

När ens liv hänger på ett hår så är temperaturen avgörande. En hjärt- och lungmaskin tar över hjärtats och lungornas funktion under en hjärtoperation. Maskinen pumpar runt blodet och syresätter det så att kirurgen kan arbeta med ett hjärta som är i vila.

Hjärtkirurgi är en verksamhet i tillväxt. Den stora ökningen ligger på s k by-pass operationer där man ersätter en för blodet trång passage med blodkärl av kroppseget eller protesmaterial. Dessa operationer som långt in på 80-talet betraktades som mycket exklusiva är idag vardagsmat på våra sjukhus. Det har bidragit till att antalet hjärtoperationer i Sverige ökat från ca 3 000 år 1987 till drygt 10 000 år 1996.

- Vi sålde ifjol nära 80 hjärt- och lungmaskiner och vår marknad är i stort sett hela världen, berättar Jörgen Satz, som är logistikansvarig på Jostra. Företaget är en del av en tysk medicinteknisk koncern, som förutom maskintillverkningen i Lund tillverkar förbrukningsmaterial till maskinerna i form av slangar och kanyler och syresättare - oxygenatorer.

### Extrema krav

Hjärt- och lungmaskinen tillverkas med extremt höga krav på säkerhet eftersom maskinens funktion är avgörande för patientens liv. Det tänkandet ställer hårda krav på de temperaturgivare som ingår. För maskinens uppgift är också att styra temperaturen på det blod som pumpas runt i patientens kropp.

- Under operationen vill man kyla ner patienten för att därmed minska belastningen på kroppens alla system. Det kan i extremfall innebära att blodet som går in i patienten har

*God Jul  
& Gott Nytt År  
önskar Pentronic*



## Noggrann temperaturstyrning krävs när det **karvas i hjärtat**



Jörgen Satz, logistikansvarig och Anders Nilsson, kvalitets- och teknikchef vid Jostra, visar en av de hjärt- och lungmaskiner som ställer mycket hårda krav på temperaturgivare.

så låg temperatur som 15°C, berättar Jörgen Satz vidare.

Det förbikopplade hjärtat kyls ner av ett separat system. Behovet av noggrann temperaturövervakning beror på att hjärtat är synnerligen känsligt i ett intervall kring 30°C. Under både nedkyllning och uppvärmning är det viktigt för operationslaget att veta exakt var man befinner sig i processen.

När livet står på spel är det den absoluta temperaturen som är viktig. Kalibreringen av givarna måste vara spårbar tillbaka till definitionen av temperatur - den internationella temperaturskalan, ITS-90. Därför kan inte Jostra nöja sig med t ex den mätosäkerhet som finns angiven i IEC-klassningen av Pt100-givare, utan måste sikta på att eliminera mätfel så långt det överhuvudtaget är möjligt.

### Mest kritiskt

- Det allra mest kritiska är gränsen vid 41°C, den får överhuvudtaget inte överskridas eftersom man då riskerar att äggviteämnen i blodet stelnar, vilket kan leda till patientens död, säger Anders Nilsson, chef för teknik och kvalitet vid Jostra.

- Men forskningen blir allt mer övertygad om att det också finns faror i nedkyllning och uppvärmning av patienten. Detta görs genom att blodet passerar genom en värmväxlare, och man tror att skillnaden i temperatur mellan vattnets och blodets temperatur, om den blir för stor, kan leda till aktivering av substanser och enzymer som kan orsaka hjärnskador, betonar Anders Nilsson.

### Allt vanligare

Jostra köper sina temperaturgivare från Pentronic och har nytta av det faktum att givarna levereras med kalibreringsdata för varje individ. I produktionslaboratoriet kalibreras de enskilda givarna och märks sedan med kalibreringsdata så att det inte finns någon risk för förväxlingar. Normalt provas Pt100-givare enbart vid 0°C men i Jostras fall förses de med kalibreringsdata för 0° och 50° och täcker därmed det intervall som är intressant för dem. Anledningen till att Pentronic kan klara av detta åtagande är att produktionslaboratoriet har spårbarhet till det egna ackrediterade kalibreringslaboratoriet för temperatur, som finns vägg i vägg. Där noterar man också att det blir allt vanligare att kunder vill ha sina givare uppmätta utifrån de temperaturintervall där de ska användas.

