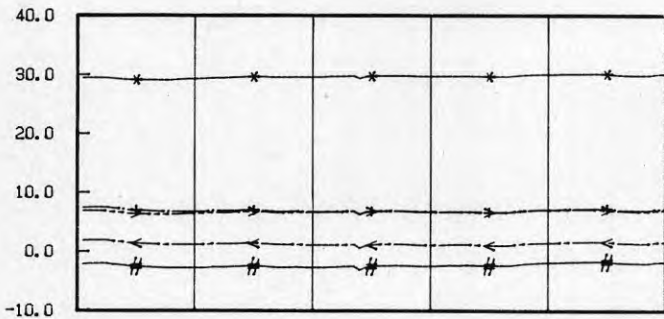
Index:

- *- 4. FF FRAML
- >- 3. FR RETUR
- +- 14. T19 KULVER
- <- 2. UTETEMP



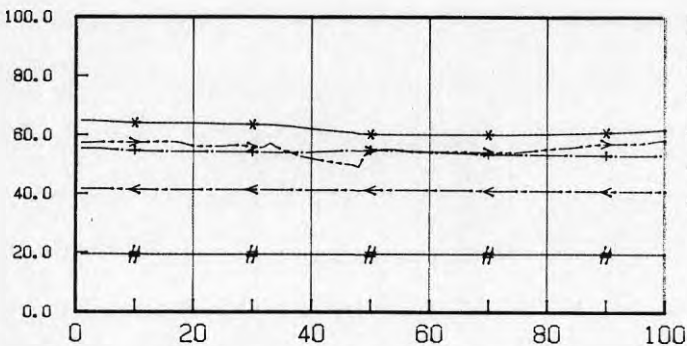
Index:

- *- 15. T20 SID FF
- >- 16. T21 UNDER
- +- 10. T15 OV. BTK
- <- 13. T18 SID. FR



Index:

- *- 9. T13 M 0.7
- >- 8. T11 M 0.2
- +- 7. T6 R 1.55
- <- 6. T5 R 0.70
- #- 5. T4 R 0.20



Index:

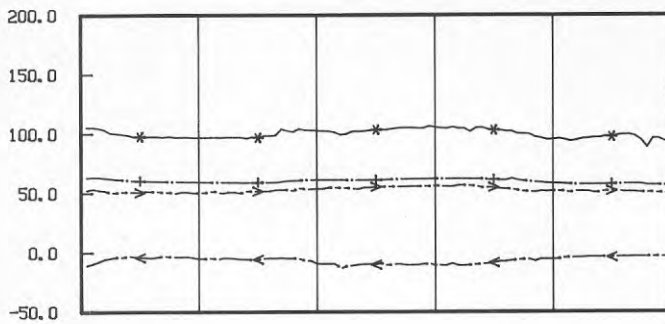
- *- 18. T56 SID FF
- >- 17. T55 KULVER
- +- 19. T57 UNDER
- <- 12. T54 SID FR
- #- 11. T52 OV. ISO

850118-004213 -- 850119-094213

(100- lagr. dT= 1200 s)

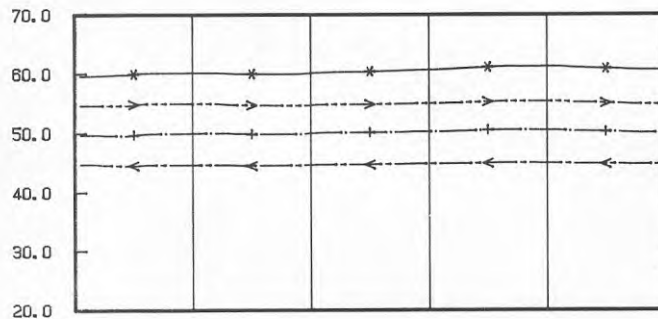
DALIG T-ISOL BTK-300

IL-data 850530



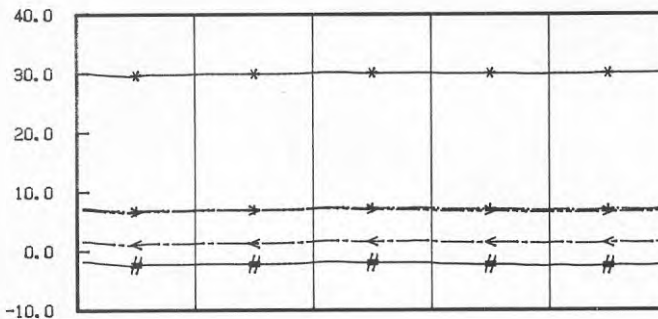
Index:

- *- 4. FF FRAML
- >- 3. FR RETUR
- +- 14. T19 KULVER
- <- 2. UTETEMP



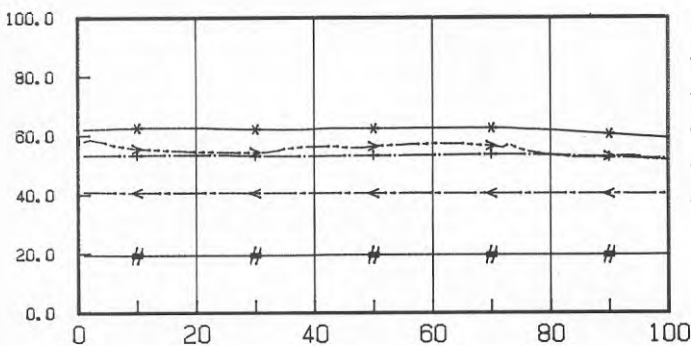
Index:

- *- 15. T20 SID FF
- >- 16. T21 UNDER
- +- 10. T15 OV. BTK
- <- 13. T18 SID. FR



Index:

- *- 9. T13 M 0.7
- >- 8. T11 M 0.2
- +- 7. T6 R 1.55
- <- 6. T5 R 0.70
- #- 5. T4 R 0.20



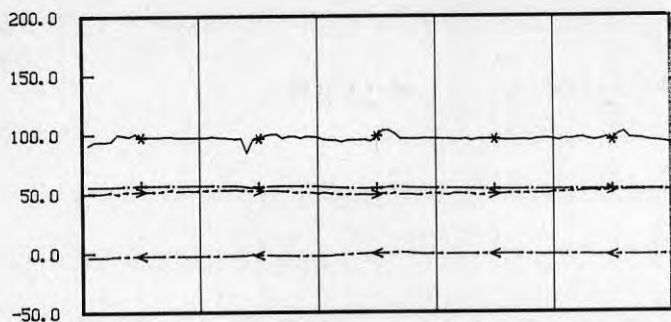
Index:

- *- 18. T56 SID FF
- >- 17. T55 KULVER
- +- 19. T57 UNDER
- <- 12. T54 SID FR
- #- 11. T52 OV. ISO

850119-100213 -- 850120-190213

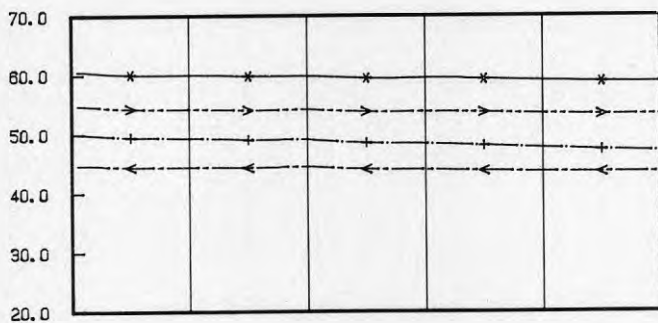
(100- lagr. dT= 1200 s)

DÄLIG T-ISOL BTK-300



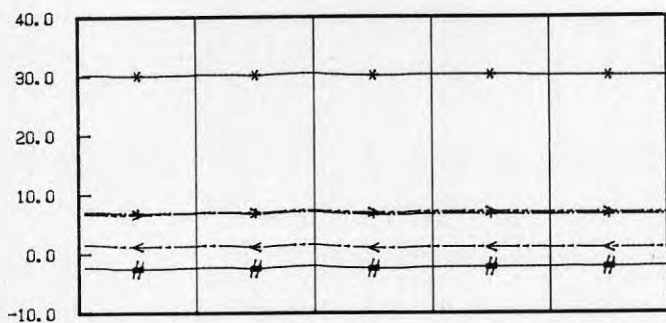
Index:

- *- 4. FF FRAML
- >- 3. FR RETUR
- +- 14. T19 KULVER
- <- 2. UTETEMP



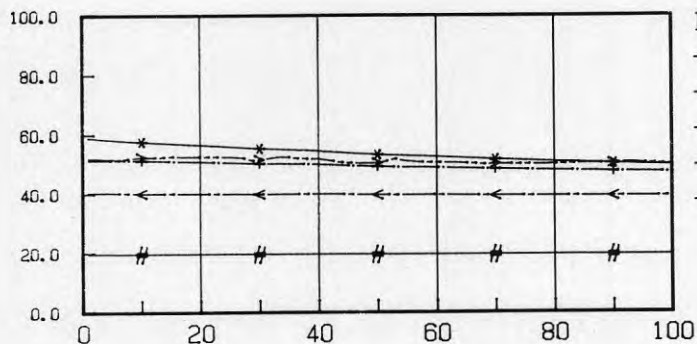
Index:

- *- 15. T20 SID FF
- >- 16. T21 UNDER
- +- 10. T15 OV. BTK
- <- 13. T18 SID. FR



Index:

- *- 9. T13 M 0.7
- >- 8. T11 M 0.2
- +- 7. T6 R 1.55
- <- 6. T5 R 0.70
- #- 5. T4 R 0.20



Index:

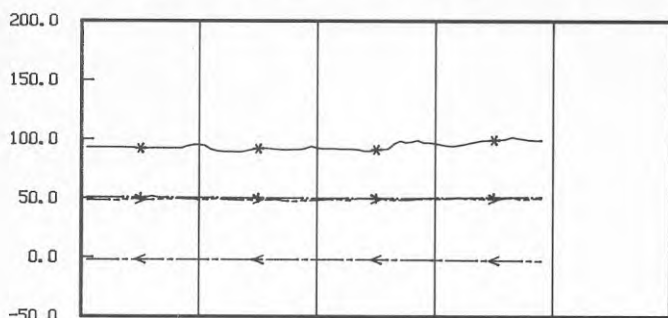
- *- 18. T56 SID FF
- >- 17. T55 KULVER
- +- 19. T57 UNDER
- <- 12. T54 SID FR
- #- 11. T52 OV. ISO

850120-192213 -- 850122-042213

(100- lagr. dT= 1200 s)

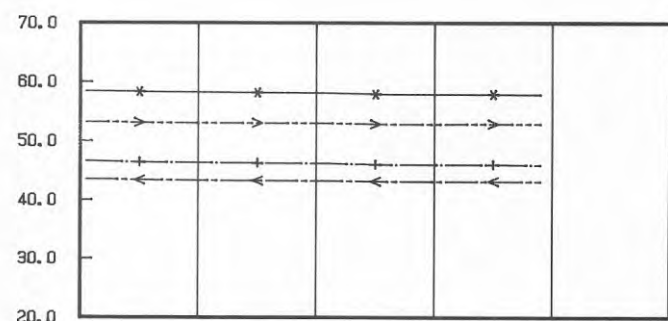
DÄLIG T-ISOL BTK-300

IL-data 850530



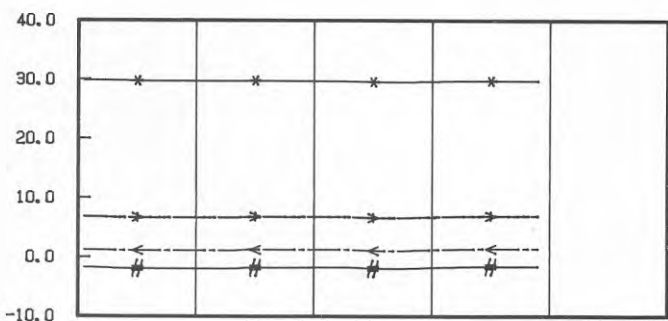
Index:

- *- 4. FF FRAML
- >- 3. FR RETUR
- +- 14. T19 KULVER
- <- 2. UTETEMP



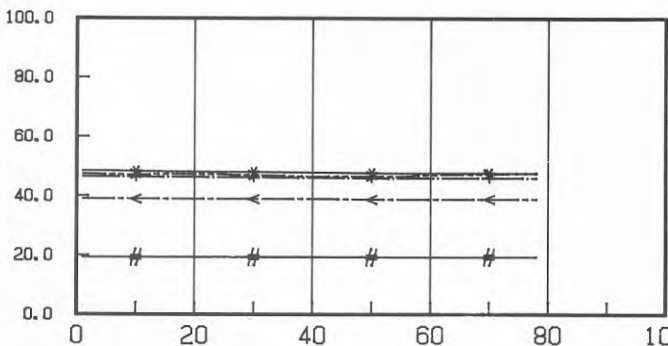
Index:

- *- 15. T20 SID FF
- >- 16. T21 UNDER
- +- 10. T15 OV. BTK
- <- 13. T18 SID. FR



Index:

- *- 9. T13 M 0.7
- >- 8. T11 M 0.2
- +- 7. T6 R 1.55
- <- 6. T5 R 0.70
- #- 5. T4 R 0.20



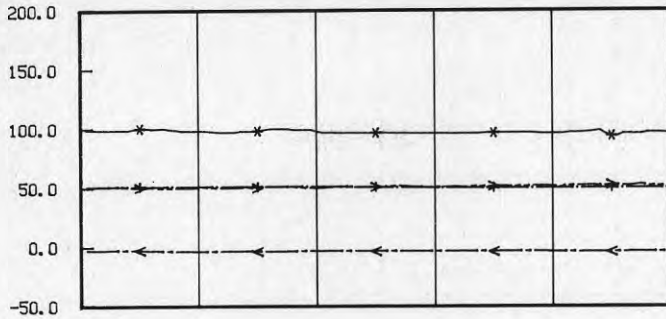
Index:

- *- 18. T56 SID FF
- >- 17. T55 KULVER
- +- 19. T57 UNDER
- <- 12. T54 SID FR
- #- 11. T52 OV. ISO

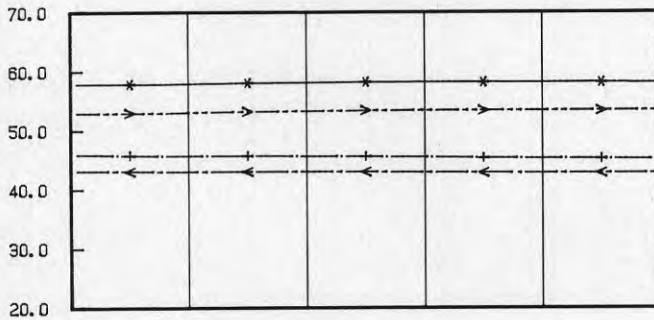
850122-100213 -- 850122-162713

(78- lagr. dT= 300 s)

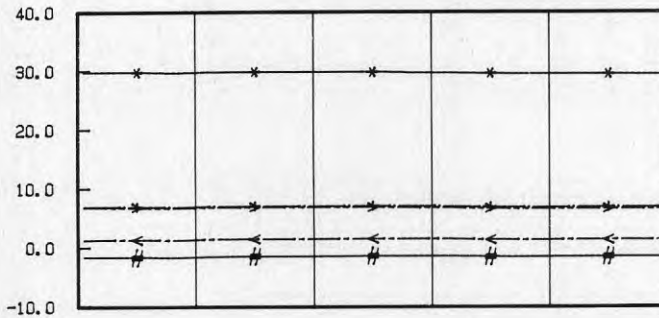
DÄLIG T-ISOL BTK-300



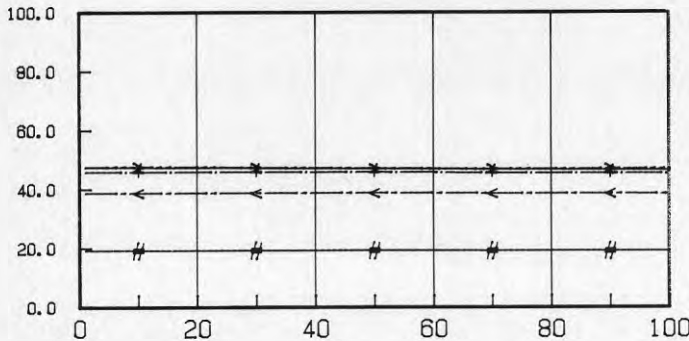
- Index:
- *- 4. FF FRAML
 - >- 3. FR RETUR
 - +- 14. T19 KULVER
 - <- 2. UTETEMP



- Index:
- *- 15. T20 SID FF
 - >- 16. T21 UNDER
 - +- 10. T15 OV. BTK
 - <- 13. T18 SID. FR



- Index:
- *- 9. T13 M 0.7
 - >- 8. T11 M 0.2
 - +- 7. T6 R 1.55
 - <- 6. T5 R 0.70
 - #- 5. T4 R 0.20



