

En spricka i en tub kan stoppa srora delar av produktionen vid Nynäs raffinaderi i Nynäshamn.

Det var vad som händer när en ny vätgasgenerator togs i drift. Med hjälp av ackrediterad temperaturmätning spårades orsaken och felet kunde åtgärdas.

För alla över 40 år är Nynäs den nedlagda bensinkedjan. Men företaget lever vidare och är idag världsledande producent av bitumen, bindemedel för asfalt, samt specialoljor som skärvätskor, mjukgörare i gummi och isoleroljor för transformatorer.

Processen utgår från en tung råolja från Venezuela. 70 procent är bitumen. Resten vidareförädlas och i processen spelar vätgas en viktig roll. Nynäs tillverkar sin egen vätgas av lättbensin.

När den tredje vätgasgeneratoren togs i drift, drabbades man av flera driftstörningar med produktionsstopp på upp till fem dagar. Det var dels instrumentfel, dels upptäcktes sprickor i tuberna där vätgasen tillverkas med hjälp av katalys.

- Varje dags stillestånd kostar stora pengar och läckande vätgas är en stor säkerhetsrisk, säger processingenjör Hans Lidman.

### Bara en kunde

Sprickorna uppstod i toppen av tuberna, på en sträcka av några decimeter. I den här miljön duger det inte att prova och se. Det gäller att veta vad som orsakar felet och vidta rätt åtgärder.

Nyckeln var tubens temperaturvariationer under hela processen. De egna resurserna räcker inte för den typen av avancerade mätningar. Dessutom upptäcktes felet under garantitiden och därför krävdes data från tredje part.

- Pentronic var de enda som kunde utföra mätningen, säger instrumentchefen Tord Blomkvist.

Pentronic är en av de få som kan och får utföra temperaturmätningar i fält under ackreditering. Resultatet är ett mätprotokoll med krönt SWEDAC-stämpel.

Dessutom var Pentronic de enda tillfrågade som kunde fästa givarna på tuberna. Termoelementen bör svetsas fast för bästa resultat. Tuberna är av specialstål, som kräver kunskap och erfarenhet för att svetsa i.

- Vi fick en provbit från Nynäs så att vi kunde ta fram lämplig svetsmetod, berättar Pentronics laboratorieförman Fredrik Arrhén.

### Chock och kondens

När det var dags att mäta, skickade Pentronic en erfaren svetsare, all nödvändig utrust-

## Ackrediterade mätningar avslöjade orsaken till sprickor i raffinaderi



Nu spricker inte tuberna i Nynäs vätgasgenerator. Orsaken hittades med hjälp av avancerad och ackrediterad temperaturmätning. Här syns Nynäs instrumentchef Tord Blomkvist (t v) och Fredrik Arrhén från Pentronic.

ning och mättekniker till Nynäshamn. Två mätningar gjordes, i problemanläggningen och på en äldre anläggning som referens.

45 termoelement svetsades fast i tubens topp på en sträcka av sex decimeter. Mätdata loggades sedan under några dygn med en dator.

- Resultaten var en aha-upplevelse. Lösningen var inte så märklig, men det gäller att ha torr på fötterna, säger Hans Lidman.

Mätningarna analyserades av italienska specialister, som med ledning av temperaturerna kunde hitta orsakerna och föreslå lösningar.

Förklaringen var att tubens översta del sticker utanför ugnen. Vid start blev tuben inuti ugnen snabbt varm, medan den övre delen fortfarande var kall. Det ledde till kondens av vatten och vissa fall kolsyra. Därefter steg temperaturen snabbt i toppen av tuben, vilket ledde till spänningar i materialet och tillsammans med korrosion på grund av kondensen orsakade sprickbildningen.

En bidragande orsak var att man hade återkommande instrumentfel i anläggningen vilket ledde till många stopp. Kondensen uppstod bara under 200°C när anläggningen startade.

### Säkra om två år

- Vi har konstruerat om isoleringen och ändrat startproceduren. Dessutom förväms den kritiska delen under start, berättar Hans.

Det var temperaturmätningen som lyfte fram orsaken och ledde fram till en lösning. Mätningarna gjordes för ett år sedan. Vätgasgeneratoren är numera ombyggd. Hittills tyder allt på att problemet är löst.