- Utifrån kalibreringsdata anpassar vi respektive maskin till de givarindivider som finns i den. Att temperaturstyrningen under operationen blir bästa möjliga är inte bara en överlevnadsfråga, små variationer kan faktiskt påverka patientens livskvalitet långt efter operationen.

Jostras huvudmarknader är Europa, Kina och Sydostasien och man anser sig också ha fått ett visst fotfäste i USA. Nästa år räknar man med att tillverka och sälja mellan 100 och 120 maskiner vilket innebär en kraftig ökning.

- Ökningen är störst i Sydostasien och Kina för vår del eftersom man där försöker att snabbt bygga ikapp västvärldens medicinska utrustningsstandard, slutar Jörgen Satz. □

## Norrlands- turné leder till nya seminarier

Temperatur och signalomvandling var rubriken för tre seminarier som Pentronic genomförde tillsammans med samarbetspartnern PRelectronics i månadsskiftet september/oktober. Seminarierna hölls i Luleå, Piteå och Skellefteå och lockade sammanlagt ett sjuttio-tal deltagare, kanske beroende på att seminariedagarna var nogsamt utvalda för att inte kollidera med andra prioriterade aktiviteter som t ex älgjakt.

- Vi vet av erfarenhet att många företag i norra Sverige drar sig för att skicka folk till Västerвик på våra ordinarie kurser och ville helt enkelt testa hur intresset var om vi i stället drog norrut. Och det fungerade alldeles utmärkt, berättar Roland Gullqvist på Pentronic som just gått igenom de omdömen som seminariedeltagarna lämnat efter sig.

Seminarieinnehållet var ett koncentrat av vissa moment i Pentronics utbildningsprogram, kompletterat med avsnitt om signalomvandling, elektromagnetisk kompatibilitet och mätning i explosiva miljöer. Utgångspunkten för seminariet var temperaturmätning och de problem man ställs inför när man



Idel koncentrerade kursdeltagare i Piteå slapp oroa sig för älgjakten, utan kunde ägna sin odelade uppmärksamhet åt temperaturmätningens mysterier.

ska mäta. Genomgång av naturlagarna, installation av givare, diskussioner kring Pt100 och termoelement och deras respektive fördelar och nackdelar stod på programmet. Det gjorde också resonemang kring kvalitets-säkring och kalibrering.

Pentronics danska samarbetspartner PRelectronics är specialiserade på mätvärdesomvandlare. Vid deras huvudkontor finns ett EMC-laboratorium och Karsten Rønde uppehöll sig en hel del vid frågor kring de normer för EMC, elektromagnetisk kompatibilitet, som numera ingår i CE-märkningen. Han varnade definitivt för att man ska godta EMC-deklarationer rakt upp och ner, utan visade med några exempel på vilka fallgropar som finns för den som inte fördjupar sig i faktabladen. Likaså bjöds det på en

rejäl genomgång av mätvärdesomvandlare och isolationsförstärkare.

Strålningspyrometri som beröringsfri temperaturmätningssätt presenterades tillsammans med en genomgång av möjligheter, men också fallgropar.

Deltagandet i seminariet överträffade klart de förväntningar som Pentronic och PRelectronics hade på denna satsning. Veckorna innan seminarierna ringde ett flertal personer från andra delar av landet och undrade när kurserna skulle komma till deras trakter.

- Vi är mycket nöjda och det stora intresset gör att vi kommer att göra fler seminarier av detta slag i andra områden, sannolikt redan till våren, säger Roland Gullqvist.



## Företagsutbildning som gav möjlighet till fördjupning



Getinges valideringsgrupp valde att utbilda sig hos Pentronic, och fick därmed möjlighet att fingraska sina egna mätutrustningar.

- Vi köpte Pentronics kurs "Spårbar temperaturmätning" och sedan tog vi med oss egna utrustningar för att få synpunkter på vår egen arbetsmetodik, berättar Robert Thornberger, ansvarig för Getinges valideringsgrupp, om de dagar som han och ett tiotal kollegor från Sverige och Finland tillbringade i Västerвик i början av oktober.