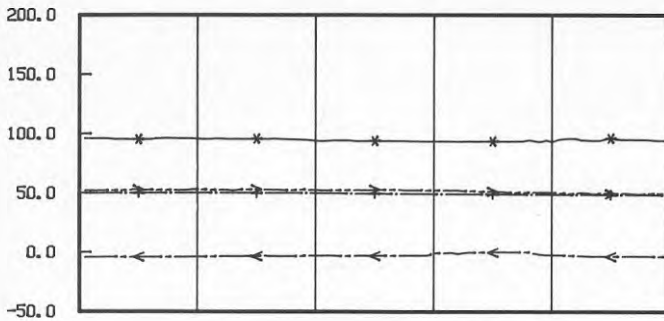
- Index:
- *- 18. T56 SID FF
 - >- 17. T55 KULVER
 - +- 19. T57 UNDER
 - <- 12. T54 SID FR
 - #- 11. T52 OV. ISO

850122-163213 -- 850123-004713

(100- lagr. dT= 300 s)

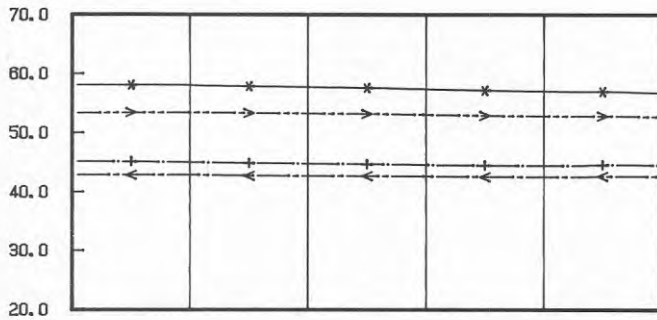
DÄLIG T-ISOL BTK-300

IL-data 850530



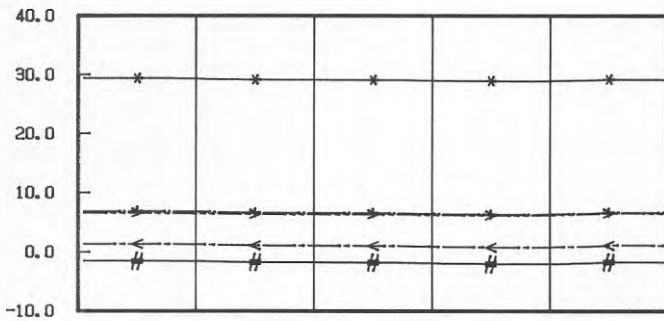
Index:

- *- 4. FF FRAML
- >- 3. FR RETUR
- +- 14. T19 KULVER
- <- 2. UTETEMP



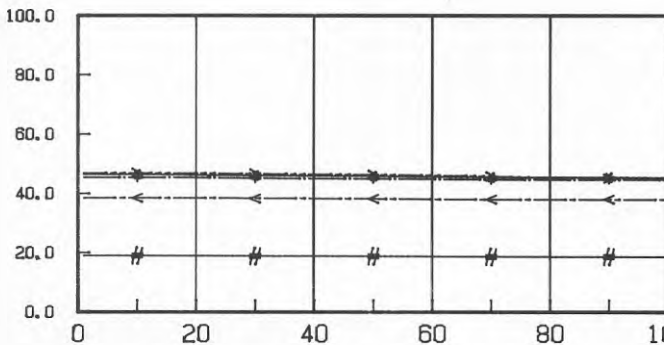
Index:

- *- 15. T20 SID FF
- >- 16. T21 UNDER
- +- 10. T15 OV. BTK
- <- 13. T18 SID. FR



Index:

- *- 9. T13 M 0.7
- >- 8. T11 M 0.2
- +- 7. T6 R 1.55
- <- 6. T5 R 0.70
- #- 5. T4 R 0.20



Index:

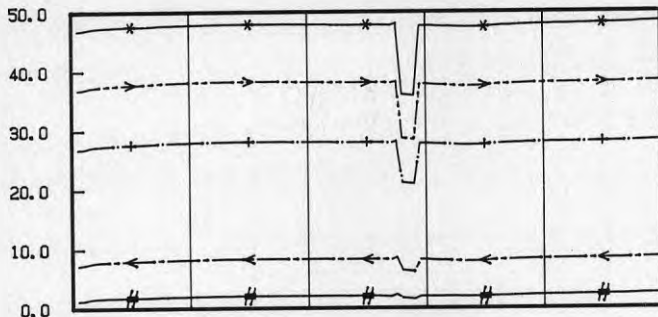
- *- 18. T56 SID FF
- >- 17. T55 KULVER
- +- 19. T57 UNDER
- <- 12. T54 SID FR
- #- 11. T52 OV. ISO

850123-005213 -- 850123-090713

(100- lagr. dT= 300 s)

DÄLIG T-ISOL BTK-300

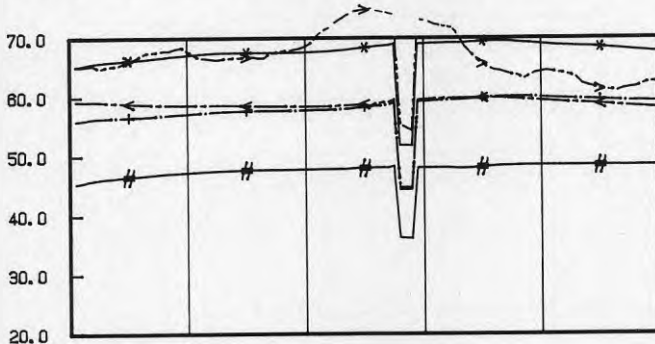
IL-data 850530



Index:

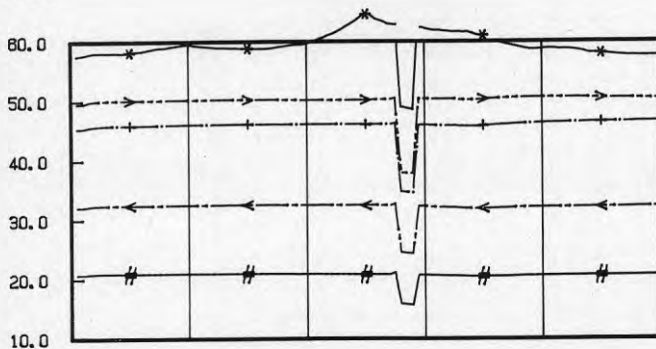


- *- 4. T32 U. ISOL
- >- 7. T35 M. 1.55
- +- 5. T33 KANTIS
- <- 3. T31 OVISOL
- #- 2. T30 M. 0.20



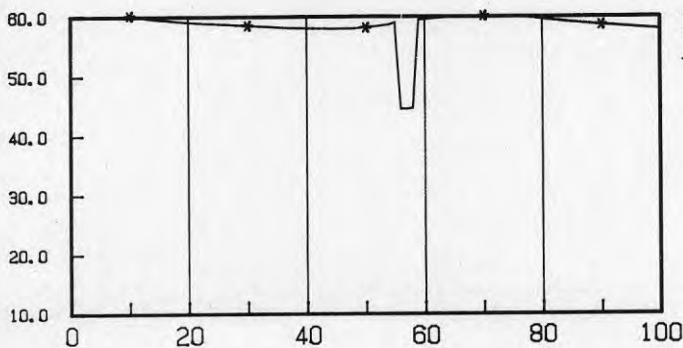
Index:

- *- 10. T38 SID FF
- >- 9. T37 KULVER
- +- 6. T34 OV BTK
- <- 11. T39 UNDER
- #- 8. T36 SID FR



Index:

- *- 15. T43 KULVER
- >- 17. T45 UNDER
- +- 16. T44 ISO-F
- <- 14. T42 ISO-R
- #- 12. T40 OV ISO



Index:

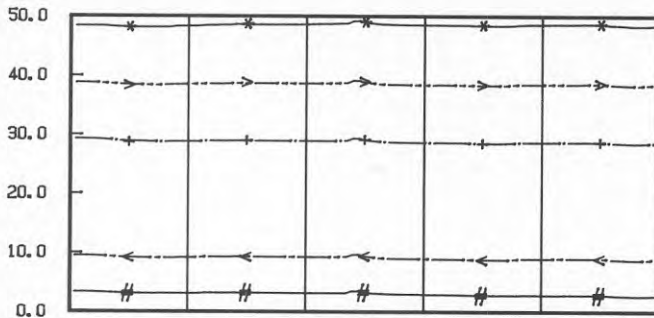
- *- 13. T41 OV BTK

850116-152213 -- 850118-002213

(100- lagr. dT= 1200 s)

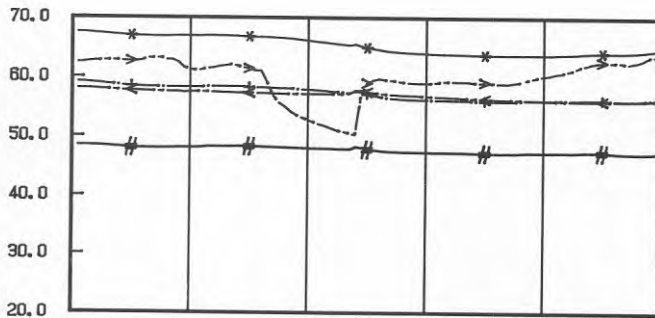
DÄLIG T-ISOL BTK-300

IL-data 850530



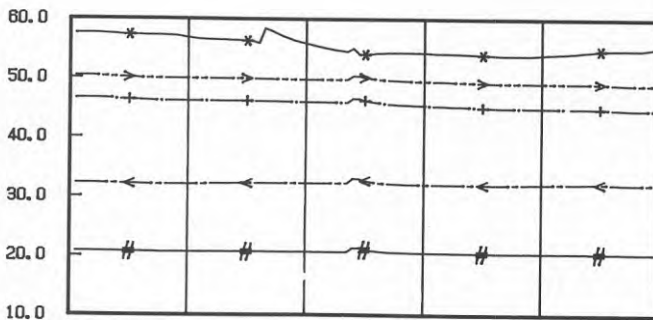
Index:

- *- 4. T32 U. ISOL
- >- 7. T35 M. 1. 55
- +- 5. T33 KANTIS
- <- 3. T31 OVISOL
- #- 2. T30 M. O. 20



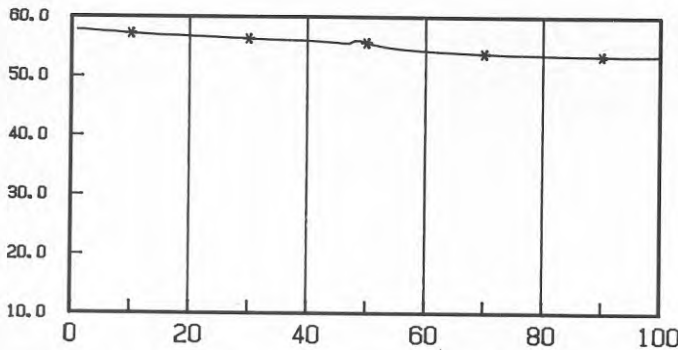
Index:

- *- 10. T38 SID FF
- >- 9. T37 KULVER
- +- 6. T34 OV BTK
- <- 11. T39 UNDER
- #- 8. T36 SID FR



Index:

- *- 15. T43 KULVER
- >- 17. T45 UNDER
- +- 16. T44 ISO-F
- <- 14. T42 ISO-R
- #- 12. T40 OV ISO



Index:

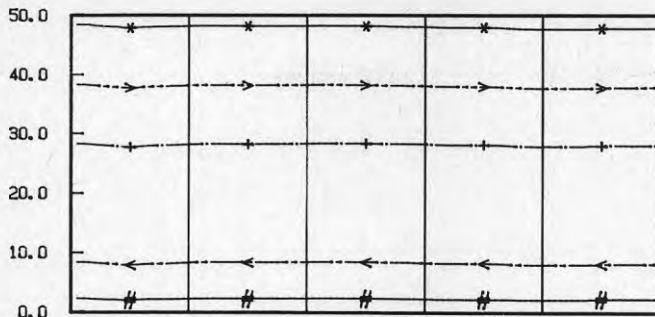
- *- 13. T41 OV BTK

850118-004213 -- 850119-094213

(100- lagr. dT= 1200 s)

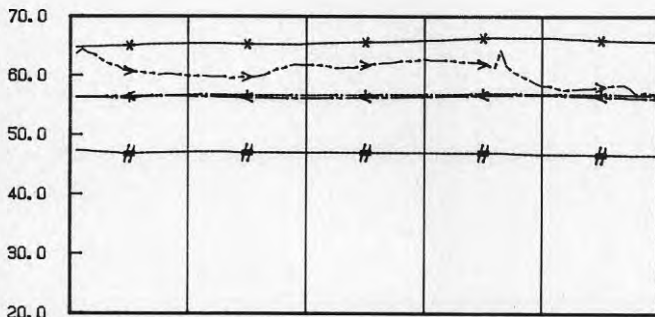
DÄLIG T-ISOL BTK-300

IL-data 850530



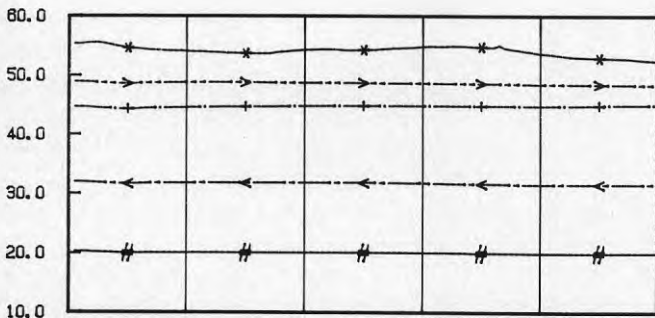
Index:

- *- 4. T32 U. ISOL
- >- 7. T35 M. 1. 55
- +- 5. T33 KANTIS
- <- 3. T31 OVISOL
- #- 2. T30 M. 0. 20



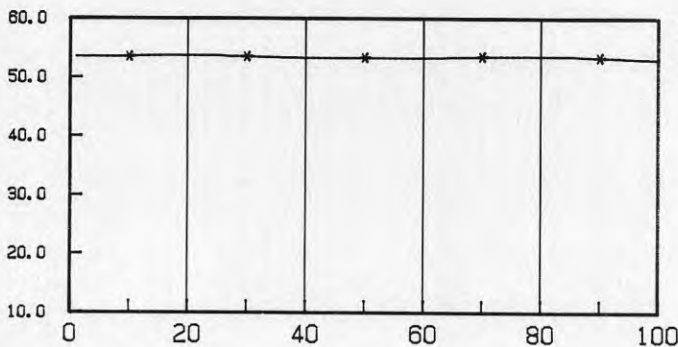
Index:

- *- 10. T38 SID FF
- >- 9. T37 KULVER
- +- 6. T34 OV BTK
- <- 11. T39 UNDER
- #- 8. T36 SID FR



Index:

- *- 15. T43 KULVER
- >- 17. T45 UNDER
- +- 16. T44 ISO-F
- <- 14. T42 ISO-R
- #- 12. T40 OV ISO



Index:

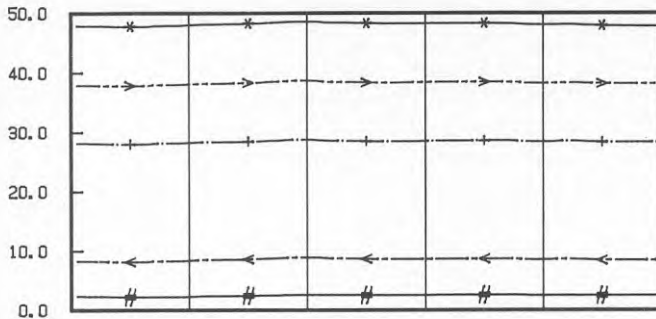
- *- 13. T41 OV BTK

850119-100213 -- 850120-190213

(100- lagr. dT= 1200 s)

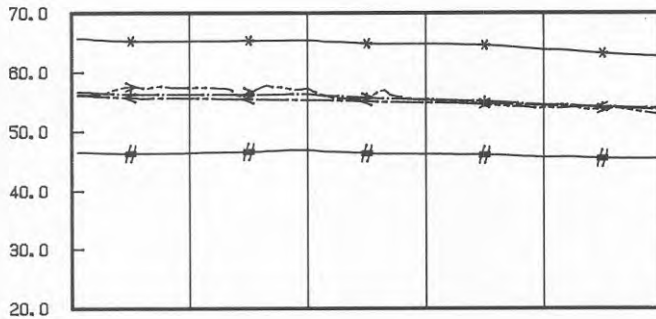
DÄLIG T-ISOL BTK-300

IL-data 850530



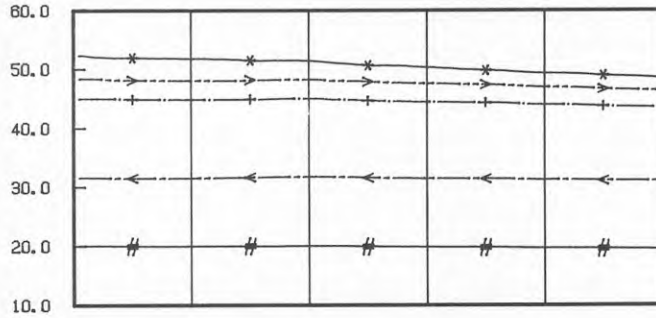
Index:

