

# STOP EXTRA

PENTRONIC

Pentronic AB, 590 93 Gunnebo, telefon 0490-25 85 00, fax 0490-237 66, internet www.pentronic.se, e-post info@pentronic.se

I en gasturbin är varje procents ökning av verkningsgraden värd stora pengar.

Därför förfinar Siemens Turbomachinery hela tiden sina konstruktioner.

En av åtgärderna på senare tid har varit att utveckla nya temperaturgivare tillsammans med Pentronic.

Siemens Industrial Turbomachinery AB i Finspång hette för Alstom och dess förförinnan Stal. Företaget är världsledande på gasturbiner för kraftproduktion. Maskinerna bygger på samma principer som jetmotorer. Skillnaden är att de i Siemens tappning är optimerade för att driva generatorer för elproduktion eller kompressorer för pumpning av olja och gas, alternativ för drivning av fartyg.

Temperatur är den viktigaste parametern för att styra en gasturbin. Bättre mätning och kortare svarstider ökar turbinens verkningsgrad. Därför har Siemens genom åren lagt ned mycket arbete på att förbättra temperaturmätningen.

## Pentronics uppdrag

För ett par år sedan var det dags för revision av en befintlig gasturbin. Den heter SGT600 och har en effekt på 25 MW. Pentronic kopplades in redan från början för att utveckla nya temperaturgivare.

Givarna sitter i avgasutloppet, eller kraftturbindiffusorn som den korrekta termen lyder. De är 16 till antalet med tre mätpunkter vardera. Även de gamla givarna utvecklades av Pentronic.

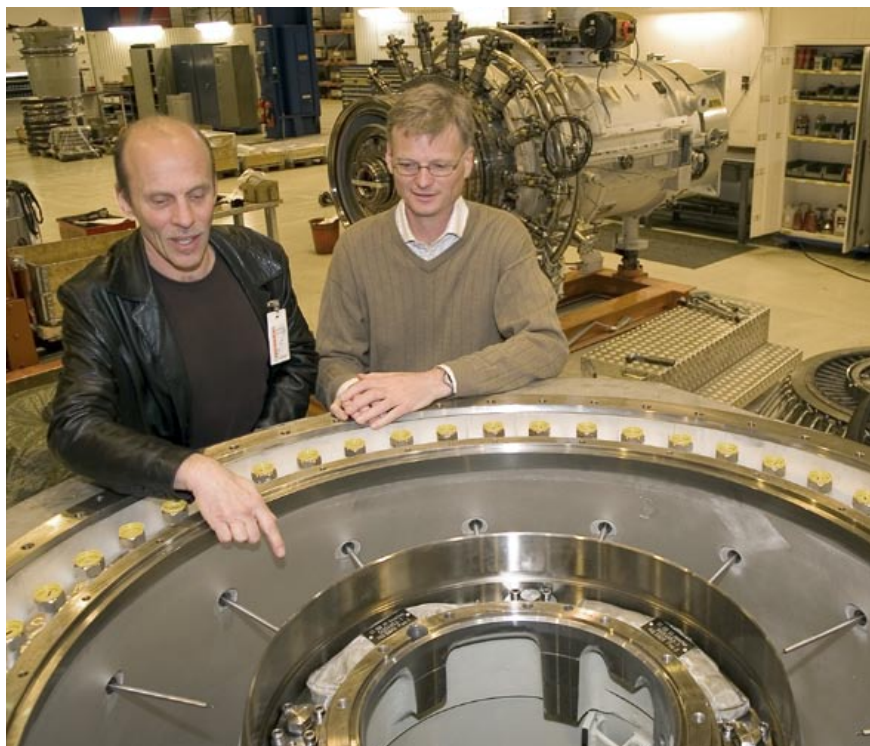
– Givarna har en viktig funktion för att reglera gaspådraget och detektera fel, berättar projektledaren Ingvar Hultmark på Siemens.

Förbättringsuppdraget till Pentronic var omfattande och i vissa stycken motsägelsefullt. De nya givarna skulle mäta noggrannare, snabbare och med färre mätpunkter. Givarna stör även gasflödet vilket stjäl effekt. Därför



Hjärtat i en gasturbin och källan till den enorma effekten som produceras.