- Säkra kan vi inte vara förrän anläggningen ställs av för revision om två år och vi röntgar tuberna, påpekar Hans.

En annan erfarenhet är att dagens komplexa styrsystem kan ställa till problem. En orsak till sprickorna var återkommande driftstopp beroende på dator- och instrumentfel, som i sin tur ledde till många start och stopp med kondens som följd. Det gäller alltså att tänka igenom systemets funktion och se till att alla ingående komponenter håller måttet. En enda defekt temperaturgivare kan i extrema fall få mycket stora konsekvenser.

För Pentronics del var uppdraget i Nynäshamn ännu en viktig erfarenhet i konsten att lösa problem med hjälp av temperaturmätning. Och att göra det i fält under ackreditering.

### Boka kurs nu

Det finns ett fåtal platser kvar på den sista av höstens kurser "Spårbar temperaturmätning" 25-26 oktober. "Mätosäkerhet & kalibrering" 10-12 oktober är fullbelagd.

Nästa års kurser kan bokas redan nu. Priset är oförändrat om bokningen görs innan årsskiftet.

# Nordiskt kunskapsutbyte

Pentronic har en annorlunda syn på sina leverantörer.

Det handlar inte bara om att de ska leverera prylar. Samarbetet ska bygga på kunskap om temperatur och en samsyn om mätmetoder. Målet är att kunden ska få en fungerande helhetslösning.

En av Pentronics leverantörer är PR Electronics, dansk tillverkare av transmittar och annan utrustning för signalbehandling.


PR Electronics har samma filosofi som Pentronic inom sitt område som är signalomvandlare, nästa steg i ett system för temperaturmätning. Kärnan i verksamheten är ett avancerat EMC-laboratorium. Dessutom har man samma produktionsfilosofi som Pentronic.

- Vi löser signalproblem med ett antal

standardiserade moduler. På så sätt klarar vi det mesta utan att tillgripa dyra specialkonstruktioner, säger Kennet Zycek, vd för PR Electronics i Sverige.

Som ett led i kunskapsutbytet träffades Pentronic och PR Electronics under två dagar i september. Under första dagen berättade Pentronic om sina temperaturgivare och företagets syn på temperaturmätning, under dag två gjorde PR Electronics det samma när det gäller signalbehandling.

Vid mötet presenterade PR Electronics en nyhet. Från 2003 gäller skärpta regler för instrument i explosiva miljöer. Den nya standarden heter Atex och innebär bl a individuell kontroll av instrumenten.

- Våra produkter uppfyller redan idag Atex-standarderna, säger Kennet Zycek. 




PR Electronics besökte Pentronic för att dela med sig av sitt kunnande om signalbehandling. Från vänster: Marjan Antie, Kennet Zycek, Johan Christoffersson, Robert Pettersson och Peter Karlsson.

## Pentronic tar plats i SWEDAC-kommitté

Pentronics laboratorieförman Fredrik Arrhén har utsetts till ledamot i SWEDAC:s mättekniska kommitté.

Det är ett tvärvetenskapligt organ med representanter från myndigheter, högskolor och näringslivet. Uppgifterna är att bistå

SWEDAC i tekniska frågor, förbereda ärenden som ska behandlas av den europeiska ackrediteringsorganisationen EA:s tekniska kommitté samt att på olika sätt verka för mätteknik, mätosäkerhet och utbildning inom området. 

0076 • EN 45001

## Telemetri i ugnen

Datapaq har rönt stor uppmärksamhet för sina resande termometrar. Tack vare sofistikerade barriärer kan man skicka en loggare genom ugnar med höga temperaturer och mäta utan att drabbas av fel på grund av termisk shuntning och liknande. Datapaqs loggar finns bl a på flera svenska stålverk, i livsmedelsindustri, målerier och hos keramiska tillverkare.

Tekniken fungerar väl, men ett av önskemålen har varit att få mätvärden i realtid istället för att vänta tills loggaren kommer ut ur ugnen och kan tömmas på data.

Nu presenterar Datapaq en variant som arbetar med telemetri. Innebörden är att loggaren hela tiden sänder data till instrument utanför ugnen. Aktuell temperatur kan avläsas i realtid.