- *- 4. T32 U. ISOL
- >- 7. T35 M. 1.55
- +- 5. T33 KANTIS
- <- 3. T31 OVISOL
- #- 2. T30 M. 0.20



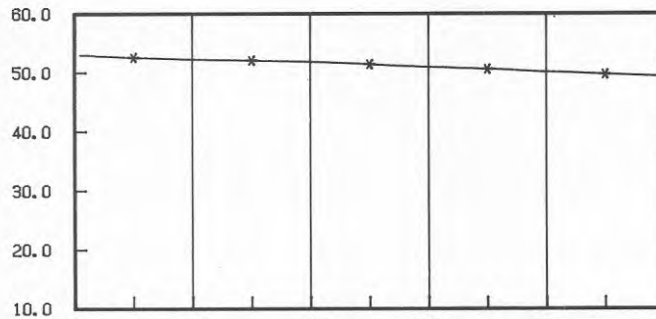
Index:

- *- 10. T38 SID FF
- >- 9. T37 KULVER
- +- 6. T34 OV BTK
- <- 11. T39 UNDER
- #- 8. T36 SID FR



Index:

- *- 15. T43 KULVER
- >- 17. T45 UNDER
- +- 16. T44 ISO-F
- <- 14. T42 ISO-R
- #- 12. T40 OV ISO



Index:

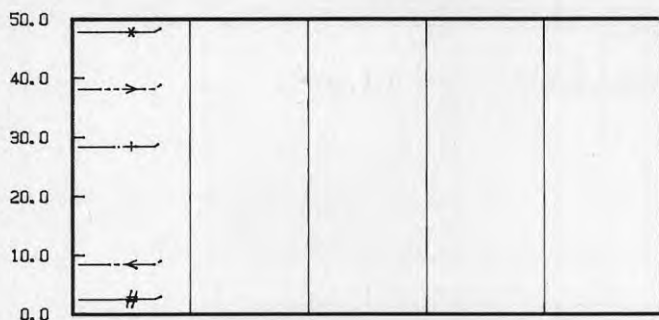
- *- 13. T41 OV BTK

850120-192213 -- 850122-042213

(100- lagr. dT= 1200 s)

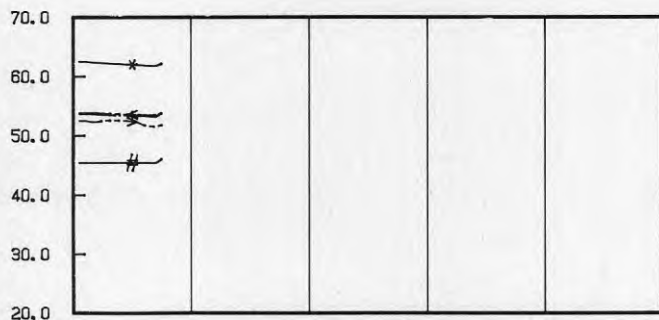
DÄLIG T-ISOL BTK-300

IL-data 850530



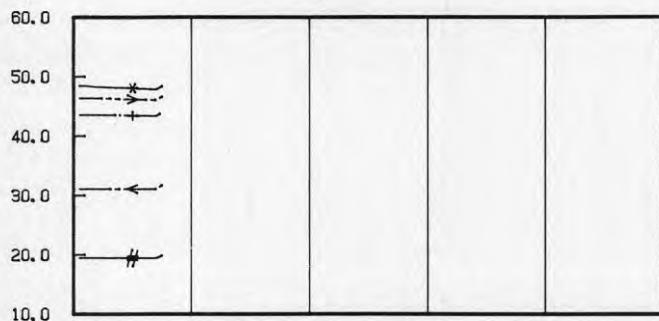
Index:

- *- 4. T32 U. ISOL
- >- 7. T35 M. 1.55
- +- 5. T33 KANTIS
- <- 3. T31 OVISOL
- #- 2. T30 M. 0.20



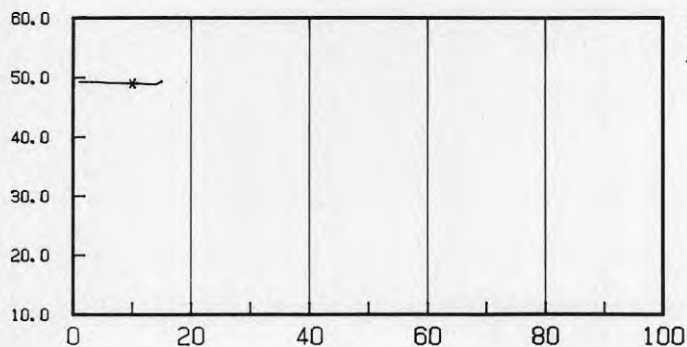
Index:

- *- 10. T38 SID FF
- >- 9. T37 KULVER
- +- 6. T34 OV BTK
- <- 11. T39 UNDER
- #- 8. T36 SID FR



Index:

- *- 15. T43 KULVER
- >- 17. T45 UNDER
- +- 16. T44 ISO-F
- <- 14. T42 ISO-R
- #- 12. T40 OV ISO



Index:

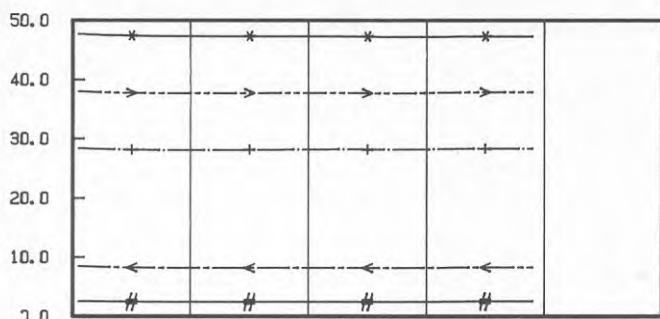
- *- 13. T41 OV BTK

850122-044213 -- 850122-092213

(15- lagr. dT= 1200 s)

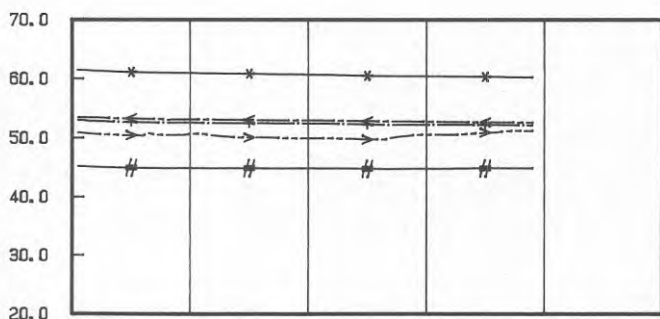
DÄLIG T-ISOL BTK-300

IL-data 850530



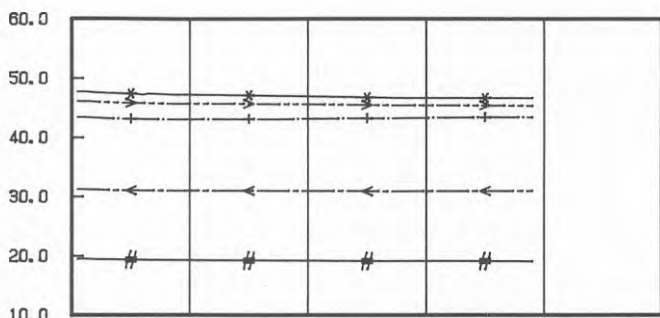
Index:

- *- 4. T32 U. ISOL
- >- 7. T35 M. 1. 55
- +- 5. T33 KANTIS
- <- 3. T31 OVISOL
- #- 2. T30 M. 0. 20



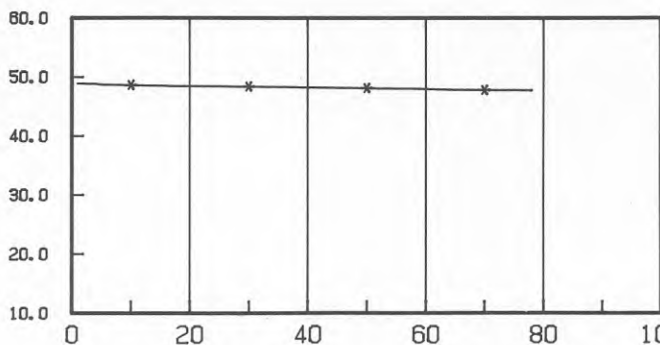
Index:

- *- 10. T38 SID FF
- >- 9. T37 KULVER
- +- 6. T34 OV BTK
- <- 11. T39 UNDER
- #- 8. T36 SID FR



Index:

- *- 15. T43 KULVER
- >- 17. T45 UNDER
- +- 16. T44 ISO-F
- <- 14. T42 ISO-R
- #- 12. T40 OV ISO



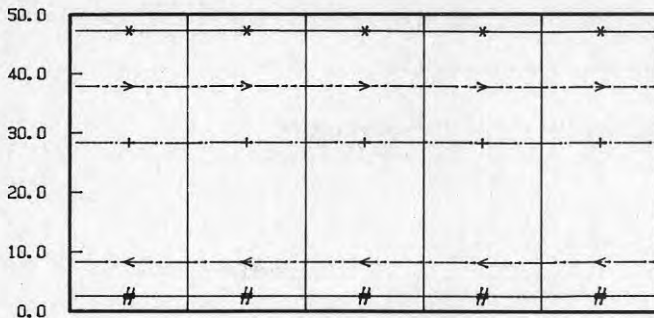
Index:

- *- 13. T41 OV BTK

850122-100213 -- 850122-162713

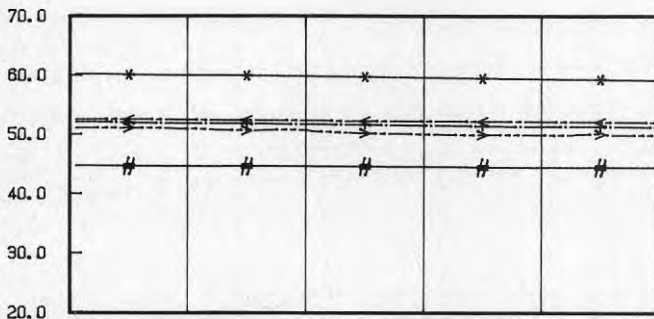
(78- lagr. dT= 300 s)

DÄLIG T-ISOL BTK-300



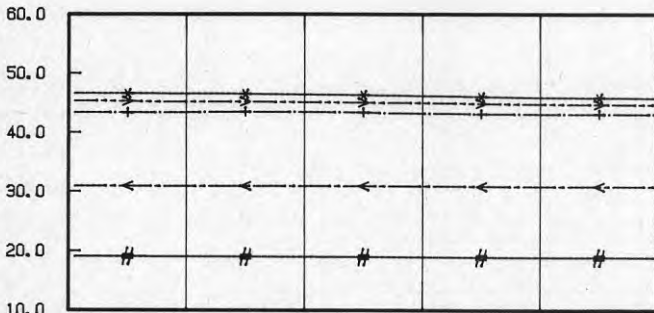
Index:

- *- 4. T32 U. ISOL
- >- 7. T35 M. 1.55
- +- 5. T33 KANTIS
- <- 3. T31 OVISOL
- #- 2. T30 M. 0.20



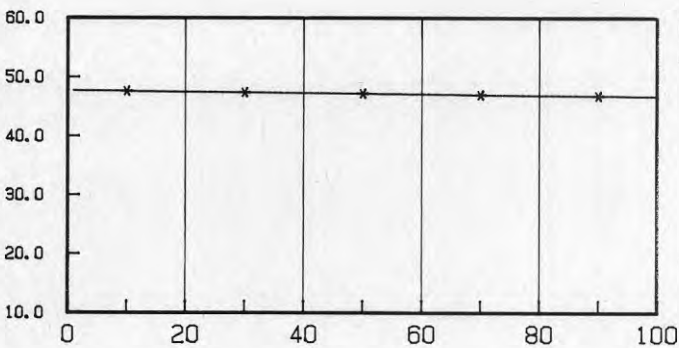
Index:

- *- 10. T38 SID FF
- >- 9. T37 KULVER
- +- 6. T34 OV BTK
- <- 11. T39 UNDER
- #- 8. T36 SID FR



Index:

- *- 15. T43 KULVER
- >- 17. T45 UNDER
- +- 16. T44 ISO-F
- <- 14. T42 ISO-R
- #- 12. T40 OV ISO



Index:

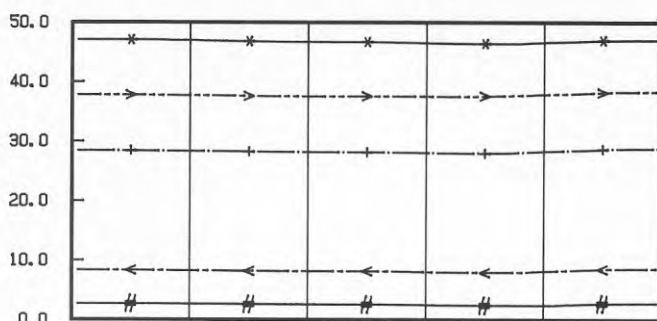
- *- 13. T41 OV BTK

850122-163213 -- 850123-004713

(100- lagr. dT= 300 s)

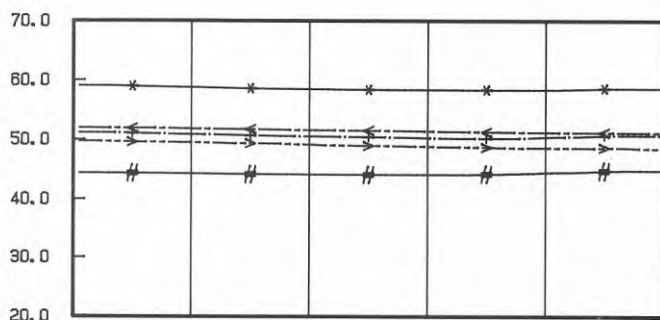
DÅLIG T-ISOL BTK-300

IL-data 850530



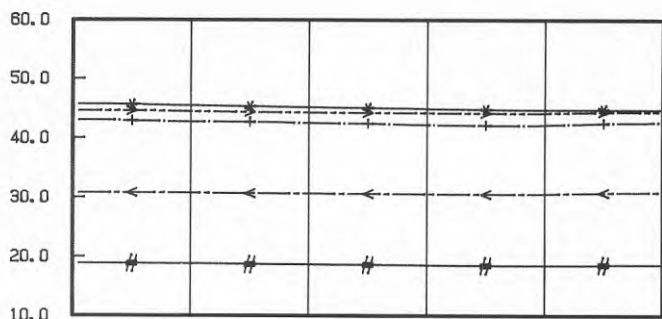
Index:

- *- 4. T32 U. ISOL
- >- 7. T35 M. 1.55
- +- 5. T33 KANTIS
- <- 3. T31 OVISOL
- #- 2. T30 M. 0.20



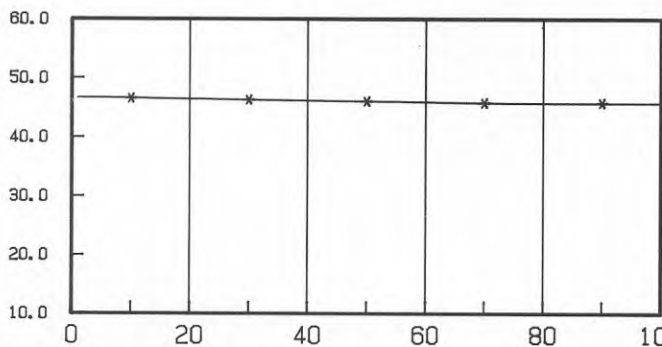
Index:

- *- 10. T38 SID FF
- >- 9. T37 KULVER
- +- 6. T34 OV BTK
- <- 11. T39 UNDER
- #- 8. T36 SID FR



Index:

- *- 15. T43 KULVER
- >- 17. T45 UNDER
- +- 16. T44 ISO-F
- <- 14. T42 ISO-R
- #- 12. T40 OV ISO



Index:

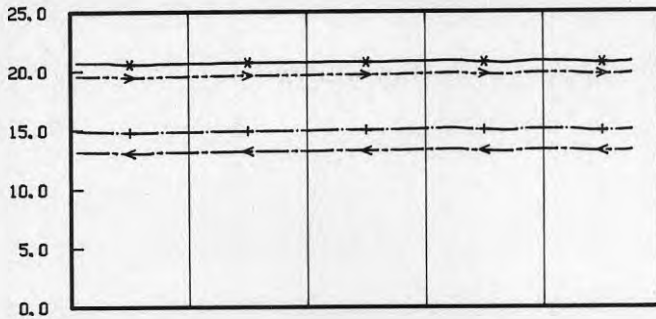
- *- 13. T41 OV BTK

850123-005213 -- 850123-090713

(100- lagr. dT= 300 s)