## Nyutvecklade givare ökar effekten i Siemens gasturbiner



Med nya temperaturgivare ökar effekten på gasturbinen. Boije Fridell från Pentronic och Siemens projektledare Ingvar Hultmark studerar installationen i turbinens avgasutlopp.

krävdes tunnare givare i en miljö som är allt annat än gästvänlig.

## Sänkta kostnader

– Gashastigheten är 300-350 meter per sekund och temperaturen drygt 500°C, berättar Ingvar.

Tunna givare ökar risken för vibrationer. Den höga gashastigheten har också en kylande effekt. Mätvärdet påverkas även av strålning till gods som är kallare än förbränningsgaserna. Bara kyleffekterna ger ett mätfel på 3-6°C med en oskyddad givare.

Kylningen motverkas med skyddsror som bromsar upp gashastigheten runt givarspetsen och skyddar den från inverkan av kallare ytor.

Den nya givaren består av dubbla termoelement typ N i ett specialutvecklat skyddsror av Nimonic, en legering för mycket krävande miljöer.

– Det är möjligt att vi hade klarat oss med ett enklare material, men givaren måste vara driftsäker och klara hela maskinens livslängd, förklarar Ingvar.

Den lilla extravagansen uppvägs mer än väl av att den nya givaren som standard

har två mätpunkter anslutna istället för tre. I varje turbin sitter 16 givare, vilket betyder 16 färre mätpunkter. Det sänker kostnaderna för kabeldragningar och anslutning till styrsystem.

## Högre prestanda

På samma gång har mätningen blivit avsevärt noggrannare med kortare svarstid. Resultatet är högre effekt med lägre bränsleförbrukning och minskade emissioner.

Vägen dit har kantats av hårt arbete, nattliga uttryckningar från Pentronic med omkonstruerade givare och en tidsödande process för utprovning.

– Nu är vi i mål och hoppas att de nya givarna blir standard även i våra övriga maskiner, säger Ingvar. Han reserverar sig för att det måste till omsorgsfull utprovning innan Siemens tar det steget.

Siemens i Finspång tillverkar gasturbiner med effekter upp till 50 MW. Tre av den största modellen installeras just nu vid ett nytt kraftvärmeverk i Göteborg och ska producera el av naturgas. Med förbättrad temperaturmätning blir resultatet ännu mer elektricitet. 

# Hemligheten bakom specialutvecklade givare

Leif Jansson har konstruerat temperaturgivare sedan 1967. Många av Pentronics kundspecifika givare bär hans signatur.

Specialgivare är ofta det enda alternativet. Ingen konstruerar motorer och maskiner efter standardgivare, säger han.

Det är Leif som konstruerat de nya givarna för Siemens gasturbiner, som vi berättar om på förstasidan här i StoPextra. Det var även han som konstruerade de gamla givarna som nu ska ersättas.

Men själv håller han inte med om att han är konstruktör.

– Det som styr är bland annat kundens funktionskrav, miljö, krav på hållfasthet och montagesätt. Vi utvecklar givarna tillsammans med kunden, invänder han.

## Idéer vid svarven

Må så vara, men det är Leif och hans medarbetare som ser till att kundens krav omvandlas till en givare som fungerar och går att tillverka till rimlig kostnad. Vilket är ett arbete som ofta sker direkt i svarven.

– Många gånger bygger vi givaren först och ritat sedan upp den i CAD, säger Leif.

Förklaringen är att idéerna rinner till



Egen svarvavdelning är nödvändigt för att tillverka kundspecifika givare, säger Leif Jansson, här med en uppsättning specialgivare som bär hans signatur, avsedda för gasturbiner.

lättare i verkstaden. Ibland händer det att konstruktionen förändras mitt under en bearbetning. Men Leif ser att arbets sättet ändras när yngre medarbetare tar över allt mer av konstruktionsarbetet. De yngre får lättare idéer i CAD.

– Det viktiga är att alla som arbetar med konstruktion också har erfarenhet av bearbetning. Vi jobbar ofta på gränsen för vad materialen klarar av och då måste kunskapen bygga på erfarenhet, säger Leif.

## Snabb respons

Enligt honom är egen bearbetning en förutsättning för att över huvud taget syssla med kundspecifika givare. Pentronic är en av de få tillverkarna av temperaturgivare i världen med en så kompetent mekanisk verkstad. Alternativet är att köpa av en underleverantör, många gånger i ett annat land, med betydande leveranstider som följd.