Systemet kräver att utrustningen provas ut för varje enskild ugn. Ugnar avskärmar radiovågor och det gäller att hitta läckor i denna skärm. Det har Datapaq lyckats med vid flera installationer, t ex vid glastillverkning och i avglödningsugnar vid temperaturer på upp till 900°C. 

## Nu har typ N blivit "standard"

För snart tio år sedan introducerades termoelement typ N som en specialgivare för mätning i särskilt besvärliga miljöer.

Idag är det en standardgivare, på väg att bli lika vanlig som termoelement typ K.

Typ N togs fram för att råda bot på två problem med K-givarna. Det var främst ett fenomen kallat Short Ranged Ordering (SRO), som kan ge mätfel på upp till 5°C vid mätningar över 200°C. Dessutom finns risken för grönrota över 800°C, vilket gör att givaren slutar fungera.

Typ N är till skillnad från K en givare med ett recept över ingående ingredienser. Typ K specificeras med utsignalen och kan innehålla nästan vad som helst. Ett gammalt skämt är att typ K innehåller halva det periodiska systemet.

En annan fördel med typ N är att den klarar högre temperaturer än typ K och kan i vissa fall ersätta ädelmetallelementet typ S, vilket ger betydande besparingar utan att ge avkall på måtsäkerheten.

### Mystiken borta

Typ N har lägre utsignal och kräver anpassade instrument. Alla instrument som säljs idag hanterar typ N. Annat var det för tio år sedan och därför blev typ N till en början en specialgivare för besvärliga mätningar. Därav följde att givarna lanserades med dyrbara specialmantlar. Vilket i sin tur gav korta serier och höga priser.

Idag har mycket av mystiken runt typ N försvunnit. De flesta typ N-givare som tillverkas idag har en standardmantel av Inconel 600, samma legering som i vanliga manteltermoelement typ K. Detta tillsammans med större volymer gör att prisskillnaden mellan K och N är borta.

För tre år sedan gjorde Pentronics pensionerade laboratorieförman Gunvald Bruce en jämförande studie som visade att typ N är upp till tre gånger bättre än typ K. I temperaturer upp till 200°C är det ingen större skillnad, men däröver är typ N avsevärt bättre, speciellt i de känsliga områdena för SRO och grönrota.

### Redo för N

Det här betyder att en övergång till typ N alltid ger minst lika bra resultat som typ K. Men man slipper potentiella problem. Priset är numera detsamma och dagens instrument är redo för typ N.

Därför är det många som gjort typ N till sitt standardtermoelement. Det påminner om vad som hände för 20-30 år sedan då typ K ersatte den järnbaserade och korrosionsbenägna typ J. Visst finns den sistnämnda fortfarande kvar, men den gamla standardgivaren är numera en udda fågel. På samma sätt kan det gå med typ K. 

## FRÅGA? SVAR!

### Om frågespalten och dess innehåll

Syftet är att presentera och besvara några av de frågor som läsekretsen ställer till oss. De frågor som vi tar upp skall ha allmänt mättekniskt och/eller värmetekniskt intresse.

#### Kan man man beräkna en yttemperatur istället för att mäta upp den?

Den här gången skall vi diskutera om det är möjligt att beräkna en yttemperatur istället för att mäta upp den. En av våra läsare i skorstensfejjarbranschen har hört av sig med ett intressant problem.

**FRÅGA:** Myndigheternas föreskrifter runt eldstads- och skorstensinstallationer innehåller bland annat bestämmelser om maximalt tillåtna yttemperaturer. En brännbar vägg i närheten av en rökgång får exempelvis inte utsättas för en temperatur, som överskrider 80 °C. Enligt föreskrifterna måste temperaturen i det här fallet kunna mätas.

Många besiktningsmän mäter upp yttemperaturen på plats vid maximal drift, men detta är både omständigt och svårt. Vid exempelvis en braskamin, som inte är ansluten till en murad skorsten, finns det i normalfallet ett luftutrymme mellan kaminröret och väggen. Kaminröret består ofta av två koncentriska plåtrör med isolering emellan. Det kan vara mycket knepigt att mäta yttemperaturen på den brännbara väggen i ett sådant smalt luftutrymme.