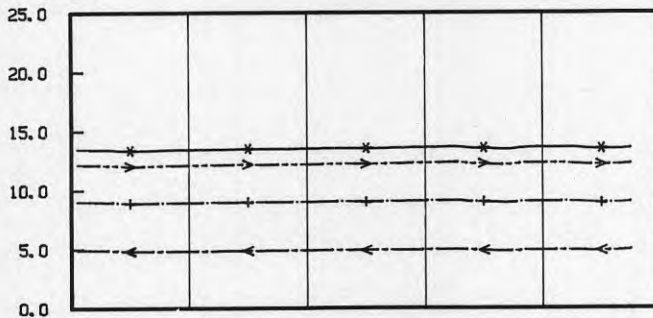
IL-data 850531

BRA CBTK-300



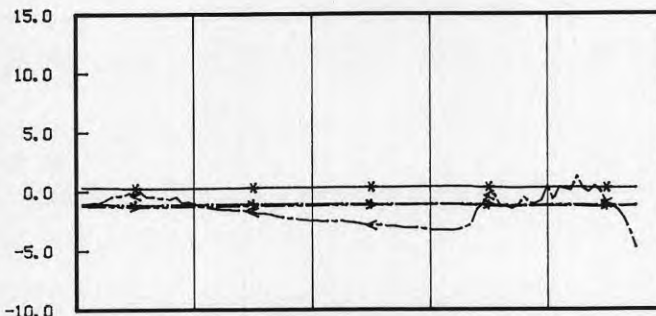
Index:

- *- 9. T57 UNDER
- >- 7. T55 SID FF
- +- 8. T56 SID FR
- <- 5. T53 OV. BTK



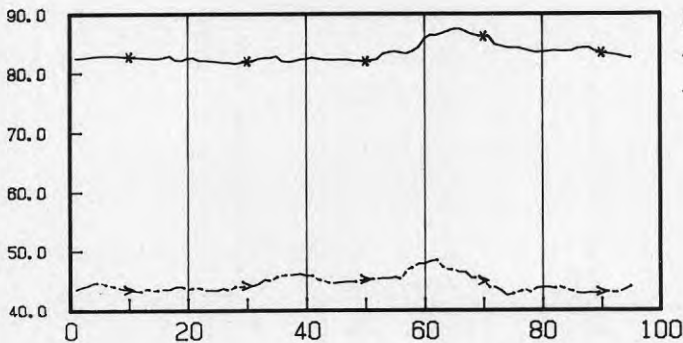
Index:

- *- 4. T52 OV. FF
- >- 6. T54 OV. FR
- +- 3. T51 M 0.45
- <- 2. T50 M 0.30



Index:

- *- 14. T63 R 0.80
- >- 13. T62 R 0.25
- +- 12. T61 R 0.10
- <- 15. UTETEMP



Index:

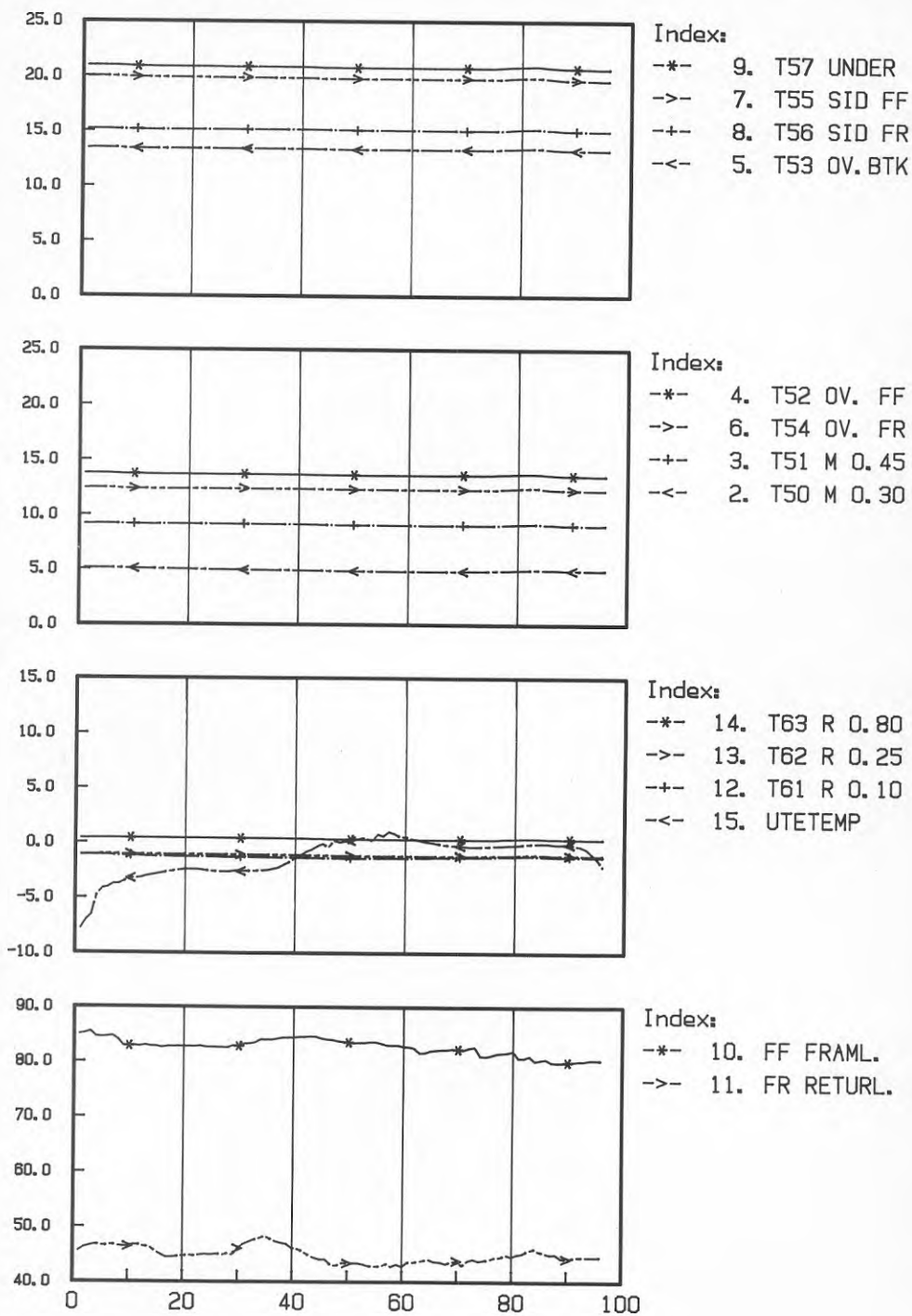
- *- 10. FF FRAML.
- >- 11. FR RETURL.

850308-100147 -- 850309-172147

(95- lagr. dT= 1200 s)

BRA CBTk-300

IL-data 850531

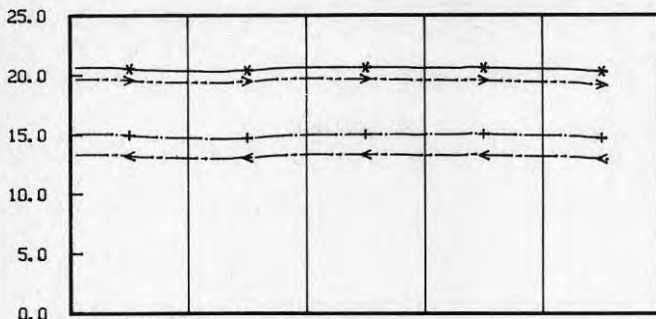


850309-190147 -- 850311-024147

(96- lagr. dT= 1200 s)

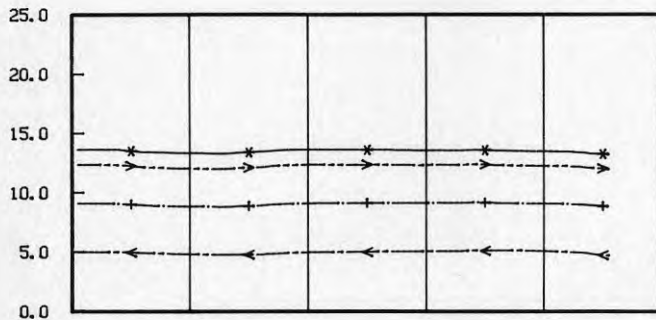
IL-data 850531

BRA CBTk-300



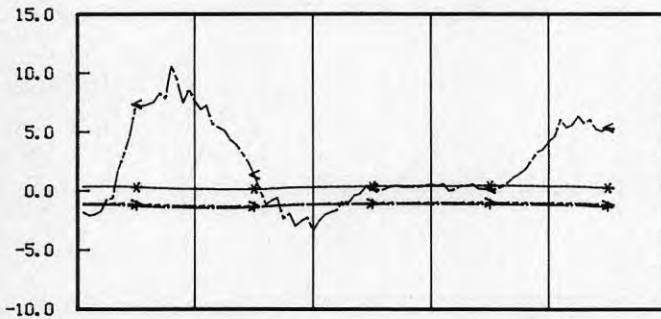
Index:

- *- 9. T57 UNDER
- >- 7. T55 SID FF
- +- 8. T56 SID FR
- <- 5. T53 OV. BTK



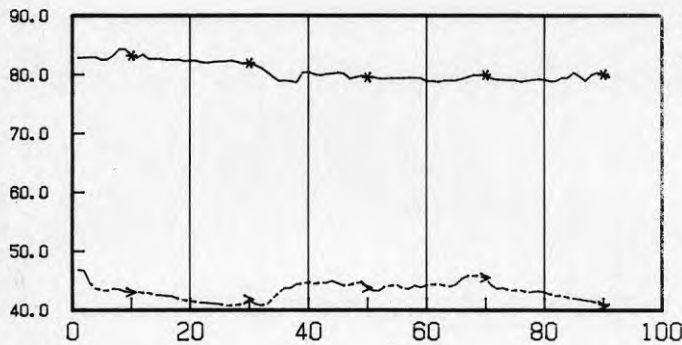
Index:

- *- 4. T52 OV. FF
- >- 6. T54 OV. FR
- +- 3. T51 M 0.45
- <- 2. T50 M 0.30



Index:

- *- 14. T63 R 0.80
- >- 13. T62 R 0.25
- +- 12. T61 R 0.10
- <- 15. UTETEMP



Index:

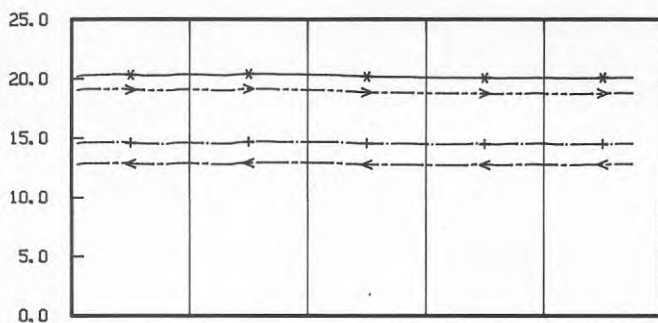
- *- 10. FF FRAML.
- >- 11. FR RETURL.

850311-060147 -- 850312-132147

(91- lagr. dT= 1200 s)

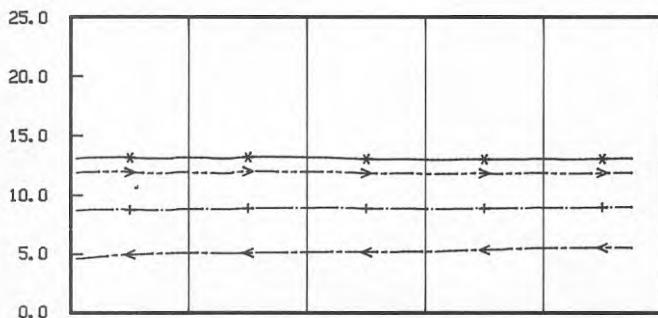
BRA CBTk-300

IL-data 850531



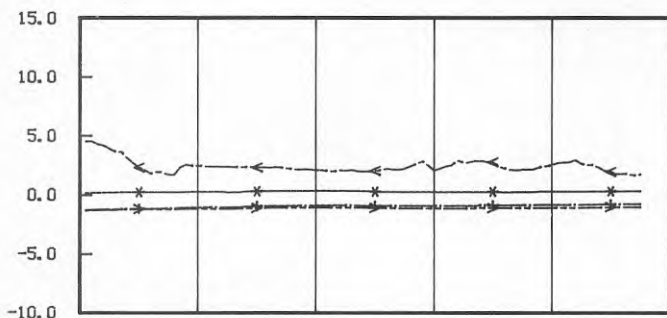
Index:

- *- 9. T57 UNDER
- >- 7. T55 SID FF
- +- 8. T56 SID FR
- <- 5. T53 OV. BTK



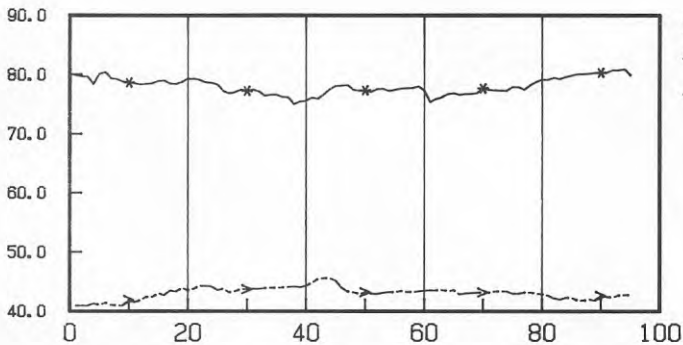
Index:

- *- 4. T52 OV. FF
- >- 6. T54 OV. FR
- +- 3. T51 M 0.45
- <- 2. T50 M 0.30



Index:

- *- 14. T63 R 0.80
- >- 13. T62 R 0.25
- +- 12. T61 R 0.10
- <- 15. UTETEMP



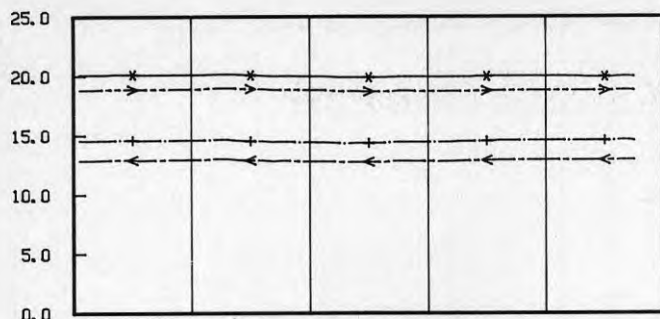
Index:

- *- 10. FF FRAML.
- >- 11. FR RETURL.

850312-152147 -- 850313-224147

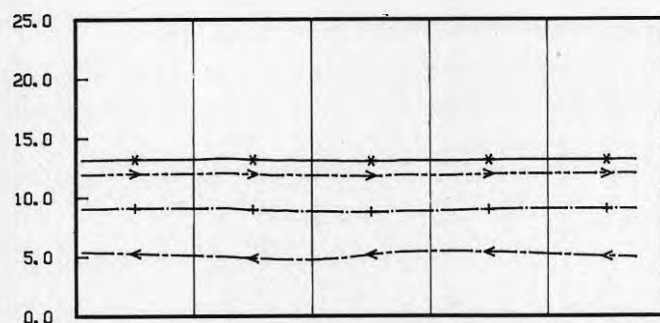
(95- lagr. dT= 1200 s)

BRA CBTK-300



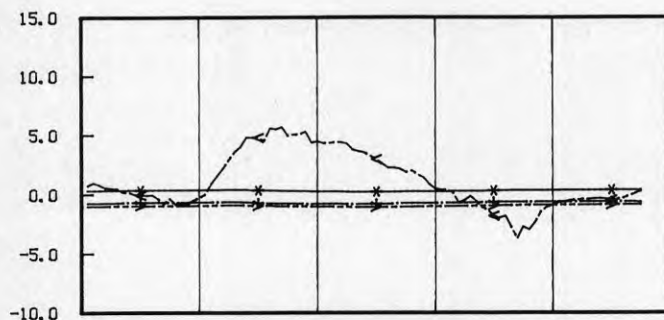
Index:

- *- 9. T57 UNDER
- >- 7. T55 SID FF
- +- 8. T56 SID FR
- <- 5. T53 OV. BTK



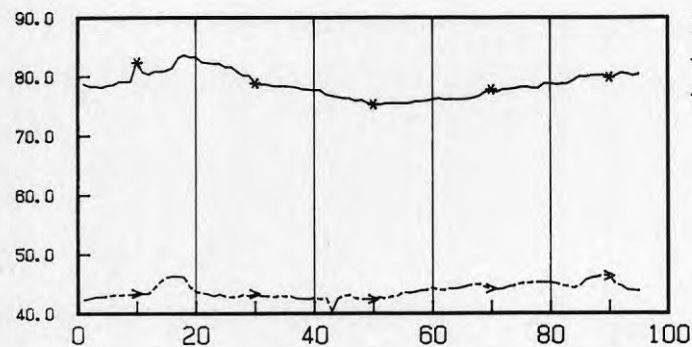
Index:

- *- 4. T52 OV. FF
- >- 6. T54 OV. FR
- +- 3. T51 M 0.45
- <- 2. T50 M 0.30



Index:

- *- 14. T63 R 0.80
- >- 13. T62 R 0.25
- +- 12. T61 R 0.10
- <- 15. UTETEMP



Index:

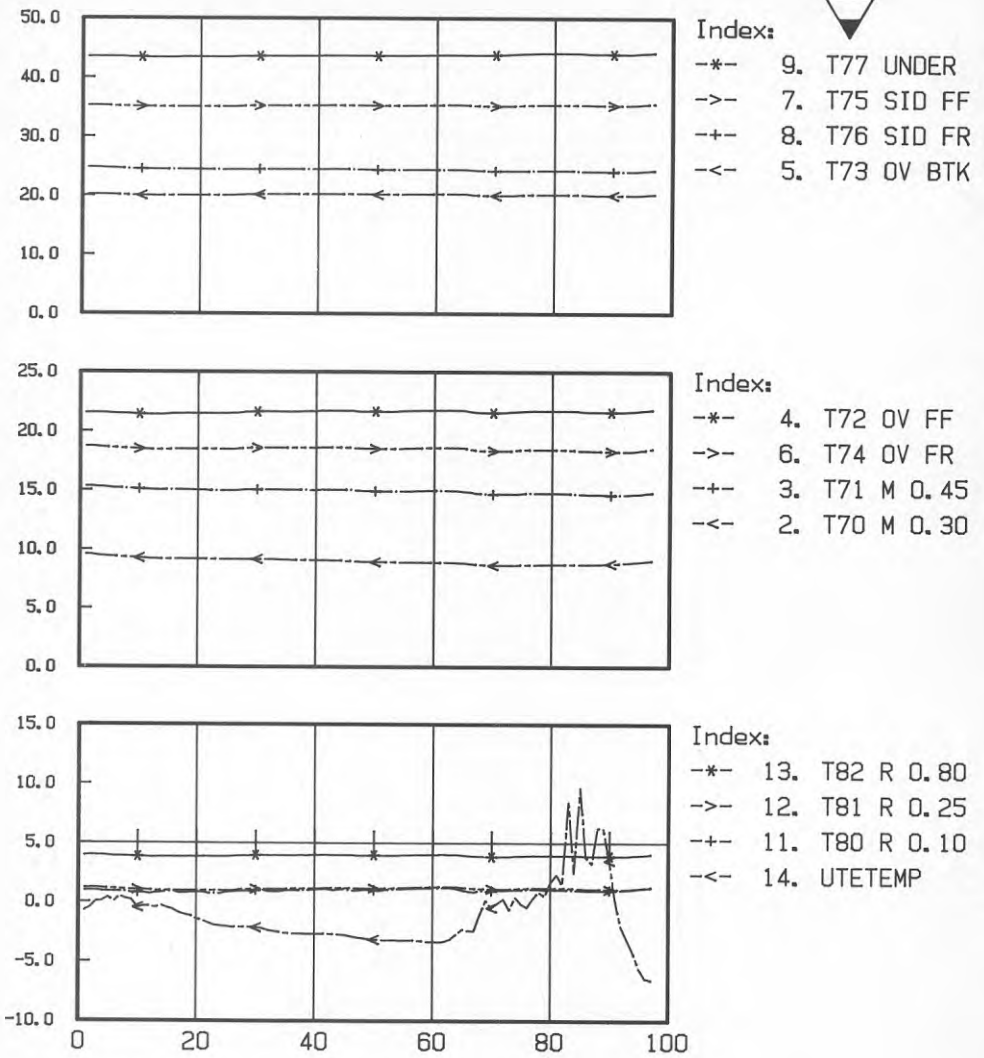
- *- 10. FF FRAML.
- >- 11. FR RETURL.

850314-004147 -- 850315-080147

(95- lagr. dT= 1200 s)

DÅLIG CBTK-300

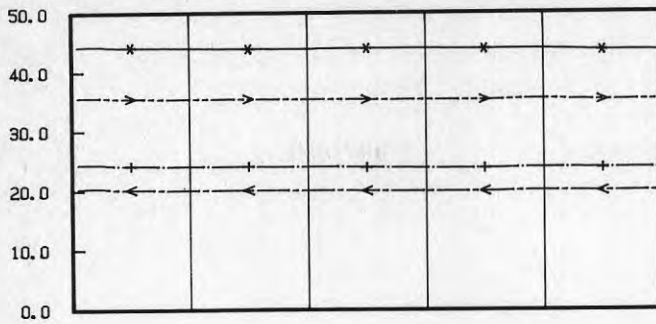
IL-data 850531



850308-100142 -- 850309-184142

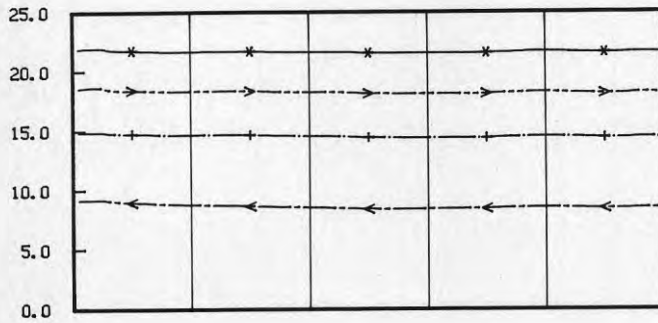
(97- lagr. dT= 1200 s)

DÄLIG CBTK-300



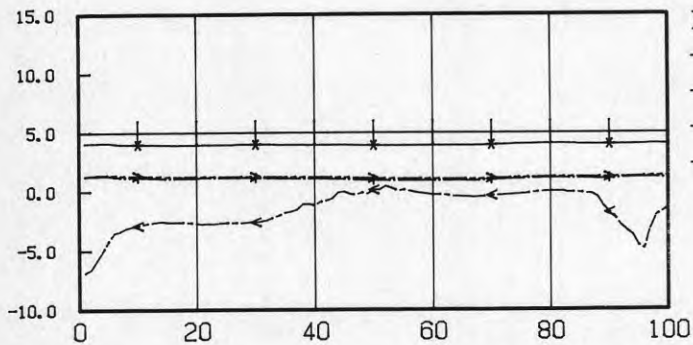
Index:

- *-- 9. T77 UNDER
- >- 7. T75 SID FF
- +- 8. T76 SID FR
- <- 5. T73 OV BTK



Index:

- *-- 4. T72 OV FF
- >- 6. T74 OV FR
- +- 3. T71 M 0.45
- <- 2. T70 M 0.30



Index:

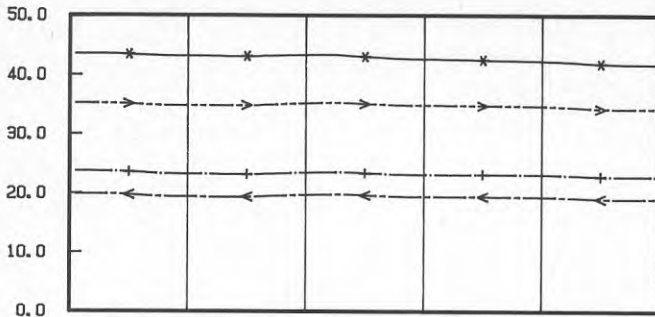
- *-- 13. T82 R 0.80
- >- 12. T81 R 0.25
- +- 11. T80 R 0.10
- <- 14. UTETEMP

850309-190142 -- 850311-054142

(100- lagr. dT= 1200 s)

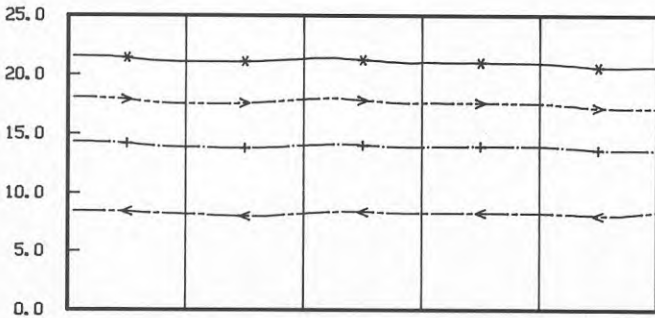
DÅLIG CBTK-300

IL-data 850531



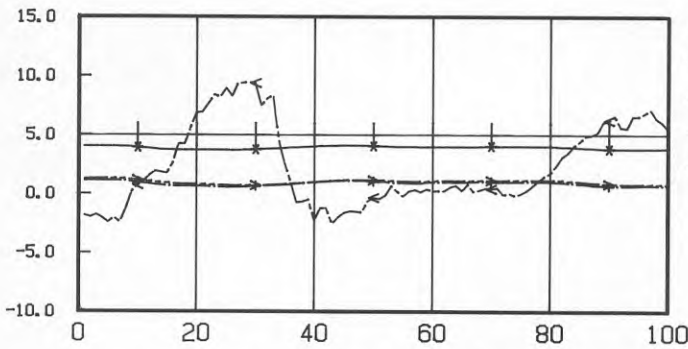
Index:

- * 9. T77 UNDER
- >- 7. T75 SID FF
- + 8. T76 SID FR
- < 5. T73 OV BTK



Index:

- * 4. T72 OV FF
- >- 6. T74 OV FR
- + 3. T71 M 0.45
- < 2. T70 M 0.30



Index:

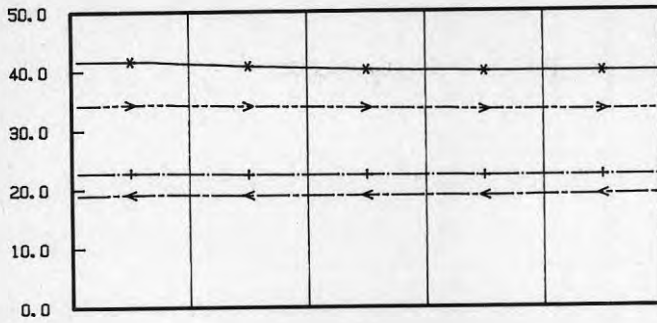
- * 13. T82 R 0.80
- >- 12. T81 R 0.25
- + 11. T80 R 0.10
- < 14. UTETEMP

850311-060142 -- 850312-150142

(100- lagr. dT= 1200 s)

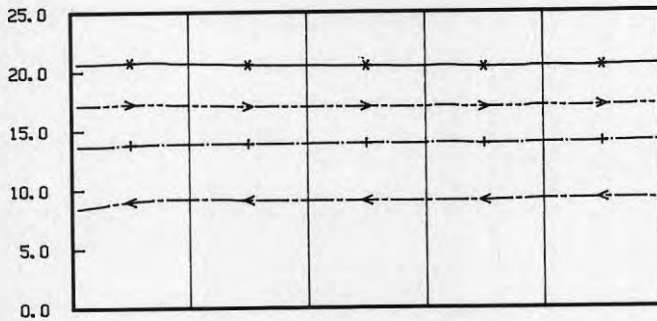
IL-data 850531

DÄLIG CBTK-300



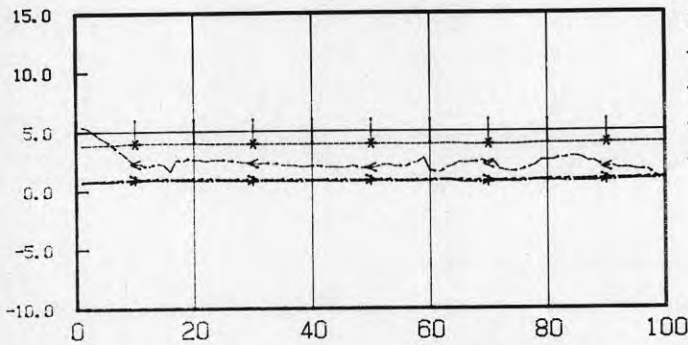
Index:

- *- 9. T77 UNDER
- >- 7. T75 SID FF
- +- 8. T76 SID FR
- <- 5. T73 OV BTK



Index:

- *- 4. T72 OV FF
- >- 6. T74 OV FR
- +- 3. T71 M 0.45
- <- 2. T70 M 0.30

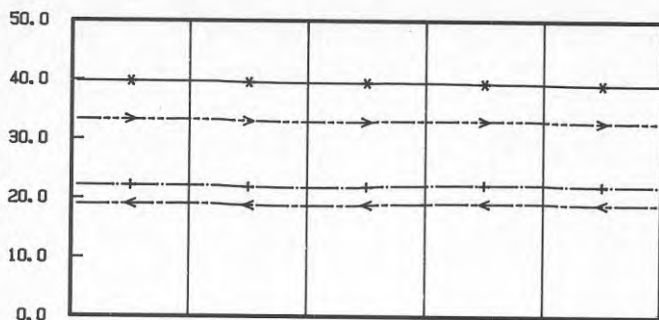


Index:

- *- 13. T82 R 0.80
- >- 12. T81 R 0.25
- +- 11. T80 R 0.10
- <- 14. UTETEMP

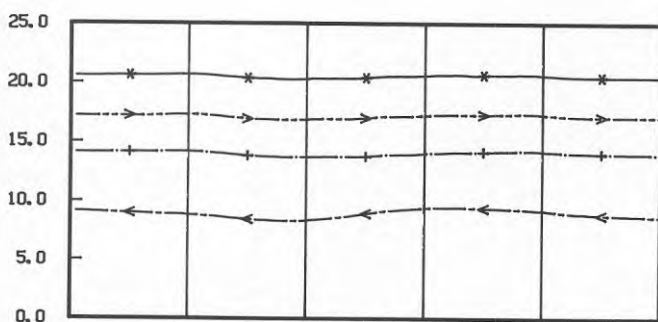
850312-152142 -- 850314-002142

(100- lagr. dT= 1200 s)



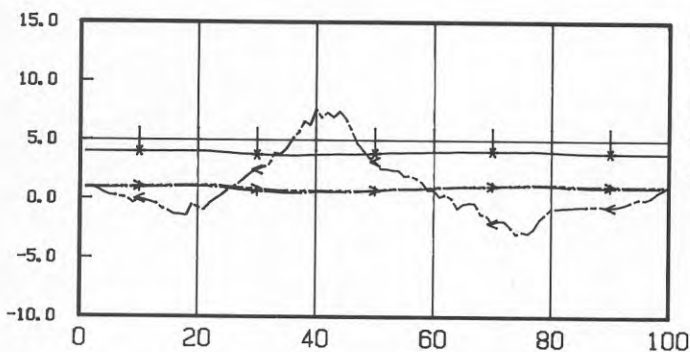
Index:

- *- 9. T77 UNDER
- >- 7. T75 SID FF
- +- 8. T76 SID FR
- <- 5. T73 OV BTK



Index:

- *- 4. T72 OV FF
- >- 6. T74 OV FR
- +- 3. T71 M 0.45
- <- 2. T70 M 0.30



Index:

- *- 13. T82 R 0.80
- >- 12. T81 R 0.25
- +- 11. T80 R 0.10
- <- 14. UTETEMP

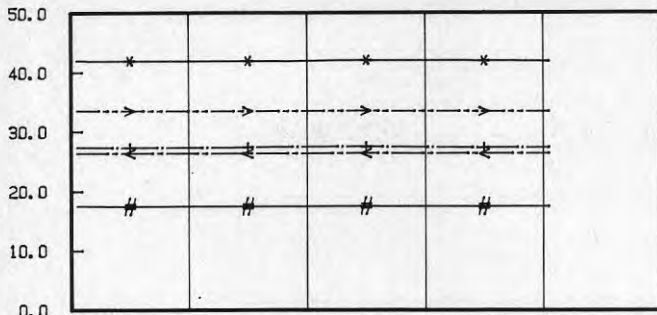
850314-004142 -- 850315-094142

(100- lagr. dT= 1200 s)

T-ISOL CBTK-600

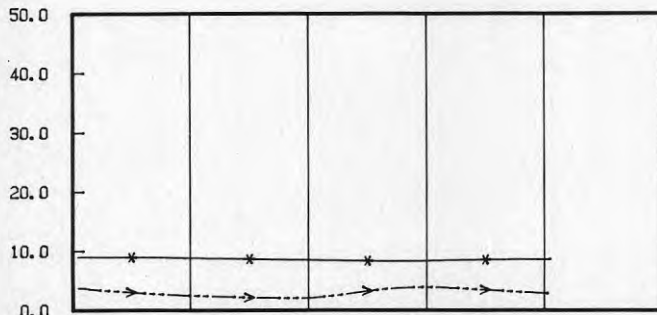
IL-data 850531

REF STRÄCKA



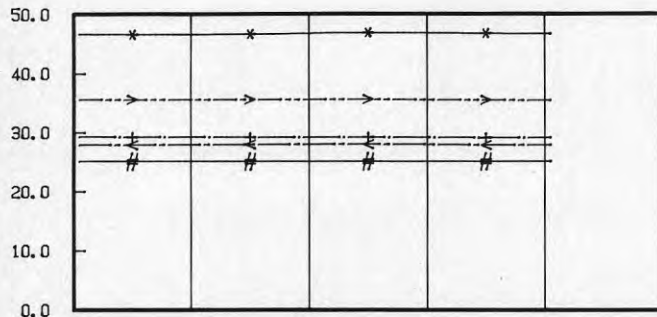
Index:

- *- 17. T7 UNDER
- >- 15. T5 SID FF
- +- 16. T6 SID FR
- <- 14. T4 SID FF
- #- 13. T3 OV BTK



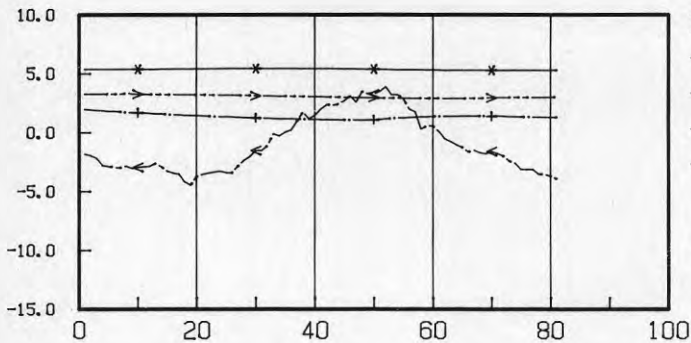
Index:

- *- 12. T2 M 0.30
- >- 11. T1 M 0.10



Index:

- *- 9. T36 UNDER
- >- 7. T34 SID FF
- +- 6. T33 SID FF
- <- 8. T35 SID FR
- #- 5. T32 UN ISO



Index:

- *- 4. T31 OV ISO
- >- 3. T30 M 0.30
- +- 2. T29 M 0.15
- <- 18. UTETEMP

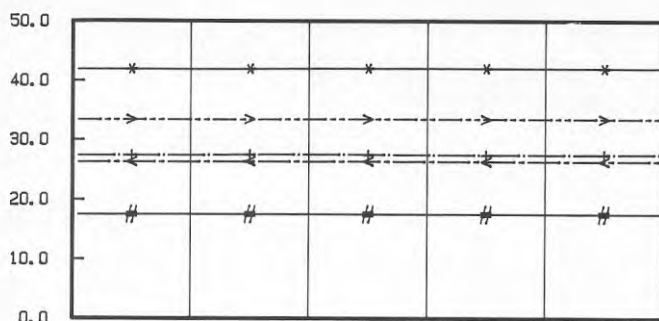
Distributionstemp.enl.
framförliggande registr.