– När vi har tagit fram en prototyp ska den testas av kunden. Det kan bli flera omkonstruktioner innan allt fungerar som det är tänkt, säger Leif.

Genom åren har det blivit en del kvälls- och helgjobb för att snabbt få fram nya givare för tester hos kund. Vilket inte hade varit möjligt utan egen bearbetning. Leif Jansson understryker att det fria skapandet vid svarven upphör när givarens konstruktion har fastställts. Då är det CAD-ritning, tillverkning efter strikta specifikationer och obligatorisk slutkontroll med protokoll som gäller.

# Allt är inte noggrant som heter Pt100

Pt100 filmelement är avsevärt sämre än trådlindade i temperaturer över 300°C.

Det visar mätningar vid Pentronics ackrediterade kalibreringslaboratorium för temperatur.

– Vi har hittills bara mätt på en mindre population, understryker laboratoriets chef Lars Grönlund.

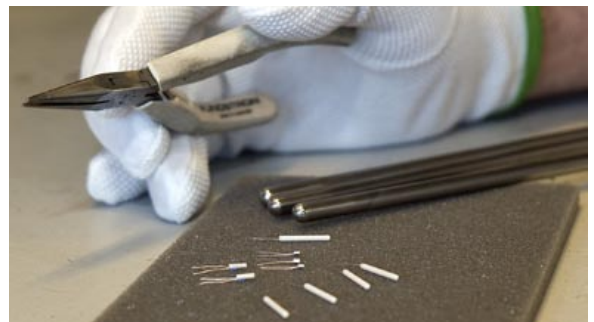
I testet ingår givare från både Pentronic och andra fabriker. De genomförda mätningarna visar att skillnaden mellan de två typerna inte beror på givarens konstruktion. Det är själva elementet som inte håller måttet.

Upp till 300°C håller sig filmelementen inom klass A, även om toleransen utnyttjas till fullo vid den övre gränsen. I högre temperaturer faller filmelementen ned till toleranser enligt klass B eller sämre. Försämringen finns kvar när filmelement, som exponerats för högre temperaturer, används i lägre områden.

Testerna fortsätter med fler individer. Dessutom ska givarna cyklas för att kartlägga problem med hysteres och liknande. Vi hoppas kunna presentera resultatet i nästa StoPextra, som utkommer i slutet av augusti.

Pentronic tillverkar Pt100-givare med både filmelement och trådlindade element. Det finns således inga kommersiella skäl att svartmåla filmelementen. Kunderna har däremot skäl att tänka över givarvalet. Den stora fördelen med Pt100 är bättre noggrannhet. Om givaren kommer att utsättas för

temperaturer över 300°C finns anledning att fundera över givarvalet. Snäv mätosäkerhet kräver trådlindade Pt100. Om kostnaden är viktigare kan termoelement vara ett väl så bra alternativ.



Rätt Pt100-element är avgörande för mätosäkerheten. Här syns alternativen, stavarna är trådlindade element och de "små flingorna" filmelement.

## Ständig miljöförbättring sänker kostnaderna

Pentronic bedriver sedan flera år ett aktivt miljöarbete enligt ISO 14000 byggt på ständiga förbättringar.

Produktionen i sig är inte särskilt miljöbelastande, men arbetet ger andra resultat. En av dem är sänkta kostnader.

– Vi har gått igenom hela fabriken i Verkeback ur ett miljöperspektiv. Vi hittade flera sätt att minska energiförbrukningen i produktionen och i fastigheten, berättar Helena Hermansson som är kvalitets- och miljöansvarig. Den andra fabriken, som ligger inne i Västervik, har bara ett par år på nacken och står näst i tur för en miljögenomgång.

Miljö förknippas ofta med utsläpp, men hos Pentronic ligger den stora miljöförbättringspotentialen på annat håll. Dels i den egna produktionen, dels ute hos kunderna.

– Färre fel i produktionen ger lägre förbrukning av energi och material. Färre

reklamationer minskar transporter, ger hon som två exempel. På samma gång minskar kostnaderna.