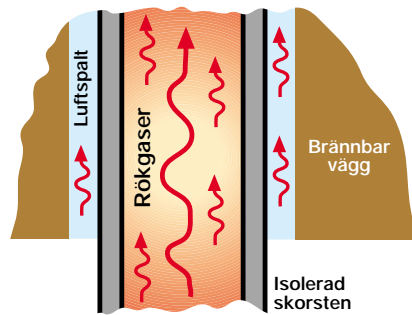
Kan man trots konvektionen i det luftade utrymmet räkna ut yttemperaturen på den brännbara väggen, om man känner yttemperaturen på kaminen, den strålade ytans area och strålningskoefficient samt avstånd mellan kamin och vägg?

Niklas L

**SVAR:** I princip skulle man kunna beräkna en yttemperatur för den brännbara väggen i luftspalten utanför kaminröret. I verkligheten finns det emellertid så många "om och men" att beräkningsresultatet blir ytterst tvivelaktigt för det enskilda fallet. För ett teoretiskt fall, där man använder medelvärden, kan däremot en beräkning ge värdefulla upplysningar och ökad förståelse. Mätning av yttemperatur är alltid en svår procedur och i detta fall tillkommer dessutom ytterligare mätproblem, vilket också noterats av besiktningsmännen.

Värmeöverföringsberäkningen kräver att man studerar hela systemet: skorsten-luftspalt-brännbar vägg-väggens omgivning. De förutsättningar som man inför i beräkningen påverkar i hög grad beräkningsresultatet. Den brännbara väggens geometri och egenskaper samt omgivning kommer därför också att påverka yttemperaturerna i luftspalten.

Värmetransporten i luftspalten sker genom en kombination av strålning och kon-



Problemet är hur man ska kunna mäta eller beräkna den brännbara väggens yttemperatur efter maximal eldningsintensitet.

vektion. Både strålningen och konvektionen beror av spaltgeometrin och yttemperaturerna. Strålningen beror dessutom av ytornas emissionsförhållande och konvektionen beror av luftens fysikaliska egenskaper och strömningsförhållandena i spalten. Tyvärr är det mycket svårt att med god noggrannhet beräkna strömningen i detta fall. För att ytterligare komplicera det hela är värmetransporten inte bara beroende av yttemperaturerna, utan yttemperaturerna är också beroende av värmetransporten. Med ett antal förutsättningar kan man dock grovt uppskatta värmeöverföringen i spalten.

En komplikation vid både mätningar och beräkningar är att problemet är instationärt, vilket gör att värmeflödet och därmed yttemperaturen varierar med tiden. Man kommer också att få olika temperaturnivåer om man eldar kontinuerligt med hög intensitet eller om man nöjer sig med en liten trivselbrasa. Även om yttemperaturen på väggen är 80 °C så kan luften i spalten vara betydligt varmare. Om detta luftflöde sedan träffar andra brännbara ytor, kan man där få yttemperaturer som överskrider 80 °C.

För att studera yttemperaturen på den brännbara väggen kan det vara lämpligt att använda en kombination av mätningar och beräkningar. Vid mätningar måste man vara medveten om att det är speciellt svårt att mäta yttemperaturer. Utgående från beräkningar kan man exempelvis öka förståelsen för värmeöverföringsförloppet. De förutsättningar och approximationer som införs vid beräkningarna är väsentliga för beräkningsresultatet. Det enda du kan vara helt övertygad om är att du

#### Mäter fel och räknar fel!

Om du bara är medveten om detta så har du goda förutsättningar att angripa problemet och erhålla ett tillfredsställande resultat. 📐

## PRODUKT-NYTT

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

### Forma din egen indikator

Pentronic har ett brett program av tillbehör till ETI:s handhållna indikatorer.

Det innehåller betydligt mer än "bara" temperaturgivare.

Här är fyra av tillbehören:

- PVC-hölje skyddar indikatorn i smutsiga miljöer. Finns i sex olika färger och kan därmed användas för att tydligt markera att instrumentet är avsett för en viss applikation eller vilken avdelning som äger den.
- Skyddande gummihölje tar upp stötar om man t ex tappar indikatorn.
- Vattentät plastpåse med inbyggd anslutningsledning för termoelement typ K eller T. Påsens mått är 130x230 mm och den skyddar instrumentet effektivt mot fukt.
- Väskor med plats för indikator, givare och andra tillbehör. Finns i två storlekar med anpassad och stötupptagande inredning.