Getinge tillverkar autoklaver, utrustning för sterilisering av medicinteknisk utrustning.

Deras kunder måste genom återkommande mätningar visa att utrustningen uppfyller de standarder som råder på området. Valideringsgruppen inom Getinge säljer tjänsten att återkommande validera de olika processerna, bevisa att de fungerar som de ska, och temperaturmätning är givetvis ett viktigt inslag i detta arbete.

- Vi kombinerade ett par dagars konferens för hela avdelningen med kursen på Pentronic. Flera av oss har redan tidigare gått kursen, men vi tycker att alla inom

gruppen ska ha den här utbildningen, säger Robert Thornberger.

- Dessutom finns det möjlighet att koncentrera sig på problem som ligger nära vår vardag när vi genomför en sådan här utbildning med enbart deltagare från vår verksamhet.

Vid sterilisering av medicinskt gods används både autoklaver och sk diskdesinfektorer, ett slags diskmaskiner. Proceduren är sådan att godset först diskas synligt rent i diskdesinfektorn och går sedan vidare till sterilisering i autoklav. Än så länge gäller valideringskravet enbart autoklaver, men inom kort kommer också diskdesinfektorerna att omfattas.

- Vi arbetar inte bara med Getinges produkter utan validerar naturligtvis även andra utrustningar. Men vår konkurrenskraft ligger till stor del i att Getinges utrustningar är så spridda och att vi naturligtvis är väl insatta i de maskinernas funktion.

Det är inte ovanligt att företag gör som Getinge och satsar på en företagsförlagd utbildning. Det ovanliga i Getinges fall är möjligen att utbildningen förlades hos Pentronic.

- Jag tycker att det är spännande utbildningar när vi möter många människor från ett och samma företag. Då finns det tid till utveckling som man inte gärna kan göra i en mer blandad församling, och man kan framför allt gå djupare på de områden som är mest relevanta för det företaget, säger Hans Wenegård, utbildningsansvarig vid Pentronic.





# Bättre kabelinformation gav förslagspris

- När jag började på Volvo för 19 år sedan var jag ensam ansvarig för kalibrering av mätutrustningen inom provrummen. När jag gick i pension för några månader sedan var vi 19 personer med samma uppgift.

- Det är ett intressant mått på den allt större vikt som läggs vid kalibrering, berättar Krister Koch, nybliven pensionär i Angered.

Innan Krister gick i pension hann han med att få en förslagsbelöning för en praktisk informationsåtgärd. Han föreslog att alla provrum skulle förses med tydliga informationstavlur som klargjorde färgmärkningen av

anslutningskablar till temperaturgivare, inte minst föranlett av det faktum att det parallellt förekommer kablage med den gamla amerikanska färgmärkningen och den nyare ISO-standarderna.

- Det lömska är att en förväxling av anslutningskabel för anslutning av exempelvis termoelement typ K inte ger så stora avvikelser i mätvärden att man instinktivt reagerar, men tillräckligt stora för att leda till fel slutsatser och därmed riskera att leda ett utvecklingsarbete i fel riktning, säger Krister.

## Två nya professioner i mätteknik

**Alexander Lauber, professor i mätteknik vid Linköpings Tekniska Högskola och känd utbildare inom mätteknik, pensionerades i somras. Men det har inte inneburit någon nedtrappning till en lugn pensionärs-tillvaro för hans del. Istället är han i full färd med att bygga upp en verksamhet med inriktning på industriell mätteknik vid Högskolan i Kalmar.**

- Det har bildats ett tomrum beroende på att de "gamla" högskolorna gradvis har prioriterat ned den industriella mättekniken. Den är ofta del av ett annat ämne och kommer lätt i kläm, säger han.

- Det är i många stycken en beklaglig utveckling eftersom efterfrågan på förfinad mätteknik har ökat kraftigt i takt med de ökande kraven på kvalitetssäkring inom industrin.