Genomgången av hela ventilationssystemet gav också en annan insikt. Besparingarna gjordes med hjälp av noggrannare reglering. Och därmed är vi inne på vad Pentronic säljer, nämligen temperaturmätning. Högre mätkvalitet hos kunderna ger i sin tur mindre energiförbrukning, sänkta utsläpp och lägre kostnader. Med ett genomtänkt miljöarbete blir ISO 14000 ett verktyg för ständiga förbättringar och besparingar, summerar Helena Hermansson. Det går även att lägga ett globalt perspektiv på miljöarbetet. Pentronics temperaturgivare används över hela världen i maskiner för aseptisk förpackning av livsmedel. Det sterila förpackningssystemet bygger på noggranna mätningar och leder till att människor utan kylskåp i fattiga länder får tillgång till sunda livsmedel



# Håll kylan med filten!

**FRÅGA:** När jag skall avfrostas frysskåpet under sommaren har jag fått rådet att svepa in frysvarorna i en filt. Är det verkligen ett bra råd? Filten kommer ju att värma maten.

Niklas W

**SVAR:** Kommentaren om filtens inverkan är både rätt och fel. Filten är från början varmare än de frysta varorna och värme tas från filten och tillförs maten. Insvängningsförloppet är emellertid kort och den "filtenergi" som tillförs maten är liten. När väl filten har blivit neckylad är den en bra isolering och minskar värmeflödet till matvarorna.

För att hålla maten så kall som möjligt skall man packa frysvarorna i några kartonger eller frysveskor innan man lägger filten omkring. Paketet placeras på en sval plats och avfrostningen görs så snabbt som möjligt.


Man kan också se problemet matematiskt. Värmeflödet,  $Q$ , från omgivningen till matvarorna kan efter insvängningsförloppet beskrivas med sambandet

$$Q = A k (T_{\text{omg}} - T_{\text{varor}}) \Delta t$$

Entätpackning av matvarorna minskar arean  $A$

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

**FRÅGA?**  
**SVAR!**

och därmed värmeflödet. En filt som isolering minskar värmegenomgångskoefficienten  $k$  och värmeflödet. En låg omgivningstemperatur,  $T_{\text{omg}}$ , minskar också värmeflödet. En kort avfrostningstid  $\Delta t$  minskar den energi som tillförs den frysta maten. 



Har du synpunkter eller frågor kontakta professor Dan Loyd, LiTH, på e-post: [danlo@ikp.liu.se](mailto:danlo@ikp.liu.se)

## Två nya fixpunkter för höga temperaturer

Pentronic fortsätter att utveckla det ackrediterade kalibreringslaboratoriet för temperatur.

Laboratoriet får ytterligare två fixpunkter. Samtidigt köps en ny trippelpunkt för vatten.

- Till hösten realiserar vi temperaturskalan upp till 1084 °C med egna fixpunkter, säger laboratoriets chef Lars Grönlund.


De nya punkterna är fryspunkten för silver, 961,78 °C, samt fryspunkter för kop-

par, 1084,62 °C.

När de nya cellerna är insynade realiserar Pentronic temperaturskalan ITS-90 med hjälp av trippelpunkterna för kvicksilver, -38,8344 °C och vatten, +0,01 °C, smältpunkten för gallium, 29,7646 °C och fryspunkterna för indium, 156,5985 °C, tenn, 231,928 °C, zink, 419,527 °C, aluminium, 660,323 °C, silver 961,78 °C och koppar, 1084,62 °C.

I det industriellt använda temperaturområdet saknar Pentronic bara fryspunkten för guld, 1064,18 °C. Det har liten praktisk betydelse när skillnaden mot koppar bara är drygt 20 °C.

- Vi ser att behovet ökar av högre noggrannhet vid kalibreringar i högre temperatur. Fixpunkterna är själva definitionen av temperaturskalan. Bättre går det inte att kalibrera, säger Lars som själv hämtar de nya fixpunkterna hos tillverkaren. De är för sköra och dyrbara för att anförtros normala transporter.

De nya fixpunkterna och kalibreringsugnen ska insynas under hösten och blir därefter tillgängliga för kalibreringsuppdrag under ackreditering. 



0076  
ISO/IEC 17025

## PRODUKT-NYTT

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

### Loggar 8 kanaler

DAQPRO 5300 är en prisvärd och mångsidig logger i fickformat som klarar det mesta på egen hand, utan att kopplas till en dator.

Loggern har åtta ingångar med individuellt valbara mätområden. Storheter som loggas är: Ström: 0 - 24 mA. Spänning: 0 - 50 mV och 0 - 10 V. Temperatur: Pt 100 samt termoelement J, K och T. Frekvens: 0,3 - 20 000 Hz.

