

# STOP EXTRA

Pentronic AB, 590 93 Gunnebo, telefon 0490-25 85 00, fax 0490-237 66, internet [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se), e-post [info@pentronic.se](mailto:info@pentronic.se)

## Hur vet man att jorden blir varmare?

Det går knappt en dag utan att medierna rapporterar om den globala uppvärmningen. Men hur kan forskarna veta att jordens medeltemperatur ökat med 0,8°C sedan 1860?

För att få svaret vände vi oss till SMHI i Norrköping, som deltar i det världsspannande forskningsarbetet om jordens temperatur.

Alla som gått Pentronics kurser, vet att tiondelar är lömska. Osäkra faktorer måste vägas in, vilka gör att mätosäkerheten inte så sällan hamnar på hela grader. I klimatsammanhang handlar det om ett helt jordklot och oräknliga faktorer som påverkar mätningarna.

– Det är klart att det finns stora osäkerheter. Men vi observerar samtidigt förändringar i naturen, som styrker teorin om den globala uppvärmningen, svarar meteorolog Hans Alexandersson. Exakt hur stor uppvärmningen är, går däremot inte att säga. Temperaturmätningarna började 1860. Fram till 1940-talet ökade medeltemperaturen med 0,4°C, men av olika skäl är siffran osäker. Bland annat gjorde urbaniseringen att många väderstationer hamnade i stadsbebyggelse.

– Städer orsakar en lokal uppvärmning, förklarar Hans.

### Rekordkall oktober

Uppvärmningen som oroar forskarna har dokumenterats under de senaste 20 åren. Mätvärdena kommer från mer än 13 000 väderstationer över hela jordklotet. Av dessa finns 45 i Sverige. Det här är utvalda och kontrollerade stationer, där mätningarna görs vid exakt samma tidpunkt överallt. Mätosäkerheten ligger inom  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ , vilket innebär att uppvärmningen är ett faktum.

Resultatet styrks av att mängden koldioxid ökar i atmosfären, att glaciärerna krymper och att Sverige fått ett varmare och blötare klimat.

Men utvecklingen är inte entydig. Den gångna sommaren var den varmaste i mannaminne. Sedan gick stora delar av Sverige direkt från sommar till vinter. Oktober var en av de kallaste på 100 år.

Klimatförändringar är långsamma processer, vilket gör att man inte kan säga något bestämt utifrån enstaka år. De flesta av oss är mer intresserade av vädret de närmaste dagarna. Att göra dessa prognoser är SMHI:s största och mest kända uppgift.

### Automatiska stationer

Prognoserna bygger på uppgifter från väderstationer i Sverige och utomlands, väderballonger, satellitbilder och radar. De vanligaste mätningarna är lufttryck, temperatur,

luftfuktighet, vindhastighet och nederbörd.

– SMHI har ungefär 120 automatiska och 150 manuella väderstationer där temperaturen mäts, berättar Ann-Christine Andersson, funktionsansvarig för automatstationerna.

Automatiseringen började för 7-8 år sedan. Fram till dess skedde avläsningen manuellt var tredje timme. Numera sker mätningarna automatiskt och resultaten går direkt in i SMHI:s prognosystem.

Länge mättes temperaturen med kvicksilvertermometrar. Automatiseringen gjorde dem omöjliga och ersättare blev kalibrerade Pt 100-givare. Av miljöskäl införs även Pt 100 på de manuella stationerna.

Inför övergången trodde SMHI på att Pt 100-elementen skulle vara avsevärt snabbare. Därför utvecklades en metod med 12 mätningar under en minut för att bilda ett stabilt medelvärde. Men det visade sig att svarstiden inte beror på om det är kvicksilver eller elektronik i termometrarna. Det avgörande är mängden material.

### Stabila givare

I samband med moderniseringen upptäcktes också en annan potentiell felkälla, det klassiska strålskyddet i form av en träbur. Dåligt underhållet trä suger åt sig vatten, vilket skapade en fuktigare miljö som påverkade fuktmätningarna.

– Det är också troligt att fukten gav en lägre temperatur i strålskyddet än utanför, säger Ingemar Leandertz som är serviceingenjör.