Men tendensen att de tekniska högskolorna prioriterar ned mättekniken skapar möjligheter för andra aktörer. Högskolorna i

Kalmar och Örebro är just nu i färd med satsningar inom industriell mätteknik. I Örebro skapas en internationellt präglad forskargrupp om ett femtontal personer inom området tillämpade autonoma sensorsystem, och en professur inom industriell mätteknik kommer att utlysas inom kort.

I Kalmar deltar Alexander Lauber med liv och lust i arbetet med att bygga upp en ny mätteknisk verksamhet inom ramen för forskningsplattformen "Miljödriven Teknikutveckling". Inom denna kommer det att inrättas sex professurer, varav en i industriell mätteknik.

- Det är närmast en fördel för den mättekniska utvecklingen att få börja från "scratch" när man ska introducera de idéer som karakteriserar modern mätteknik. Vi bygger upp verksamheten utifrån en helhets-syn där vi talar om hela mätsystem.

- Multisensing, mönsterigenkänning och mätning av attribut är några exempel på denna nya mätteknik där systemtänkandet gjort att väl så stor vikt läggs vid signalbehandlingen som vid givartekniken. Den nya mättekniken måste läras ut på ett nytt sätt, och då har det sina poänger att börja från noll, betonar Alexander Lauber.

## Varning för nättaggregat

Små batterieliminators kan orsaka stora fel. Det har man observerat vid Pentronics kalibreringslaboratorium, där man nyligen fick skicka tillbaka en nyinköpt bärbar dator på grund av att batterieliminators störde mätningarna i stor omfattning.

- Vi kunde konstatera störningar som motsvarade en hel grads avvikelse, berättar Fredrik Arrhén, ansvarig för labbet.

Störningarna kommer in i mätkretsen genom att de fångas upp av givare och kablage, som i detta fall fungerar som antenner. Detta är exempel på problem med EMC, elektromagnetisk kompatibilitet, som

på nyare utrustning ska finnas deklarerad inom ramen för CE-märkningen. Men så är icke alltid fallet, och det finns dessutom anledning att se upp med de deklarerationer som görs, vilket vi skall återkomma till i kommande nummer av StoPextra.

- Vi har tagit konsekvenserna av detta och utför mätningarna så långt det är möjligt med batteridrift på den utrustning som används i labbet. Det finns också angivet på kalibreringsbevisen om vi haft instrumentet i batteridrift eller i nätdrift, säger Fredrik Arrhén, som manar till återhållsamhet med batterieliminators för den som vill hålla hög kvalitet på sina mätningar.

Rapport från labbet



0076 • EN 45001

## PRODUKT-NYTT

### Förbättrad logger



Datapaq, företaget som gör specialanpassade mätinsamlingssystem som skickas med genom hela processer, lanserar en ny logger speciellt lämplig för användning inom värmebehandling, lödning och målerilinjer. Datapaq 9000 heter den nya loggern som finns i utföranden som täcker temperaturområdet -190°C till 1370°C. Den är tänkt att ersätta den tidigare modellen Datapaq 2000 och innehåller en rad förbättringar.

Minneskapaciteten har ökat från 12 000 till 57 400 mätvärden, batterikapaciteten har utökats och det finns möjlighet till snabbbladning. Till skillnad från den tidigare modellen kan Datapaq 9000 dessutom startas och stoppas via knappar på själva loggern. Mätningssinter-vallen kan ställas inom området 0,1 sek till 10 minuter och finns i standardutförande med sex kanaler. Den kan användas till termoelement typ K och T.



### Ny indikator från Eurotherm

2408i är en ny indikatorserie för mätning av temperatur, tryck, nivå, flöde eller andra processvariabler som dessutom är lätt att ansluta till PLC eller PC via digital kommunikation. Mätvärdena loggas till hårdisk eller skärm och indikatorn klarar protokollen Modbus, Profibus, E-ASCII. Porten kan fås som RS232 eller RS485.

Det går dessutom att få en extra givaringång som tilläggsfunktion, något som gör det möjligt att utföra beräkningar på de två mätvärdena och få resultatet återgivet i indikatorns display. Ytterligare tilläggsfunktioner är matning av tvåtråds-transmitter eller trådtöjningsbrädda, retransmission av mätvärdet och larmutgångar.