DAQPRO klarar 10 000 mätningar per sekund på alla ingångar med 16-bitars sampling. Minnet har plats för 100 samplingssessioner. Inbyggd klocka och kalender förenklar det fortsatta arbetet.

Loggern programmeras enkelt via knappatsen och visar insamlade värden

i valbara enheter, som tabeller eller grafiskt.

Kommunikation med dator sker via USB. Med

DAQPRO följer ett kraftfullt

analysprogram för hela

Windows-serien från 95

till XP.



### Prisvärda simulatorer

Simulator är ett värdefullt hjälpmedel vid kontroll av mätutrustning. Principen är enkel, koppla simulatoren till instrumentet som ska testas, skicka ut korrekt signal för en viss temperatur och avläs värdet.

Pentronic erbjuder två prisvärda simulatorer för temperatur. Tillverkaren ETI levererar dem med spårbara kalibreringsbevis.

MicroCal 1 Plus är en kombinerad simulator och indikator. Den är omställbar mellan termoelement K, J, T, R, N, S och E. Simulordelen har tolv snabbval av fritt inställbara temperaturer.

MicroCal 2 är enbart en simulator för termoelement K. Signalen levereras i tolv fasta temperaturer från 20 till +1000 °C.

Båda simulatorerna har en mätosäkerhet på ±0,3 °C.



# Standarder sätter gränserna för hur noggrant du kan mäta

Vid det här laget torde det inte ha undgått StoPextras läsare att alla mätningar innehåller fel.

Åt detta finns inget att göra.

Istället måste man vara medveten om felkällorna och utifrån den insikten ställa realistiska krav på mätosäkerhet.

Första steget i en beräkning av mätfel finns i gällande standarder för de olika givartyperna. Normerna gäller nytt och opåverkat material. När givarna har varit i drift en tid, tillkommer ytterligare fel.

Standarder är golvet för fortsatta beräkningar. Den mest använda idag för termoelement heter IEC 584-2. Den är även Europeanorm. I vissa branscher, främst inom flygindustrin, används istället amerikanska

ASTM. Den skiljer sig på några punkter från IEC, bland annat genom att gå något högre i temperatur. Samtidigt sätter ASTM begränsningar utifrån givarens diameter.

För Pt100 finns det anledning att se upp. Det s k alfavärdet, lutningen på resistansvärdet, är annorlunda i USA och Japan. Även om amerikanska Pt100 sällan syns i Europa finns anledning att vara observant. På den här sidan ser du aktuella standarder i komprimerad form samt en jämförelse av Pt 100 och termoelement av olika typer enligt IEC och ASTM. I fråga om toleranser är det här som varje tillverkare av temperaturgivare måste börja. För att mäta bättre än standarderna krävs kalibrering.

Observera att det inte går att hoppa mellan tabellerna. Enligt IEC går termoelement typ K av klass 1 till 1000°C. Klass 2 går högre, till 1200°C. Klass 1-materialets egenskaper över 1000°C är inte säkerställda. Man måste hålla sig till en standard och en klassning

I kommande nummer av StoPextra ska vi bena ut de olika komponenterna i den totala mätosäkerheten för temperaturgivare av olika typer. Här startar beräkningarna.

## Dimension vs. temperatur

Övre temperaturgränser för mantlade termoelement efter diameter enligt ASTM E 608.

	J	K, N	T
Ø 0,5 mm	260°C	700°C	260°C
Ø 1,5 mm	440°C	920°C	260°C
Ø 3,0 mm	520°C	1 070°C	315°C
Ø 4,5 mm	620°C	1 150°C	370°C

## Toleranser för termoelement enligt ASTM E 608

Följande toleranser gäller nytt och opåverkat termoelementmaterial. För temperaturer under 0°C gäller särskilda toleranser

Typ	Område	Standardtolerans	Specialtolerans
T	0 - 320°C	±1°C eller 0,75 %	±0,5°C eller 0,4 %
J	0 - 750°C	±2,2 eller 0,75 %	±1,1°C eller 0,4 %
K	0 - 1250	±2,2 eller 0,75 %	±1,1°C eller 0,4 %