850315-220215 -- 850317-004215

(81- lagr. dT= 1200 s)

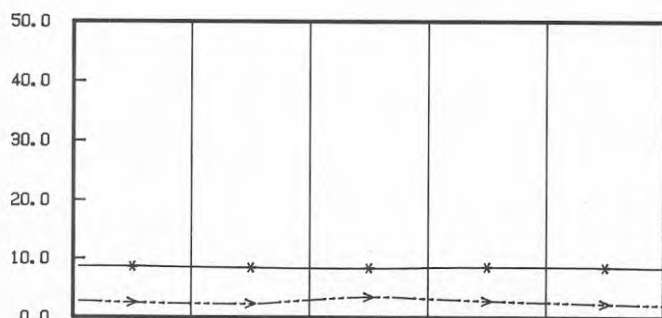
T-ISOL CBTK-600

IL-data 850531



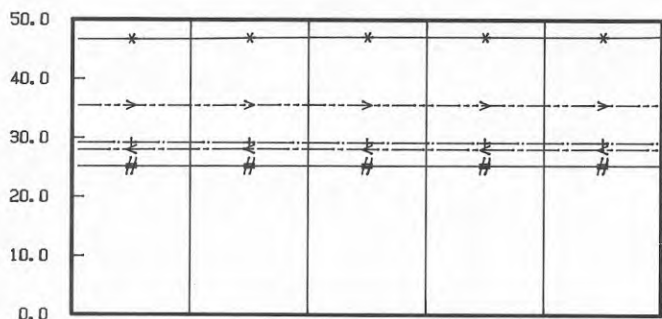
Index:

- *- 17. T7 UNDER
- >- 15. T5 SID FF
- +- 16. T6 SID FR
- <- 14. T4 SID FF
- #- 13. T3 OV BTK



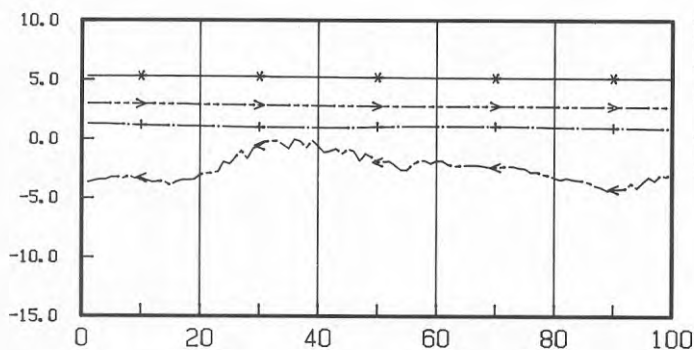
Index:

- *- 12. T2 M 0.30
- >- 11. T1 M 0.10



Index:

- *- 9. T36 UNDER
- >- 7. T34 SID FF
- +- 6. T33 SID FF
- <- 8. T35 SID FR
- #- 5. T32 UN ISO



Index:

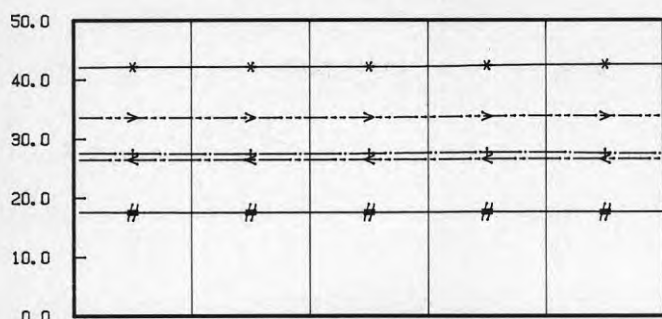
- *- 4. T31 OV ISO
- >- 3. T30 M 0.30
- +- 2. T29 M 0.15
- <- 18. UTETEMP

850317-010215 -- 850318-100215

(100- logr. dT= 1200 s)

IL-data 850531

T-ISOL CBTK-600



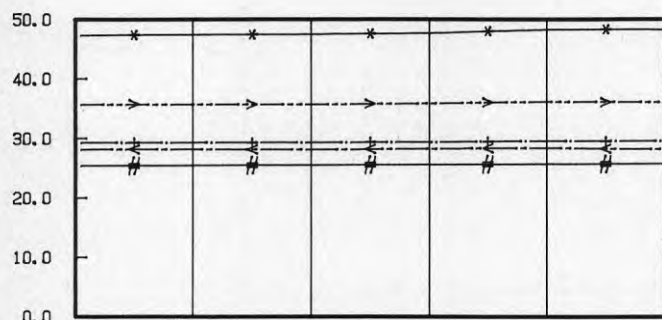
Index:

- *- 17. T7 UNDER
- >- 15. T5 SID FF
- +- 16. T6 SID FR
- <- 14. T4 SID FF
- #- 13. T3 OV BTK



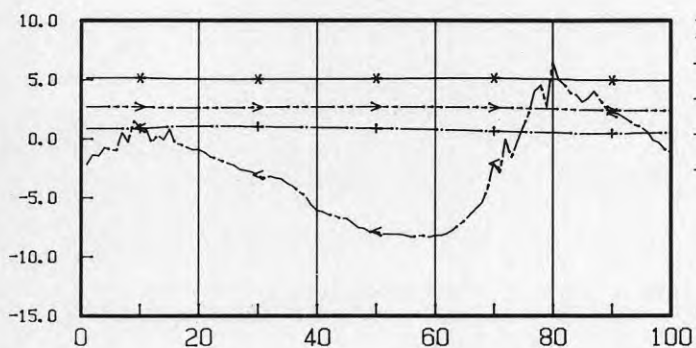
Index:

- *- 12. T2 M 0.30
- >- 11. T1 M 0.10



Index:

- *- 9. T36 UNDER
- >- 7. T34 SID FF
- +- 6. T33 SID FF
- <- 8. T35 SID FR
- #- 5. T32 UN ISO



Index:

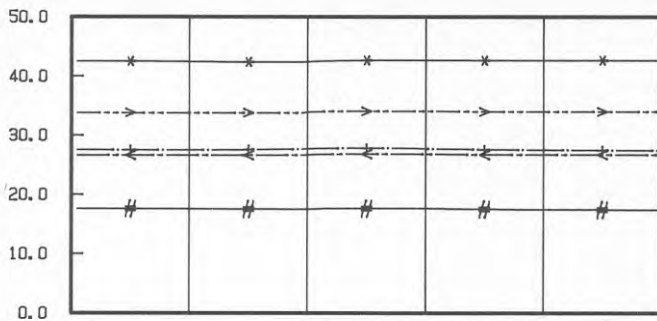
- *- 4. T31 OV ISO
- >- 3. T30 M 0.30
- +- 2. T29 M 0.15
- <- 18. UTETEMP

850318-102215 -- 850319-192215

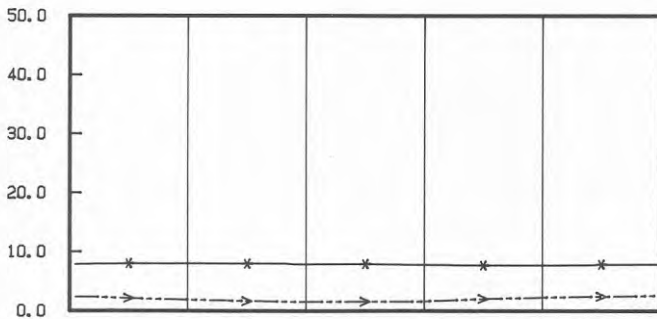
(100- lagr. dT= 1200 s)

T-ISOL CBTk-600

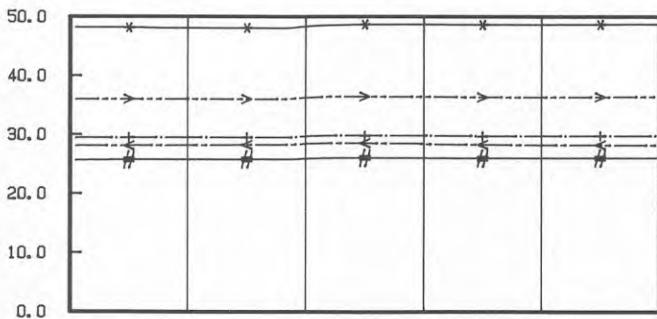
IL-data 850531



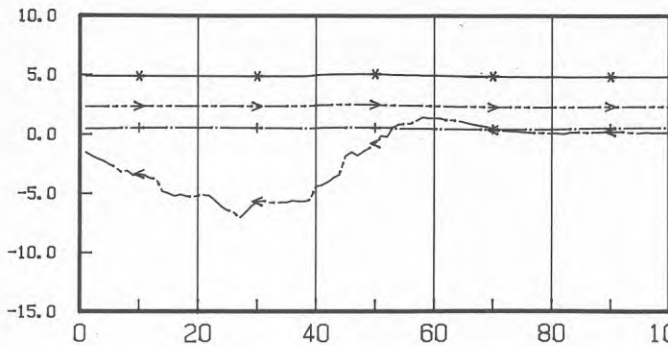
- Index:
- *- 17. T7 UNDER
 - >- 15. T5 SID FF
 - +- 16. T6 SID FR
 - <- 14. T4 SID FF
 - #- 13. T3 OV BTK



- Index:
- *- 12. T2 M 0.30
 - >- 11. T1 M 0.10



- Index:
- *- 9. T36 UNDER
 - >- 7. T34 SID FF
 - +- 6. T33 SID FF
 - <- 8. T35 SID FR
 - #- 5. T32 UN ISO

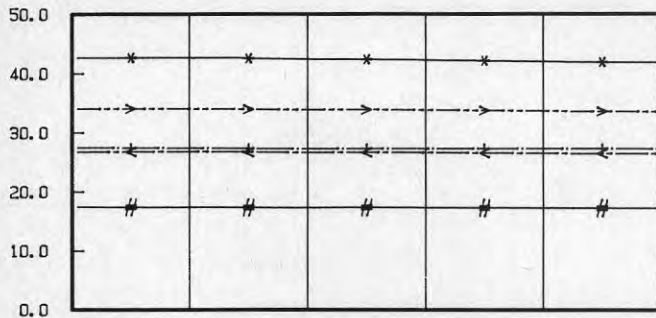


- Index:
- *- 4. T31 OV ISO
 - >- 3. T30 M 0.30
 - +- 2. T29 M 0.15
 - <- 18. UTETEMP

850319-194215 -- 850321-042215

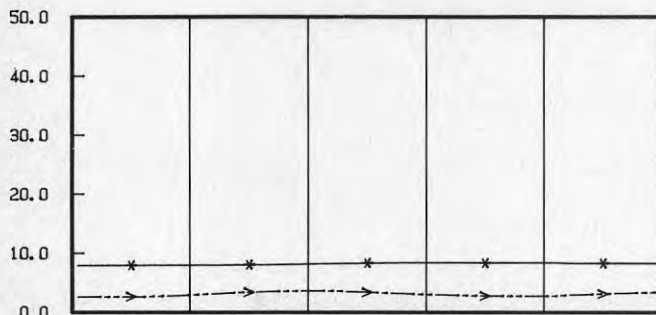
(100- lagr. dT= 1200 s)

T-ISOL CBTk-600



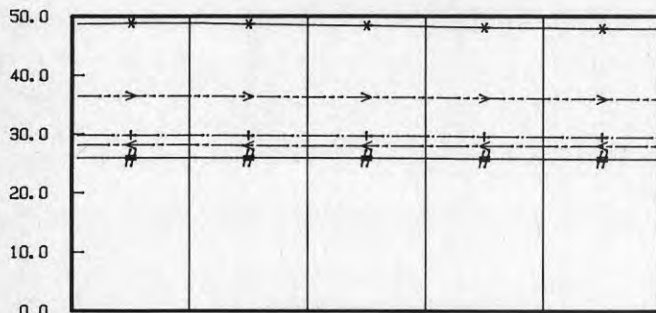
Index:

- *- 17. T7 UNDER
- >- 15. T5 SID FF
- +- 16. T6 SID FR
- <- 14. T4 SID FF
- #- 13. T3 OV BTK



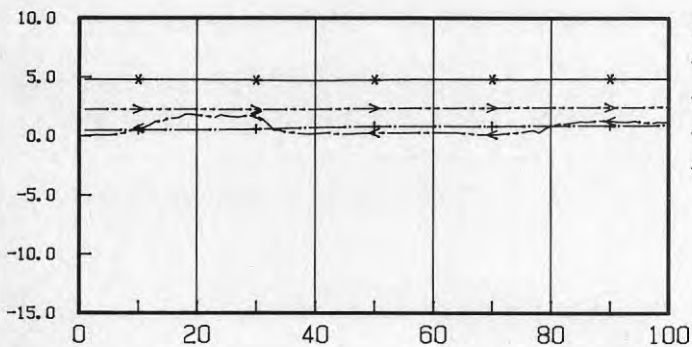
Index:

- *- 12. T2 M 0.30
- >- 11. T1 M 0.10



Index:

- *- 9. T36 UNDER
- >- 7. T34 SID FF
- +- 6. T33 SID FF
- <- 8. T35 SID FR
- #- 5. T32 UN ISO



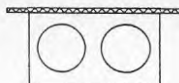
Index:

- *- 4. T31 OV ISO
- >- 3. T30 M 0.30
- +- 2. T29 M 0.15
- <- 18. UTETEMP

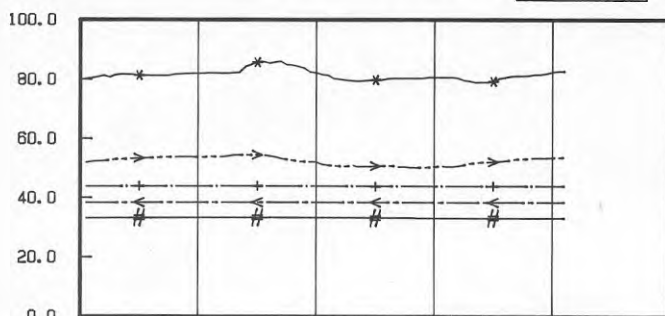
850321-044215 -- 850322-150215

(100- lagr. dT= 1200 s)

T-ISOL CBTK-600



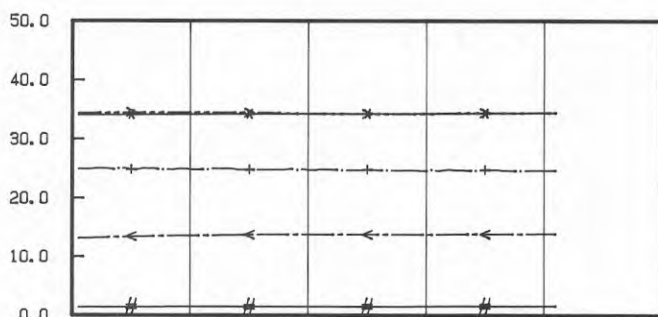
IL-data 850531



Index:

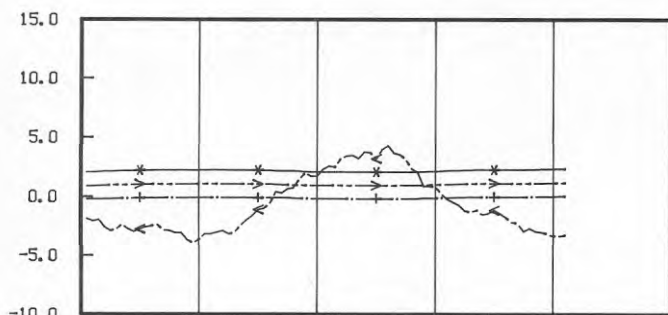


- *- 14. TFF FRAML
- >- 15. TFR RETUR
- +- 17. T22 UNDER
- <- 13. T18 SID FF
- #- 16. T21 SID FR



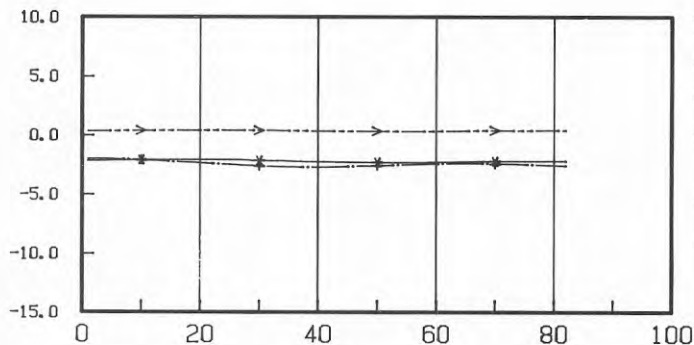
Index:

- *- 11. T16 SID FF
- >- 10. T15 OV BTK
- +- 12. T17 ISOL K
- <- 8. T13 ISOL K
- #- 5. T10 ISOL K



Index:

- *- 9. T14 OV ISO
- >- 7. T12 M 0.30
- +- 6. T11 M 0.15
- <- 18. UTETEMP

REFERENS MARK

Index:

- *- 4. T43 REF 0,3
- >- 3. T42 REF 1,3
- +- 2. T41 REF 0,15

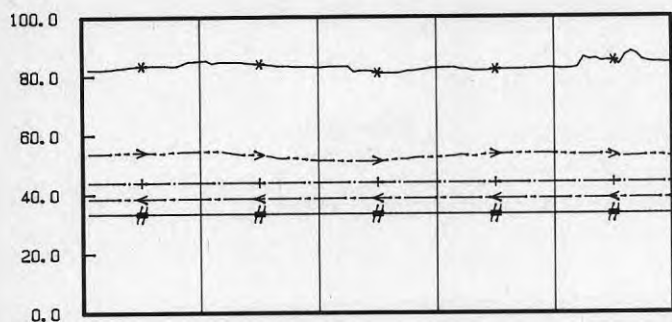
Markreferens gemensam för
alla CBTK 600.