Några tillbehör kan även användas till indikatorer av andra fabrikat än ETI.



### Kortare omvandlare

PR Electronics har tagit fram en ny mätvärdesomvandlare för montage på DIN-skena. Den heter PRetrans 6000-serien. Förändringen är att den blivit mindre och inte kräver lika stort djup. Yttermått är 109 x 23,5 x 104 mm (H x B x D). Den programmerbara tvåtråds-transmittern finns i flera utföranden och även med Hart-protokoll, med en eller två kanaler. Två av modellerna är galvaniskt isolerade, finns i utförande för Ex zon 0 och uppfyller de kommande ATEX-kraven. Transmitterna kan programmeras för bl a platinatermometrar, linjära resistanser, spänning samt termoelement av typerna E, J, K, L, N, T, U, B, R, S, W3 och W5.



# Blockkalibratoren lömsk felkälla

Rätt använd är blockkalibratoren ett utmärkt hjälpmedel för felsökning och kalibrering. Men det finns tillfällen då bristande insikt i värmeöverföringens lagar kan leda till grova mätfel i blockkalibratorer. Vi beskriver här ett sådant fall med korta givarspetsar som är hämtat ur verkligheten.

Ett mejeri använder Pt 100 givare (IEC 751 klass A) med kort spets avsedda för montering vinkelrätt i rör med strömmande vätska. Givaren förekommer i tusentals exemplar inom livsmedelsindustrin. Se figur 1.



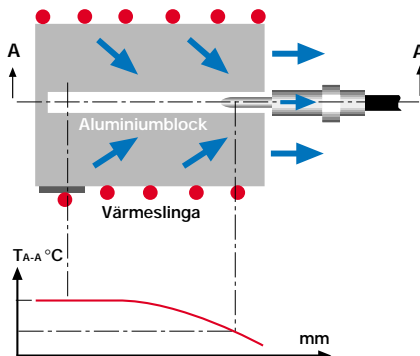
Figur 1. Vanlig givare för rörsystem i livsmedelsindustrin. Den smala mätspetsen,  $\varnothing 3 \times 25$  mm, innehåller ett trådlindat Pt 100 mät-element.

Av någon anledning misstänkte mejeriet tekniker mätfel och beslöt att kalibrera givaren i en blockkalibrators med inbyggd referensgivare. Givaren konstaterades mäta mer än en grad för låg temperatur vid  $100^\circ\text{C}$ . Ytterligare en givare befanns mäta lika illa varvid ett reklamationsyrkande författades. Kontrollmätning i det ackrediterade laboratoriet på Pentronic visade att givarna, som var sju år gamla, fortfarande höll klass A. Driften sedan leveransprovningen var  $-0,002$  resp  $-0,18^\circ\text{C}$  vilket med tanke på ålder och användning måste anses som bra.

## Värmeledning = temperaturfall

Vad gjorde teknikern för fel? Se figur 2. Här har vi att göra med en ugn som har ett uppvärmt cylindriskt aluminiumblock med ett eller flera hål. Blocket är värmeisolerat i alla riktningar utom uppåt vid öppningen. Detta innebär att värme flödar ut vid blockets översida via strålning och konvektion samt genom ledning i provobjektet. Då uppstår temperaturfall och temperaturen längs hålet kan variera som i figur 2, vilket kallas axiell gradient. En givare som inte når ända till botten riskerar att ha för låg temperatur. I exemplet är detta precis vad som skedde.

I den beskrivna blockkalibratoren används regler-systemets ärvärde för att indi-



Figur 2. Värmeledningen ut från blockets topp ger upphov till temperaturfall i hålet i axiell led. Temperaturen varierar längs hålet och korta givare värms mindre än långa.