Samtliga instrument uppfyller täthetsklass IP65.

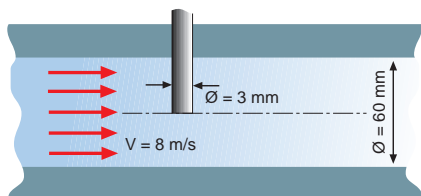
# Lättare att mäta i vatten än luft (4)

Det är 300 gånger lättare att mäta i vatten än i luft. Det är dessutom oerhört mycket lättare att värma upp en tunn pinne än en tjock. Elementärt, kan det tyckas, men hur räknar man ut det, och hur påverkar det mätningen? Professor Dan Loyd fortsätter att upplysa oss om olika värmeledningsfenomen och inleder med följande exempel.

Det kapslade termoelementet i figur 1 används för att mäta lufttemperaturen i ett rör med innerdiametern 60 mm. Luften har medelhastigheten 8 m/s och temperaturen 50 °C. Termoelementet har ytterdiametern 3 mm och spetsen befinner sig i rørets centrum. För att kunna beräkna termoelementets svarstid behöver man bland annat bestämma värmeflödet till termoelementet.

Det konvektiva värmeutbytet,  $\dot{Q}$  [W], mellan termoelementet och luften kan enligt förra avsnittet bestämmas ur ekvationen:

$$\dot{Q} = A \alpha (T_{\text{vägg}} - T_{\text{fluid}}) \quad (1)$$



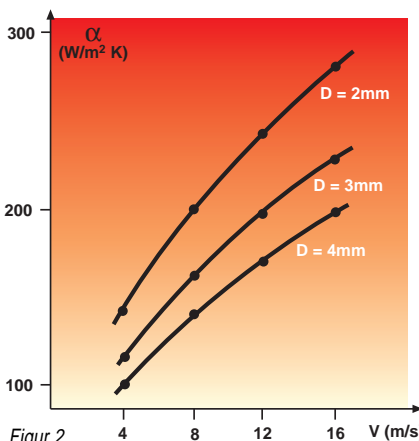
Figur 1. Vinkelrätt monterad givare i rörbundet flöde.

där  $\alpha$  är värmeövergångskoefficienten [W/m<sup>2</sup>K], som inte är någon konstant. Värdet beror bland annat av den aktuella geometrin, väggtemperaturen, fluidtemperaturen, fluidens egenskaper och fluidens hastighet. Både medelvärdet och värdet i en viss punkt är av intresse. Värdet på  $\alpha$  kan uppskattas ur matematiska samband, vilka grundar sig på både experimentella och teoretiska metoder.

Vi betraktar nu termoelementet som ett långt rör med diametern 3 mm. Vi antar vidare att såväl temperaturen som luft-hastigheten i røret är konstanta. Normalt varierar dock båda över rørtvärsnittet och dessutom kan värmeutbyte förekomma mel-

lan termoelementet och väggen vilket försummas.

Om vi använder sambanden nedan finner vi  $\alpha = 160$  W/m<sup>2</sup>K för hastigheten 8 m/s och givare  $\varnothing$  3 mm. Byter vi ut luften mot vatten får man  $\alpha = 47\,000$  W/m<sup>2</sup>K. Värmeövergångskoefficientens värde för luft-hastigheten 4-16 m/s och givardiametrarna 2, 3 och 4 mm framgår av figur 2. Ju högre värde vi har på  $\alpha$  desto lättare är det att föra över värme mellan fluiden och termoelementet.



Figur 2. Värmeövergångskoefficienten  $\alpha$  som funktion av flödes-hastigheten  $V$  för olika givarspetsdiametrar  $D$ .