850315-220214 -- 850317-010214

(82- lagr. dT= 1200 s)

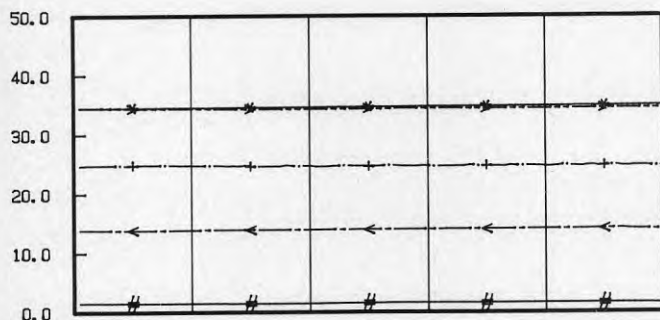
IL-data 850531

T-ISOL CBTk-600



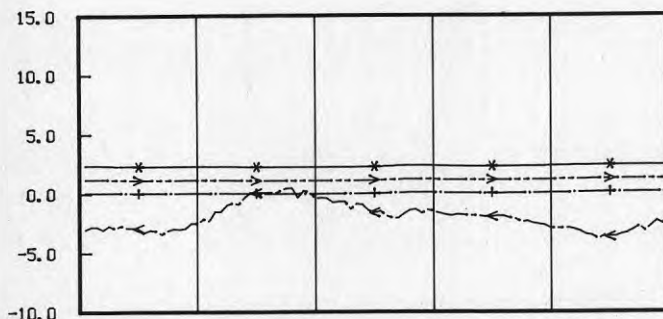
Index:

- *- 14. TFF FRAML
- >- 15. TFR RETUR
- +- 17. T22 UNDER
- <- 13. T18 SID FF
- #- 16. T21 SID FR



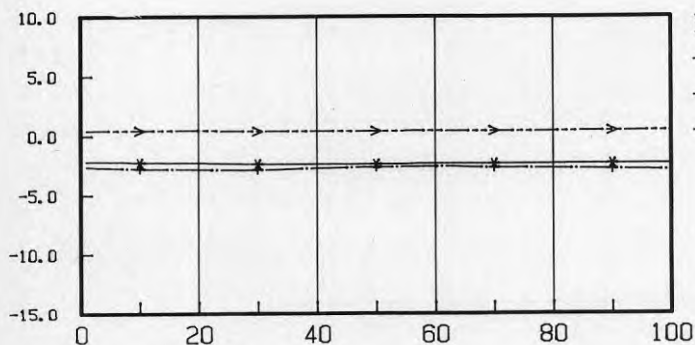
Index:

- *- 11. T16 SID FF
- >- 10. T15 OV BTK
- +- 12. T17 ISOL K
- <- 8. T13 ISOL K
- #- 5. T10 ISOL K



Index:

- *- 9. T14 OV ISO
- >- 7. T12 M 0.30
- +- 6. T11 M 0.15
- <- 18. UTETEMP



Index:

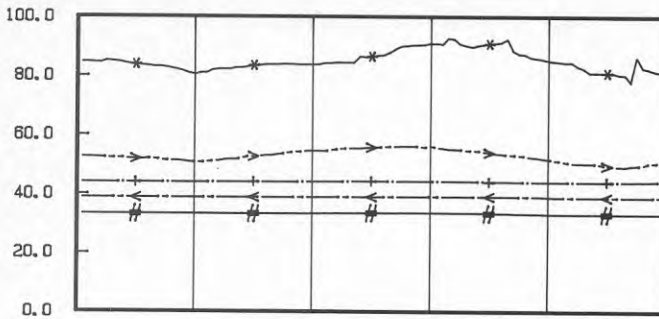
- *- 4. T43 REF
- >- 3. T42 REF
- +- 2. T41 REF

850317-012214 -- 850318-102214

(100- lagr. dT= 1200 s)

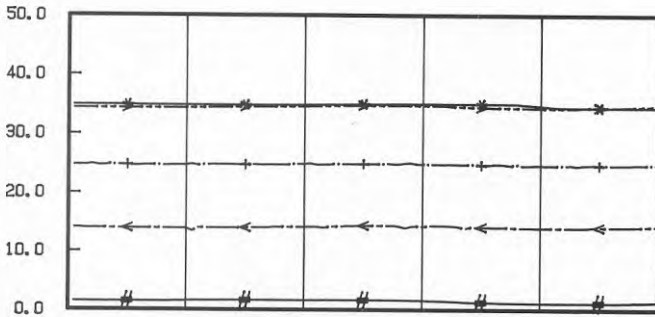
T-ISOL CBTk-600

IL-data 850531



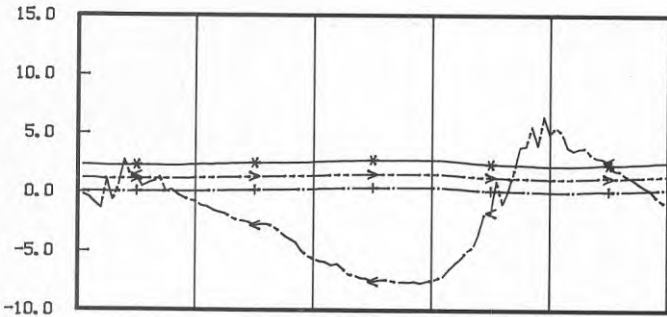
Index:

- *- 14. TFF FRAML
- >- 15. TFR RETUR
- +- 17. T22 UNDER
- <- 13. T18 SID FF
- #- 16. T21 SID FR



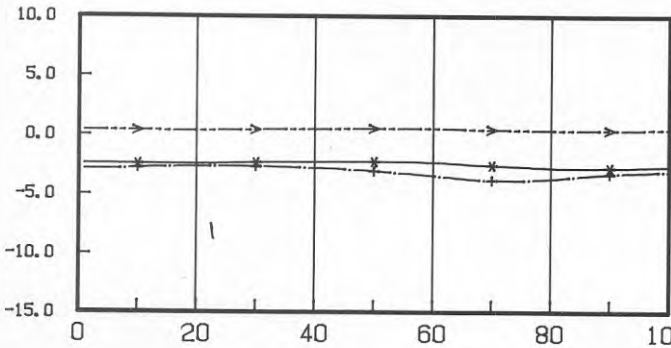
Index:

- *- 11. T16 SID FF
- >- 10. T15 OV BTK
- +- 12. T17 ISOL K
- <- 8. T13 ISOL K
- #- 5. T10 ISOL K



Index:

- *- 9. T14 OV ISO
- >- 7. T12 M 0.30
- +- 6. T11 M 0.15
- <- 18. UTETEMP



Index:

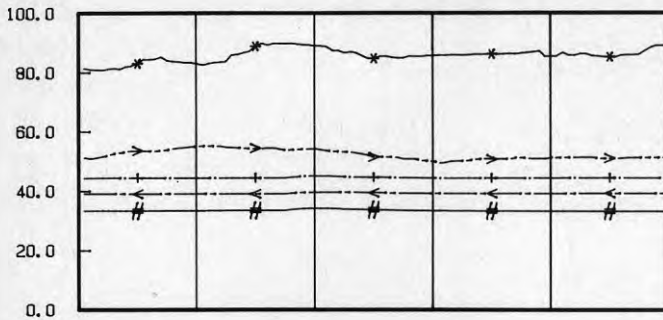
- *- 4. T43 REF
- >- 3. T42 REF
- +- 2. T41 REF

850318-104214 -- 850319-194214

(100- lagr. dT= 1200 s)

T-ISOL CBTK-600

IL-data 850531



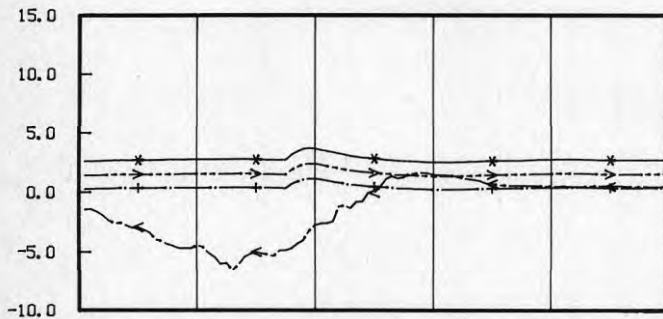
Index:

- *-- 14. TFF FRAML
- >- 15. TFR RETUR
- +- 17. T22 UNDER
- <- 13. T18 SID FF
- #- 16. T21 SID FR



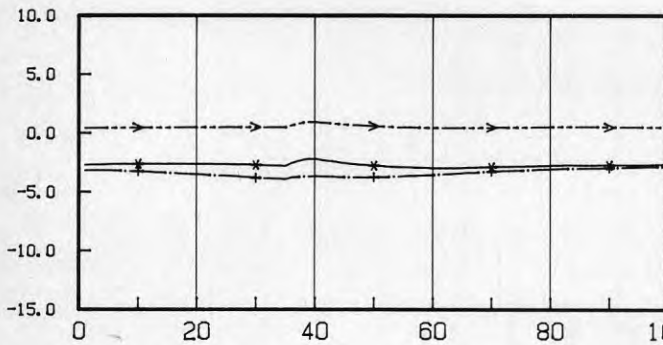
Index:

- *-- 11. T16 SID FF
- >- 10. T15 OV BTK
- +- 12. T17 ISOL K
- <- 8. T13 ISOL K
- #- 5. T10 ISOL K



Index:

- *-- 9. T14 OV ISO
- >- 7. T12 M 0.30
- +- 6. T11 M 0.15
- <- 18. UTETEMP



Index:

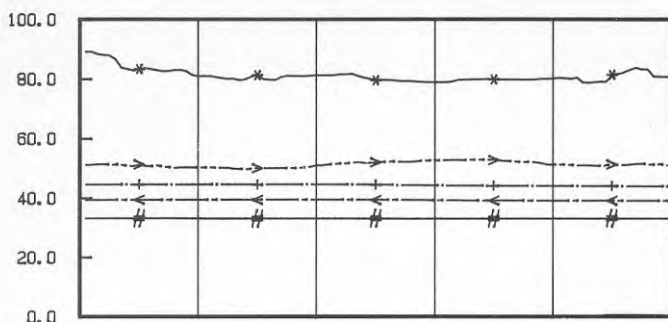
- *-- 4. T43 REF
- >- 3. T42 REF
- +- 2. T41 REF

850319-200214 -- 850321-044214

(100- lagr. dT= 1200 s)

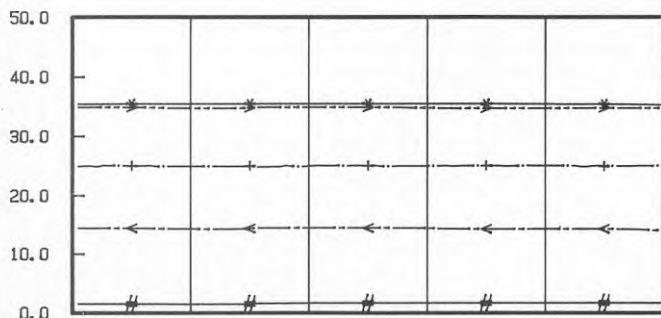
T-ISOL CBTK-600

IL-data 850531



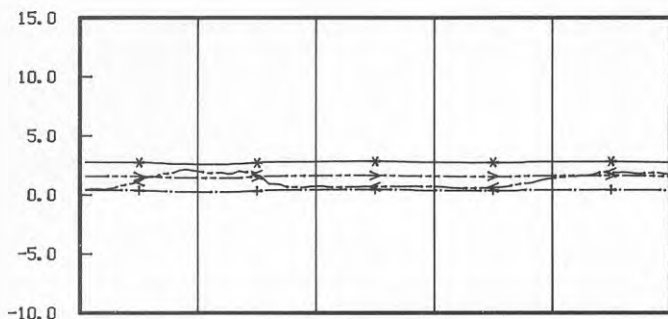
Index:

- *- 14. TFF FRAML
- >- 15. TFR RETUR
- +- 17. T22 UNDER
- <- 13. T18 SID FF
- #- 16. T21 SID FR



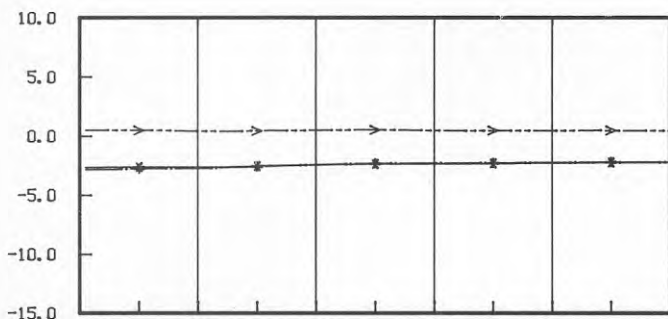
Index:

- *- 11. T16 SID FF
- >- 10. T15 OV BTK
- +- 12. T17 ISOL K
- <- 8. T13 ISOL K
- #- 5. T10 ISOL K



Index:

- *- 9. T14 OV ISO
- >- 7. T12 M 0.30
- +- 6. T11 M 0.15
- <- 18. UTETEMP



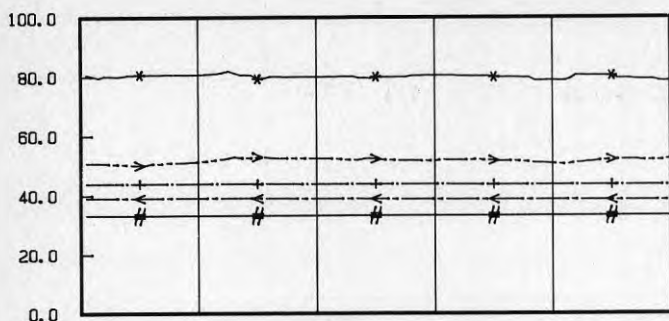
Index:

- *- 4. T43 REF
- >- 3. T42 REF
- +- 2. T41 REF

850321-050214 -- 850322-140214

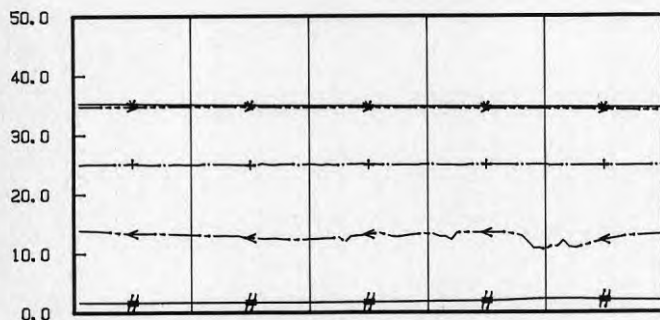
(100- lagr. dT= 1200 s)