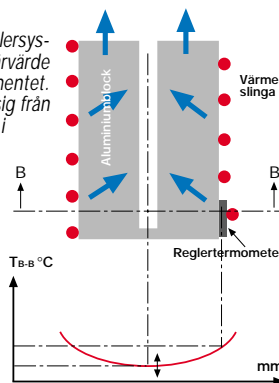
keras blockets temperatur. Se figur 3. Blockets reglertermometer är normalt placerad nära värmeslingan, ofta utanpå blocket, för att den ska kunna känna temperaturförändringar i slingan snabbt. Som framgår av temperaturprofilen i figur 3 känner reglertermometern en temperatur som är högre än den i botten på hålet. Orsaken är värmeavgivningen uppåt och genom provtermometern, som förorsakar ett radiellt värme-flöde även vid botten på de normalt grunda blocken. Fenomenet kallas för radiell gradient.

Skillnaden i temperatur mellan reglertermometern och provobjektet kan man korrigera för genom kalibrering av block-ugnen, vilket tillverkaren normalt bör göra. Problem uppstår dock om man mäter med andra termometerkonstruktioner än kalibreringstermometerns. Värmeledningen längs en givare beror främst av tvärsnittsarea och materialets ledningsförmåga. Andra temperaturnivåer än de kalibrerade ger andra värmeledningen och därmed avvikelser. I viss mån kan interpolationer göras mellan kalibreringspunkterna, men vid extrapolationer måste man vara försiktig.

## Undvik felet

Vad kan man då göra för att undvika felet? Den klassiska metoden att mäta med separat referensgivare och mätobjekt samtidigt i ugnen är bäst. Då blir avvikelserna mellan

Figur 3. Blockkugns regler-system hämtar sitt ärvärde nära värmeelementet. Ärvärdet skiljer sig från temperaturen i hålets botten på grund av värmeledningen i radiell led. Temperaturprofilen  $T_{B-B}$  gungar upp och ned med regleringen.



referensens och mätobjektets temperaturer minst. Ser man också till att referensens och mätobjektets spetsar befinner sig i jämnhöjd med varandra jämför man i samma temperaturnivå och felet minskar ytterligare. Dessutom ska alla givare vara så lika som möjligt till material och tvärsnittsarea.

Om blockkugnen är försedd med flera hål ska dessa belastas symmetriskt. Det innebär vid cirkulära block att varje givare inklusive referensen ska förses med en givare i diametralt motsatt hål. För att givarspetsarna ska anta blockets temperatur krävs god värmeöverföring i hålens luftspalter. Ett sätt (om fabrikanter tillåter) är att fylla hålen med lämplig vätska till en nivå något över temperatursensornas läge i givarna. Ett annat är att utnyttja metallbussningar avpassade för givarspets och ugnshål.

Värmeledningen ut ur ugnens öppning kan knappast minskas genom isolering av enbart utstickande givare. Det man vinner är att temperaturfallet flyttas utåt i givaren och att insticksdjupet därigenom ökar.

Moderna blockkalibratorer rätt använda enligt beskrivningen ovan ger små felbidrag. Det kan i bästa fall röra sig om  $\pm 0,05^\circ\text{C}$  kring rumstemperatur men uppåt ett par grader vid höga temperaturer.

I Pentronics teknikartikelsamling 1990-96 finns en artikel om blockkalibratorer som kan vara värd att studera. (StoPextra 3/93). Frågor och synpunkter, maila till:

[hans.wenegard@pentronic.se](mailto:hans.wenegard@pentronic.se)

### Mer information!

Fyll i, klipp ut och posta kupongen till Pentronic, 590 93 Gunnebo. Telefax 0490-237 66, telefon 0490-25 85 00, e-post [info@pentronic.se](mailto:info@pentronic.se)

#### Kursen "Spårbar temperaturmätning"

- 25-26 okt 2000 (Anmälan)
- 14-15 mars 2001 (Anmälan)

#### Kursen "Mätosäkerhet & kalibrering"

- 20-22 mars 2001 (Anmälan)

OBS! År 2000-priser gäller vid bokning före årsskiftet

Namn .....

Företag .....

Adress .....

Postnr ..... Ort .....

Telefon ..... Fax .....

#### Jag vill ha mer information om:

- Handhållna indikator-tillbehör
- Mätvärdesomvandlare
- Ugnstemperatur via telemetri
- Blockkalibratorer
- Termoelement typ N

#### Jag vill ha:

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