Han har själv åkt runt landet och kontrollerat de automatiska väderstationerna med referensthermometer och isbad. Hans erfarenhet är att Pt 100-givarna är mycket stabila över tiden. Numera är strålskyddet av plast och fuktproblemen ett minne blott.

Slutligen några uppgifter för kalenderbitare. Sveriges lägsta temperatur har uppmätts i Vuoggatjålme i Lapplandsfjällen med  $-53^\circ\text{C}$ . Världsrekordet är  $-89^\circ\text{C}$  och uppmättes i Antarktis. 



Hans Alexandersson och Ann-Christine Andersson är två av dem som ger oss vårt dagliga väder och studerar den globala uppvärmningen. Innanför skalet döljer sig en kalibrerad Pt 100-givare, som numera är stommen i SMHI:s temperaturmätningar.

### Möjligheter med IR-pyrometri

I medföljande bilaga visar Pentronic möjligheter till beröringsfri temperaturmätning med IR-pyrometri och fiberoptik.

# Termoelement mäter lika bra som rymdålderns teknik

Termoelementet står sig i konkurrens med den senaste mättekniken.

Slutsatsen kommer från Joakim Wren vid Linköpings Tekniska Högskola, som doktorerat på temperaturmätning med elektromagnetisk strålning i medicinsk utrustning.

- Som referenser har jag använt termoelement typ K och ett fiberoptiskt mät-system. Kalibrerade termoelement är lika noggranna, men kostar betydligt mindre, säger Joakim.

Forskningsprojektet gällde utrustning för behandling av prostatacancer. Behandlingen går i princip till så att en liten mikrovågsantenn förs in i urinröret. Antennen har dubbla uppgifter. Den värmer tumören med mikrovågor och mäter temperaturökningen i prostatan. Temperaturen i prostatan är avgörande för behandlingsresultatet. Därför har Joakim studerat mätningens noggrannhet. Principen påminner om pyrometri, med den stora skillnaden att det är elektromagnetisk

strålning vid 3 GHz som fångas upp.

I experimenten använde Joakim en "vävnadsfantom". Det är en behållare fylld med trögflytande vätska, i huvudsak vatten, socker, salt och en form av cellulosa-stärkelse. Vätskan har liknande elektromagnetiska och termodynamiska egenskaper som muskelvävnad.

## Tunnare än hårstrån

Som referenser användes två olika mät-system, tunna termoelement kopplade till en logger och Luxtrons fiberoptiska system. Det var 150 år gammal teknik och en produkt av rymdåldern. Prislappen antydde att fiberoptiken skulle vara överlägsen.

- Fiberoptikens fördel är att den inte innehåller metall och varken stör eller störs i ett mikrovågsfält, förklarar Joakim.

Dessutom lät han Pentronic specialtillverka tunna termoelement typ K. Varje tråd är tunnare än ett hårstrå, 100 µm, och mätpunkterna lasersvetsades under mikroskop. Det finns ännu tunnare trådar, men de

bedömdes bli för ohanterliga. Det var svårt nog att fästa dessa i loggerns plintar. Givarna kalibrerades i Pentronics ackrediterade laboratorium vid 20, 37 och 100°C.

Det första steget i experimentet var att kontrollera om givarna stördes av mikrovågsfältet. Metoden är skäligen enkel.

- Man stänger av mikrovågorna. När uppvärmningen avbryts, ska givaren registrera en lugn temperatursänkning. Blir det konstiga hopp i kurvan, så har man ett störningsproblem, förklarar Joakim.

Varken termoelement eller Luxtron-system störde eller blev störda. När det gäller måtosäkerheten bedömer Joakim att de två metoderna är jämförbara.

- Det kan vara annorlunda i andra våglängder och användningsområden. Fiberoptiken påverkas under inga förhållanden av mikrovågor, betonar han.

## Elektromagnetiskt problem

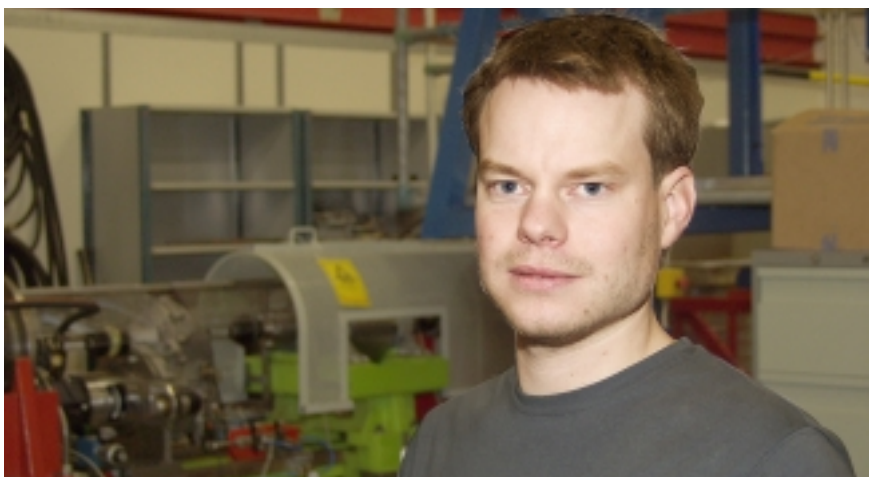
Däremot var det sämre med precisionen för den elektromagnetiska temperaturmätningen. Mätningen sker inte så långt från antennen som man tidigare trott. Med den insikten borde det gå att räkna sig fram till rätt temperatur, längre in i vävnaden.

- Tyvärr är människor inte repeterbara. Genomblödningen i vävnaderna skiljer mellan individerna, vilket ger olika effekter av uppvärmning och avkyllning, förklarar Joakim.

Nu pågår ett projekt i syfte att utveckla en metod som beskriver genomblödningen, för att göra beräkningar möjliga. Alternativet är att göra hål och sticka in fina termoelement, vilket läkarna i det längsta vill undvika. □

## Varning för övertro

Pentronic varnar för okritisk användning av termoelement i mikrovågsmiljö. I specialfall kan mycket korta och tunna termoelement fungera i kombination med störningsokänslig mätutrustning. Jämförelsen gjordes med en fiberoptisk mätutrustning som var tillgänglig men inte anpassad för den aktuella mätningen.



- Rätt använda är termoelement lika noggranna som modernare mätmetoder, säger Joakim Wren som doktorerat på temperaturmätning med elektromagnetisk strålning.

Intresset för Pentronics nya utbildning Spårbar temperaturmätning (2) är översvallande. Den första kursen, i slutet av november, var fullbokad innan semestern. Nu försöker Pentronic öka antalet kursdeltagare till 14 för att möta efterfrågan.

Tvåan ersätter kalibreringsutbildningen Mätosäkerhet & kalibrering. Den var inriktad på kalibreringar och beräkningar. Behovet av utbildning på den nivån är begränsad. Samtidigt frågade många gamla elever från Spårbar Temperaturmätning (1) efter en praktiskt inriktad uppföljare. Nu finns tvåan. Den första kursen blev full direkt och nästa, som går 18-20 mars 2003 är snart fylld. Här försöker Pentronic att öka antalet laborationer, för att antalet deltagare på ett meningsfullt sätt ska ökas från 12 till 14. Men tvåan är också resultatet av att Pentronics utbildningsprogram ändrat profil. Förändringarna

## Fler platser på nya kursen



Spårbar Temperaturmätning (2) är en så efterfrågad utbildning att Pentronic undersöker möjligheterna att öka antalet platser. Här diskuterar från höger kursansvarige Hans Wenegård en ny laborationsövning med sina lärarkollegor Jonas Bertilsson och Michael Steiner.

Forts. nästa sida

# Utspädd drink kallare

**FRÅGA:** För att kyla drinkar kan man i presentaffärer köpa små kuber av täljsten. Kuberna skall före användningen kylas i exempelvis fryssboxen. Är dessa kuber bättre för drinkkylning än isbitarna hämtas av samma storlek?

Johan S

**SVAR:** När man kylar drinkar - med eller utan alkohol - med hjälp av täljstenskuber får värmeöverföringsförloppet en något annorlunda karaktär än när man använder isbitar. Vi antar för enkelhets skull att både täljstenskuberna och isbitarna hämtas ur fryssboxen. I båda fallen gäller att det tas värme från drinken för att höja temperaturen till 0 °C. För att höja täljstenarnas temperatur till drinktemperaturen krävs ytterligare värme från drinken. När isbitarna når 0 °C börjar isen att smälta och värme måste tillföras från drinken. Smältvattnets temperatur skall sedan höjas till drinktemperaturen och ytterligare värme tas från drinken.

Det är förhållandevis komplicerat att göra en korrekt jämförelse, eftersom man måste studera ett tidsberoende förlopp och inkludera bland annat glasets form, drinkmängden, drinkens sammansättning, värmeflödet från omgivningen och tiden det tar att dricka ur glasets. Vid en mycket förenklad jämförelse kan vi uppskatta den värme som krävs för att höja täljstenskubernas tempe-

De frågor som vi tar upp här skall ha allmänt mättekniskt och/eller värmekniskt intresse.

**FRÅGA?**  
**SVAR!**

ratur från fryssboxtemperaturen (-22 °C) till en antagen drinktemperatur (+5 °C). Om samma volym is skall höjas till 0 °C och därefter allt smältvattnet värmas till drinktemperaturen så krävs det sammanlagt något mindre värme än i täljstensfallet, som alltså är något bättre.

Om vi däremot inkluderar smältvärmens jämförelsen så blir det betydligt effektivare att kyla med isbitar. Den stora nackdelen med isbitarna är tyvärr att smältvattnet späder ut drinken, om man inte dricker ur den tillräckligt snabbt. Här är vi emellertid inne på ett område som inte handlar om värmeöverföring ...



Ovanstående svar kommer från StoPextras medarbetare professor Dan Loyd vid Linköpings Tekniska Högskola. Har du synpunkter eller frågor kontakta Dan Loyd på e-post: [danlo@ikp.liu.se](mailto:danlo@ikp.liu.se)

Fortsättning från sida 2.

grundar sig på elevernas omdömen under mer än tio års kursverksamhet.

- Erfarenheten av tempertaurmätning varierar hos kursdeltagarna. Temperatur är ett bortglömt ämne även i högre utbildningar, säger Hans Wenegård, utbildningsansvarig.

## Kunskap måste smältas

Kursen erbjuder många nyheter och nya sätt att tänka för de flesta. Vi människor behöver tid för att smälta ny kunskap. Bitarna faller på plats först när man börjar betrakta sina egna mätningar med nya ögon. Det är då som frågorna bubblar upp.

- Nu för tiden är den första kursen mer grundläggande. Tvåan är utformad för att fånga upp frågorna som den mellanliggande erfarenheten väckte, säger Hans. Spårbar Temperaturmätning (2) sträcker sig över tre dagar och hålls delvis i Pentronics ackrediterade kalibreringslaboratorium. Labbet är stängt för ordinarie verksamhet och personalen finns på plats för att hjälpa till. Hög lärartäthet ger eleverna många möjligheter att diskutera sina egna mätningar. Pedagogiken är densamma i båda kurserna. Grunden är praktiska laborationer och diskussioner. Teori är en ofrånkomlig del, men den härleds ur det praktiska arbetet. Vilket gör teorierna enklare att förstå och använda sig av.

# ISO 17025 införd på laboratoriet

Nu är kvalitetsnormen ISO 17025 införd vid Pentronics ackrediterade kalibreringslaboratorium för temperatur.

Rapport från Labbet



0076 • ISO 17025

På papperet är förändringarna stora, men kunderna kommer inte att märka så mycket i praktiken.

- Det är inte så stor skillnad för oss som kalibreringslaboratorium, konstaterar labbchefen Lars Grönlund.

Övergången är svårare för provnings- och kontrollaboratorier, som tidigare inte berörts av hela det omfattande regelverk som ISO 17025 innebär eller nivåkraven på kvalitet.

## PRODUKT-NYTT

Årets produktnyheter är samlade på [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se)

# Uppgraderad handindikator för 4-tråds Pt 100

Dostmann handindikatorer P650 och P655 för en kanal respektive två kanaler är precisionsinstrument som mäter Pt 100 med fyrtrådsteknik och har upplösningen 0,01°C upp till 200°C. Däröver är upplösningen 0,1°C.

Till uppgraderingen hör möjligheten att mäta de vanligaste typerna av termoelement. Med Dostmann's handhållna givare kan instrumenten även mäta %RH och gasflöde.

Dessutom finns max-, min- och hållfunktioner, RS232-interface med mjukvaran SmartGraph för Windows som tillbehör, samt möjligheten att lägga in givarkonstanter för att få små korrekationer vid kalibrering.

Till indikatorerna finns tillbehör som väskor, laddare, mjukvara samt givare. Både P650 och P655 i Pt 100-version kan fås som EX-modeller godkända enligt ATEX-direktivet.



Till uppgraderingen hör möjligheten att mäta de vanligaste typerna av termoelement.

Pentronics laboratorium har fördelen av att företaget är certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001. Även om systemen är frikopplade från varandra, finns rutiner för de moment som tillkommit i ISO 17025 jämfört med den tidigare laboratorienormen EN 45001.

# Skarva termoelement med rätt kabel - eller räkna ut felet

Användare av termoelement ifrågasätter ibland nyttan av anslutningskabel eller kompensationsledning. Svaret är att man alltid ska använda rätt termoelement-material hela vägen från givarspetsen till instrumenteringen. Då garanterar man sig mot onödiga mätfel.

Termoelement skiljer sig från många andra givare genom att mätsignalen bildas utefter hela längden termoelementmaterial från mätpunkt till referensstället. Signalens storlek beror av känsligheten och temperaturskillnaden mellan ändpunkterna. Egenskaperna hos skarvkablagen kan därmed få stor betydelse. Se figur 1.

uppfattar voltmeter bara signalen från termoelementet som här utgör en tredjedel av den verkliga temperaturnivån.

I fallet B ligger hela temperaturskillnaden över termoelementet och kabeln har samma temperatur i båda ändar. Då är det oväsentligt vilka ledare som ingår i skarvkablagen. Men homogen temperatur kan inte alltid garanteras varför det är säkrast att gardera med skarvkabel av samma typ som termoelementet.

## Olika kabeltyper

Så kallad anslutningsledning är ursprungligen termoelementmaterial som omklassats till lägre temperaturområden eller som inte tål hög temperatur p g a höljets material.

Kompensationsledning är gjord av annat material som har en känslighet som hyggligt överensstämmer med termoelementets i ännu mer begränsade temperaturer. Se vidare StoPextra 1-97.

Signalen från ett termoelement är något förenklat termoelementets känslighet (seebeckkoefficienten, som mäts i  $\mu V/^{\circ}C$ ) gånger temperaturskillnaden över dess ändpunkter. Man kan lika bra dela upp termoelementet i delsträckor och summera produkterna från samtliga delar. Se figur 1.

Utsignalen  $E_{DVM}$  blir med respektive känslighet  $S_K$  och  $S'_K$  för termoelement och skarvkabel:

$$E_{DVM} = S_K (T_{Mat} - T_{Skarv}) + S'_K (T_{Skarv} - T_{Ref}) + S_K T_{Ref}$$

där den sista termen är kompensering för referensställets temperatur. Vi ser att om känsligheterna  $S_K = S'_K$  är lika hos termoele-

ment och skarvkabel blir uttrycket


$$E_{DVM} = S_K T_{Mat} \text{ eller i temperatur } T_{Mat} = E_{DVM} / S_K$$

Då går det bra att mäta både enligt fall A och B, förutsatt att skarvkablens temperaturområde inte överskrider.

## Felskarvning ger fel

Det händer att ouppmärksamma installatörer råkar använda skarvkabel för fel typ av termoelement. Då kan i fallet A förrädiska mätfel uppstå. Antag att termoelement K skarvas med en rättvänd kabel för typ J. Då kan formeln skrivas om praktiskt för uppskattning av det extra mätfelet.

$$E_{K-J-K} = E_K(T_{Mat}) - E_K(T_{Skarv}) + E_J(T_{Skarv}) - E_J(T_{Ref}) + E_K(T_{Ref})$$

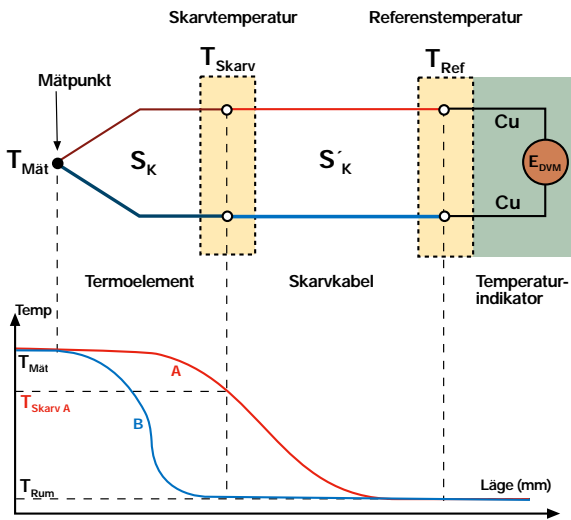
Det erhållna värdet på  $E_{K-J-K}$  slås upp i tabellen för termoelementet och översätts till  $^{\circ}C$ . Skillnaden mot det mätta värdet i grader ger det extra fel som kabeln tillför. Tabellerna nedan visar exempel för olika temperaturer i mätpunkt och skarvpunkt för typ K skarvad med J resp typ N skarvad med K. Referenspunkten antas hålla  $20^{\circ}C$  och kompenseringen har valts för termoelementet. Notera att värdena utgår från normriktiga material. I praktiken kan mätfelet variera något. 

Termoelement K	Kabel J	Indikator K	Mätfel
$T_{Mat}$	$T_{Skarv}$	$T_{Ref}$	$T_{Visad} - T_{Mat}$
900	70	20	914,4
500	70	20	513,6
200	50	20	208,5

Tabell 1. Termoelement typ K skarvad med J-kabel. Mätfelet presenteras för givna temperaturer på mätpunkt, skarvpunkt och referenspunkt. Tabellhuvudet har färger efter IEC-koden.

Termoelement N	Kabel K	Indikator N	Mätfel
$T_{Mat}$	$T_{Skarv}$	$T_{Ref}$	$T_{Visad} - T_{Mat}$
900	70	20	917,3
500	70	20	517,6
200	50	20	212,3
200	20	20	200,0

Tabell 2. Termoelement N skarvad med K-kabel. Notera att felet blir noll om temperaturerna i skarv- och referenspunkt är lika. (Blå rad)



Figur 1. A) Både termoelement och skarvkabel befinner sig i temperaturer högre än rummets. Kabelns känslighet ( $S'_K$ ) i  $\mu V/^{\circ}C$  måste vara nära termoelementets ( $S_K$ ) för att undvika extra mätfel. B) Skarvkabeln har samma temperatur i båda ändar och den kan ha godtycklig känslighet utan att påverka insignalen till voltmeter. Det här är den ideala situationen, men finns den i praktiken?

I fallet A ligger en betydande temperaturskillnad över skarvkablagen. Om kabeln består av lika ledare av t ex koppar saknas känslighet, seebeckkoefficienten är noll. Då

### Mer information!

Fyll i, klipp ut och posta kupongen till Pentronic, 590 93 Gunnebo.  
Fax. 0490-237 66, Telefon 0490-25 85 00, E-mail: info@pentronic.se

#### Kursen Spårbar temperaturmätning 1

Kryssa i anmälan till önskad kurs.

- 5-6 mars 2003
- 9-10 april 2003

#### Kursen Spårbar temperaturmätning 2

- 18-20 mars 2003

#### Jag vill ha mer information om:

- Kursen ST1
- Kursen ST2
- Fiberoptisk temperaturmätning
- Handindikatorer för temperatur
- Skicka färgkodskarta (A4)
- Skicka bilagan om IR-pyrometrar

#### Jag vill ha:

- Temperaturhandboken (Katalog)
- Samling av teknikartiklar ur StoPextra 1990-96.  
Senare artiklar, se vår hemsida [www.pentronic.se/stopextra](http://www.pentronic.se/stopextra)
- Gratis prenumeration av StoPextra
- Ring mig om företagsförlagd kurs

Namn .....  
Företag .....  
Adress .....  
Postnr ..... Ort .....  
Telefon ..... Fax .....

E-post .....  
Övrigt .....