## Typiska felkällor för Pt100

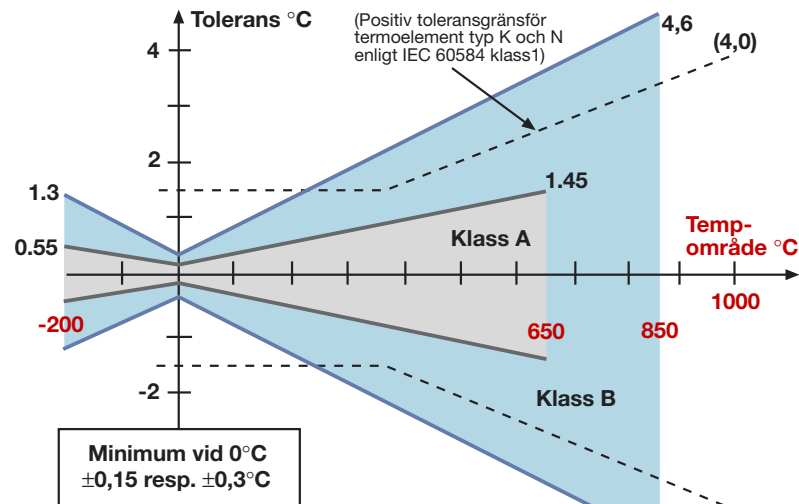
Felkälla	Felbidrag °C
Konstruktion/installation	0,1 - 3
Pt100-sensors tolerans	0,03 - 0,3 (Vid 0°C)
Kablage	0,1 - 5
3-ledare	0,01 - 0,5
4-ledare	Försumbar

## Toleransklasser för termoelement enligt IEC 584-2.

Observera att angivna värden är tillverknings-toleranser för obrukade termoelement. Redan efter en kort tids användning kan egenskaperna förändras. Det krävs regelbunden kontroll/kalibrering för att fastställa en enskild givares egenskaper vid ett givet tillfälle.

	Klass 1 (°C)	Klass 2 (°C)	Klass 3 (°C)
<b>Typ T</b>			
Temperatur	-40 - 125	-40 - 133	-67 - 40
Tolerans	±0,5	±1	±1
Temperatur	125 - 350	133 - 350	-200 - 67
Tolerans	±0,004*t	±0,0075*t	±0,015 * t
<b>Typ J</b>			
Temperatur	-40 - 375	-40 - 333	-
Tolerans	±1,5	±2,5	-
Temperatur	375 - 750	333 - 750	-
Tolerans	±0,004*t	±0,0075*t	-
<b>Typ K och N</b>			
Temperatur	-40 - 375	-40 - 333	-167 - 40
Tolerans	±1,5	±2,5	±2,5
Temperatur	375 - 1000	333 - 1200	-200 - 167
Tolerans	±0,004*t	±0,0075*t	±0,015*t
<b>Typ S och R</b>			
Temperatur	0 - 1100	0 - 600	-
Tolerans	±1	±1,5	-
Temperatur	1100 - 1600	600 - 1600	-
Tolerans	±[1+0,003(t-1100)]	±0,0025 * t	-
<b>Typ B</b>			
Temperatur	-	-	600 - 800
Tolerans	-	-	±4
Temperatur	-	600 - 1700	800 - 1700
Tolerans	-	±0,0025 * t	±0,005 * t

## Jämförelse mellan Pt100 och termoelement



Grått och blått fält är gällande standarder för Pt100 enligt IEC 751 klass A och B.

### Kursen Spårbar temperaturmätning 1

Kryssa i anmälan till önskad kurs.

14-15 sept 2005

5-6 okt 2005

### Kursen Spårbar temperaturmätning 2

22-24 nov 2005

### Jag vill ha mer information om:

- 8-kanals logger
- Simulatorer för termoelement
- Kundenspecifika temperatur givare
- Mät- och kalibreringstjänster
- Pt100 mätelemt

### Jag vill ha:

- Stopextra 2-05 (Alternativt se hemsidan)
- Temperaturhandboken (Katalog)
- Gratis prenumeration av StoPextra
- Ring mig om företagsförlagd kurs

Namn .....

Företag .....

Adress .....

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

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

E-post .....



590 93 Gunnebo  
Fax. 0490-237 66, Tel. 0490-25 85 00  
E-mail: info@pentronic.se

[www.pentronic.se/svar](http://www.pentronic.se/svar)

StoPextra 3-2005