## Värmeövergångskoefficienter

Sambanden ur vilka man beräknar  $\alpha$  innehåller en dimensionslös värmeövergångskoefficient - Nusselts tal,  $Nu$ .

$$Nu = \alpha L / \lambda \text{ som ger } \alpha = \lambda Nu / L \quad (2)$$

$L$  är en för det aktuella värmeproblemet karakteristisk längd [m]. Det matematiska uttrycket för Nusselts tal och den karakteristiska längden är kopplade till en viss geometri. Vid exempelvis ett rör med cylindriskt tvärsnitt, som anströmmas vinkelrätt axeln, använder man ytterdiametern som karakteristisk längd. Se figur 1.  $\lambda$  är fluidens värme-konduktivitet [W/m K].

För påtvingad konvektion kan man visa att  $Nu$  beror av två andra dimensionslösa tal,

Reynolds tal,  $Re$ , och Prandtls tal,  $Pr$

$$Re = \rho U L / \mu \quad (3), \quad Pr = \mu c_p / \lambda \quad (4)$$

där,  $U$  är en karakteristisk hastighet [m/s], som bestäms utgående från den geometri som studeras,  $\rho$  är fluidens densitet [kg/m<sup>3</sup>],  $\mu$  är (dynamiska) viskositeten [kg/m s] och  $c_p$  är specifika värmekapaciteten [Ws/kg K]. Medelvärdet av Nusselts tal har därför det principiella utseendet

$$Nu = f(Re, Pr) \quad (5)$$

där  $f$  är en funktion, som är kopplad till en viss geometri. För att beräkna värmeövergångskoefficienten kan man här använda följande uttryck för Nusselts tal, som gäller för både gaser och vätskor. Andra uttryck finns i litteraturen.

$$Nu = 0.43 + C Pr^{0.33} Re^m \quad (6)$$

Den karakteristiska hastigheten  $U$  [m/s], som ingår i Reynolds tal är i detta fall anströmningshastigheten och den karakteristiska längden  $L$  [m], som ingår i både Nusselts tal och Reynolds tal är givardiametern; se vidare figur 1. Konstanterna  $C$  och  $m$  väljs enligt nedan

Reynolds tal	C	m
1 - 4 000	0,53	0,50
4 000 - 40 000	0,193	0,618
40 000 - 400 000	0,0265	0,805

## Beräkningsgång

Värmeövergångskoefficienten mellan luften och termoelementet i figur 1 beräknas på följande sätt. Ur en värmeteknisk tabell finner man att viskositeten hos luft av 50 °C är 19,5 10<sup>-6</sup> kg/m s, värmekonduktiviteten 0,0273 W/mK, densiteten 1,08 kg/m<sup>3</sup>, specifika värmekapaciteten 1010 Ws/kg K och Prandtls tal,  $Pr = 0,72$ .

$Pr$  kan också beräknas ur sambandet (4). Reynolds tal,  $Re$ , blir enligt (3) 1330 för hastigheten 8 m/s och givardiametern 3 mm.

Man kan nu bestämma koefficienterna  $C$  och  $m$  i sambandet (6),  $C = 0,53$  och  $m = 0,50$ . (6) ger  $Nu = 17,8$ . Värmeövergångskoefficienten bestäms ur (2),  $\alpha = 160$  W/m<sup>2</sup>K.  $\square$

### Mer information!

Fyll i, klipp ut och posta kupongen till Pentronic, 590 93 Gunnebo.  
Telefax 0490-237 66, telefon 0490-670 00, e-post info@pentronic.se

#### Kursen "Spårbar temperaturmätning"

- 2-3 december (Full)
- 17-18 mars 1999 (Anmälan)
- 14-15 april 1999 (Anmälan)

#### Kursen "Mätosäkerhet & kalibrering"

- 24-25 mars 1999 (Anmälan)

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

#### Seminarium, Pentronic/PRElectronics

- Intresseanmälan (ej bindande)

#### Jag vill ha mer information om:

- Datapaq 9000
- Indikator (Eurotherm)
- Transmittar (PRElectronics)

### For Norge

For informasjon, kontakt Fagerberg Norge a.s. på tlf. 69 26 48 60 eller telefax nr. 69 26 73 33

#### Jag vill ha:

- Temperaturhandboken (Katalog)
- Samling av teknikartiklar ur StoPextra 1990-96
- Gratis prenumeration StoPextra
- Kursprogram 1998/99