T-ISOL CBTK-600



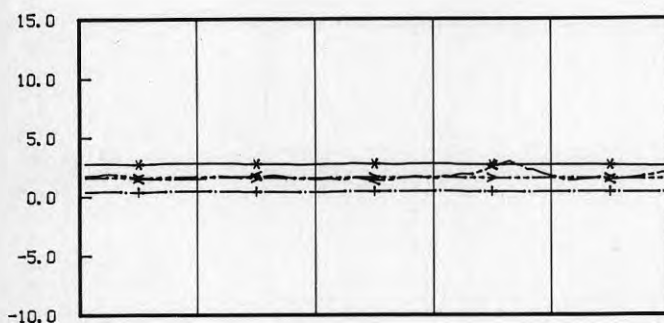
Index:

- *-- 14. TFF FRAML
- >- 15. TFR RETUR
- + 17. T22 UNDER
- <- 13. T18 SID FF
- #- 16. T21 SID FR



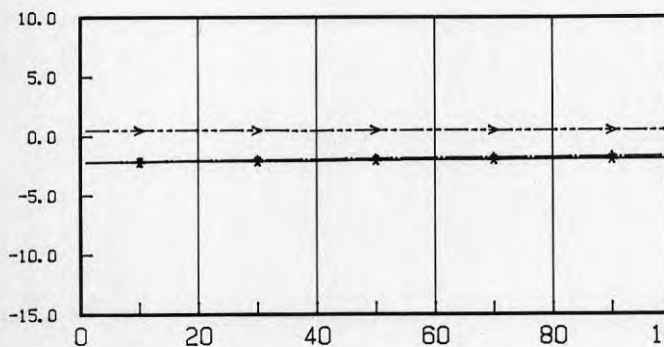
Index:

- *-- 11. T16 SID FF
- >- 10. T15 OV BTK
- + 12. T17 ISOL K
- <- 8. T13 ISOL K
- #- 5. T10 ISOL K



Index:

- *-- 9. T14 OV ISO
- >- 7. T12 M 0.30
- + 6. T11 M 0.15
- <- 18. UTETEMP



Index:

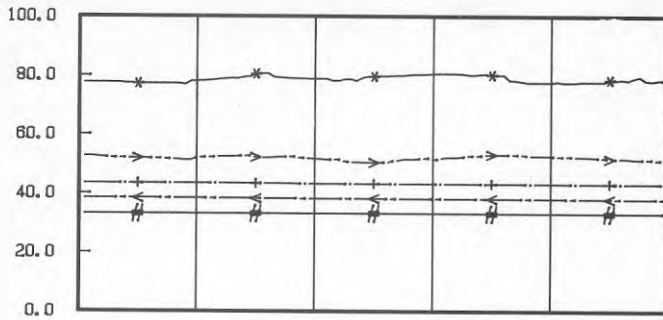
- *-- 4. T43 REF
- >- 3. T42 REF
- + 2. T41 REF

850322-142214 -- 850323-232214

(100- lagr. dT= 1200 s)

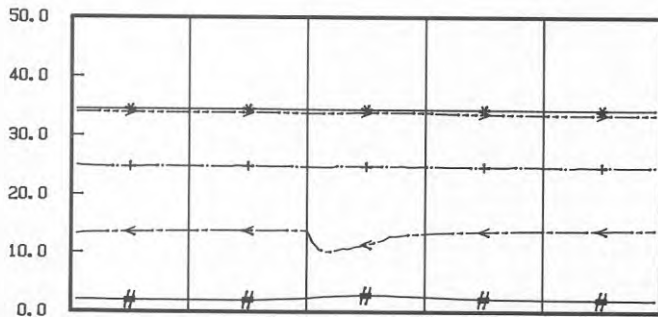
T-ISOL CBTK-600

IL-data 850531



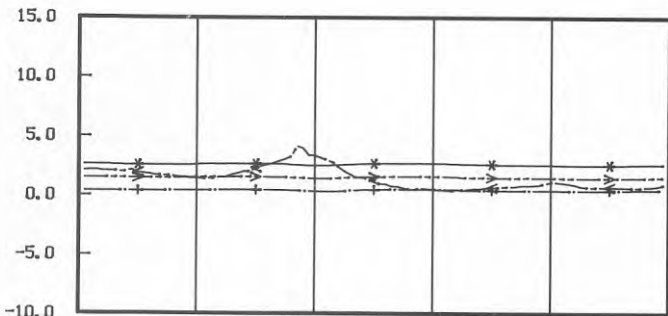
Index:

- *- 14. TFF FRAML
- >- 15. TFR RETUR
- +- 17. T22 UNDER
- <- 13. T18 SID FF
- #- 16. T21 SID FR



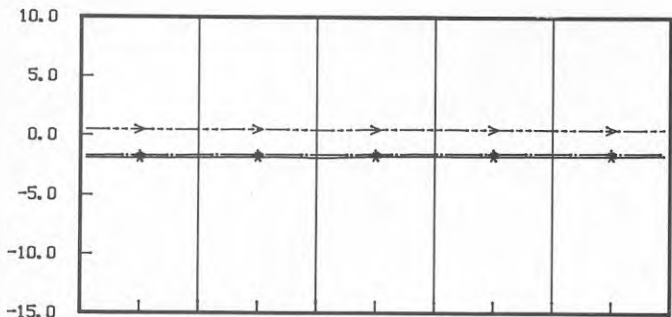
Index:

- *- 11. T16 SID FF
- >- 10. T15 OV BTK
- +- 12. T17 ISOL K
- <- 8. T13 ISOL K
- #- 5. T10 ISOL K



Index:

- *- 9. T14 OV ISO
- >- 7. T12 M 0.30
- +- 6. T11 M 0.15
- <- 18. UTETEMP



Index:

- *- 4. T43 REF
- >- 3. T42 REF
- +- 2. T41 REF

850323-234214 -- 850325-082214

(99- 1agr. dT= 1200 s)

11 LITTERATURFÖRTECKNING

- (1) Abrahamsson Birger. Analys av anläggningskostnader för fjärrvärmekulvert. Värmeforskningsrapport 155. 1983-08-10 proj E 36.
- (2) Andersson Sture. Ekonomisk Isoleringstjocklek för direktskummande fjärrvärmeledningar. BFR-Rapport R 185:84.
Utgör ett direkt hjälpmedel vid val av isoleringstjocklek för direktskummande fjärrvärmeledningar.
Redovisar olika parametrars inverkan på värmeförlusten.
- (3) Bøhm Benny. Dynamiske temperaturförløb i fjernvarmeledninger. Teknologisk Institut Danmark, maj 1984.
Bygger på Kvisgaard och Hadvigs beräkningsmodeller.
Användes bäst på polyurentankkulvertar.
Utvecklat beräkningsteknik för dynamiska beräkningar av energisystem.
Modellen anger temperaturförlopp och värmeförlust.
- (4) Danska fjärrvärmeföreningen. Utredning om fjernvarmerenovering. Fjernvarme 17, maj 1983.
Projektet belyser förhållandena kring renovering av fjärrvärmenätet och en beskrivning av ledningarnas tillstånd samt en värdering av renoveringsbehovet.
- (5) Frederiksen Svend. A Thermodynamic Analysis of District Heating. LTH 1982 (doktorsavhandling).
Teknisk flexibilitet hos konventionella fjärrvärmesystem BRF R 13:85.
Behandlar det värmetekniska samspelet mellan värmekälla och distributionssystem.
- (6) Hagentoft Carl-Eric. Temperatures in the Ground Around District Heating Mains. Effects of extra thermal insulation. BFR dokumentserie (under publ). LTH 1985.
Jämförelse mellan i fält uppmätta temperaturer och via datorsimulering erhållna.
Simulering av hur marktemperaturen påverkas av ändringar i lufttemperatur och ledningstemperatur.
- (7) Haseler A E. District Heating and Telethermics. Building Services Engineer 42 (1975) febr. mars S 257-285.
Omkringliggande mark och lufttemperatursvängning har en minimal betydelse för värmeförlust. Men variation i fuktinnehåll och grundvattenflöde som rör sig har betydande inflytande. Stillastående grundvatten har mindre effekt på värmeförlusten. Största toppar på värmeförlust kan noteras vid regnväder.

- (8) Henriksson-Eveberg. Optimering av värmeisolering för fjärrvärmekulvert av betong. Examensarbete publ. 80:7. Avd för Husbyggnadsteknik CTH, Göteborg, 1980.

Utför temperaturregistrering kring två befintliga betongkulvertar där den ena försetts med invändig tilläggsisolering. Jämför resultatet med datorbaserad beräkningsmodell (FEMTEMP II). Kondensproblem undersökes teoretiskt.

- (9) Homonnay, G och Hoffman A. Wärmeverluste von Fernheiznetzen bei periodischen temperaturänderungen. HLH 22 (1971):12 s 376 - 381.

Visar teoretiskt hur temperauren varierar i marken runt ett rör som ändrar sin temperatur cykliskt.

- (10) Ingre Per. Schaktkostnad vid individuell och samförlagd värmekulvert. Ekonomisk utredning. BFR R 156:1984.

Studera kostnaden för markarbeten vid förläggning av distributionsledningar och belyser konsekvenserna av en marginal kostnadsbetraktelse för värmekulvertar vid samförläggning med andra distributionsledningar.

- (11) Isaksson Tord. Mätning av värmeförluster, bestämning av mätfel samt undersökning av sammanlagring. BFR R 47:1984.

Redovisning av värmeförluster och mätfel för 11 svenska fjärrvärmeanslutna småhusområden. Wärmeförlusterna har bestämts genom att mäta till området inmatad energi och jämföra med summan av till abonnenterna uppmätt energi.

- (12) Jansson Lars-Erik. Tjälproblem vid fjärrvärmeledningar i gator BFR R 111:1984.

Redovisar omfattande enkätstudier från 114 värmeverk över tjällyftningsproblem kring värmekulvert. Behandlar teoretiskt möjligheten att med markskivor utjämna skillnaderna i tjäldjup över och vid sidan av fjärrvärmeledningar.

- (13) Jonasson Ulf m fl. Metoder att minska värmeförluster i befintliga fjärrvärmesystem. Etapp 1. BFR R 78:1984.

- (14) Carlsson och Eneborg. Wärmeförluster från kulvertledningar. BFR Rapport nr 42, 1963.

Har uppmätt värmeförluster från åtta olika markförlagda kulverttyper och fått god överensstämmelse med de teoretiska beräknade värdena.

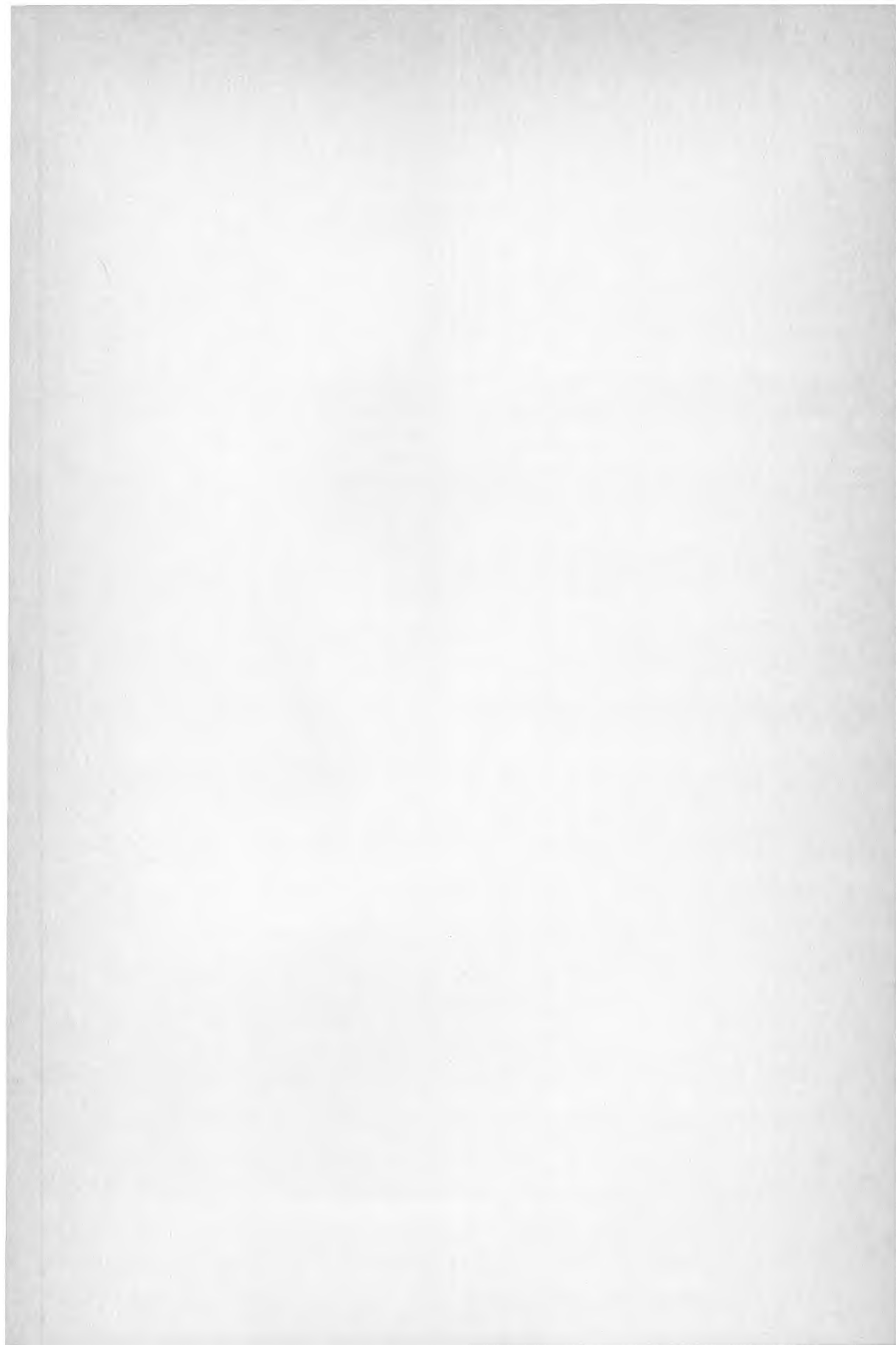
- (15) Kirscher O. Springer Verlag, Berlin 1963.

Die wissenschaftlichen grundbogen der trocknungstechnik.

Beräkningar värmeledningstal för cellbetong vid varierande temperatur och fuktinnehåll.

- (16) Claesson J. Temperaturer kring isolerade rör i jord.
Arbetsrapport 1970:2. LTH 1970.
Redovisar beräkningsuttryck för temperaturen kring värmeledningsrör i mark.
- (17) Kvisgaard Hadvig. Varmetab fra fjernvarmeledninger.
Tekniskt förlag Köpenhamn 1980.
Beräkningsuttryck för värmeförlust och temperaturförhållanden kring de vanligast förekommande fjärrvärmeledningarna.
- (18) Lawaetz Henrik. Beregning af fjernvarmeledningars varmetab Fjernvarme 3.1. Danske Fjernvarmevaerkets forening maj 1982.
Teoretiskt underlag för värmeförlustberäkning.
Värmeledning studeras beträffande polyuretan, cellbetong, minull, jord, betong, parameterstudie av dess påverkan på värmeförluster.
- (19) Olofsson Dan. Ekonomisk Isolering av fjärrvärmenät.
Rapport från Tekniska mötet 14 mars 1984. VVF.
Pilot-studie om det är ekonomiskt motiverat att omisolera befintliga fjärrvärmekammare.
- (20) Olsson S. P-A Nilsson. Återvinning av värmeförluster i fjärrvärmekulvertar med värmepump. BFR anslag 821138-9.
Teoretisk och ekonomisk analys av att med samförlagda kollektorslangar tillvarata kulvertens värmeförlust med hjälp av värmepump.
- (21) Saare E. Wenner C-G. Värmeledningstal hos olika jordarter.
BFR Rapport nr 31, 1957.
Omfattande studie över olika marktypers värmeledningstal vid varierande fuktkvot och temperatur.
- (22) Spångenberg K G. Markförsök med värmekulvertar med vattenbärarrör av koppar/stål. Slutrapport NE 2060191/NE 2060192. Studsvik 1979.
Dessa båda rapporter undersöker experimentellt hur nya kulverttyper uppträder under inverkan av jordlast, miljö och speciella lägningsförfarande.
- (23) Werner Sven. Värmeförluster vid fjärrvärmedistribution.
Rapport A82-109. Inst för Energiteknik CTH, februari 1982.
Presenterar uttryck för beräkning av värmeförluster från markförlagda, varma rörledningar.
Beskriver inverkan av sammanfallande temperaturfält.
Metodik för beräkning av relativa distributionsförluster.
Gäller främst plastkulvertar.
- (24) Werner Sven. The Heat Load in District Heating Systems.
(doktorsavhandling) Inst för Energiteknik, CTH 1984.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831583-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Uppsala
Kraftvärme AB, Uppsala.**

Art.nr: 6706023

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 45 kr exkl moms

R23: 1986

ISBN 91-540-4544-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm