

JERNKONTORETS FORSKNING

Serie	Nr	Datum	Forskningsuppgift nr
D	809	2003-11-28	51050

(TO 51-43)

VÄRMEÅTERVINNING FRÅN SVALBÄDDAR INOM JÄRN- OCH STÅLINDUSTRIN

Värme från svalbäddar – 100 gånger bättre än solvärme!

Slutrapport av Jan Nilsson

Key words: cooling bed, waste energy, hot water production, rolling mills, iron and steel industry

SAMMANFATTNING

Energimyndigheten har beviljat medel för att genomföra försök/demonstrera ny teknik för värmeåtervinning från järn- och stålindustrins svalbäddar. Försök har genomförts vid valsverken hos OVAKO i Hofors och i Hällefors. Erfarenhet från försök med forcerad kylning av ämnen vid stålverket i Luleå har också beaktats för att belysa potentialen från olika utgångspunkter. Försöken har avsett återvinning av konvektionsvärme alt strålningsvärme

De resultat som erhållits indikerar att man med praktiskt rimliga installationer skulle kunna återvinna värme i form av varmt vatten för lokal uppvärmning/varmvattenberedning och/eller för fjärrvärmeändamål enligt följande.

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| • konvektionsvärme ovanför svalbädd | 30-35 kWh/ton stål |
| • strålningsvärme över svalbädd | upp mot 35 kWh/ton stål |
| • strålningsvärme under svalbädd | ca 1 kWh/ton stål |
| • strålningsvärme bredvid svalbädd | upp mot 5 kWh/ton |

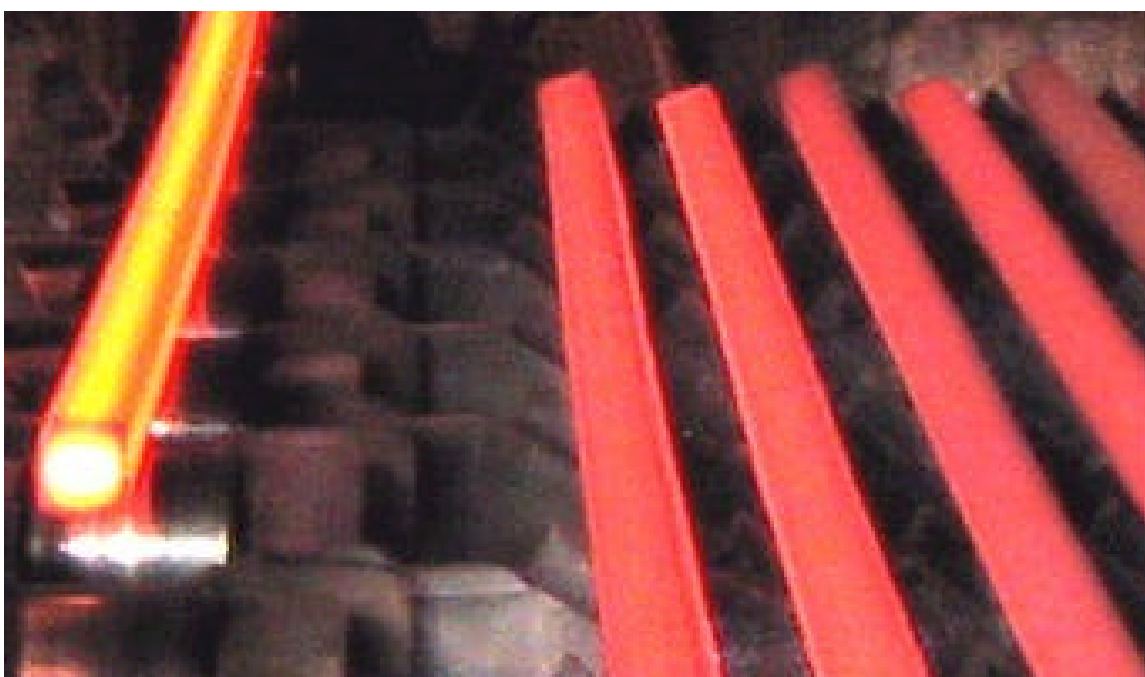
Den praktiska återvinningspotentialen är bedömt utifrån en uppskalning av den försöksutrustning som använts och med beaktande av de förbättringar som kommer att genomföras för en kommersiell anläggning och med hänsyn tagen till normalt förekommande praktiska begränsningar. Notabelt är att mycket restvärme återstår efter värmeåtervinning enligt ovan, varför betydligt mer värme kan återvinnas genom exempelvis värmeväxling mot tilluft.

Kombineras konvektions- och strålningsvärme vid en och samma svalbädd, så bör ca 55 kWh/ton processat stål eller 40% av stålets värmeinhåll kunna återvinnas.

För högre återvinning krävs sannolikt att resterande värme i kyl Luft värmes mot tilluft till en byggnad. Teoretiskt skulle då mer än 70 kWh/ton processat stål kunna tillvaratas under extremt goda förhållanden.

Försöken har visat att det är möjligt att återvinna värme med enkel VVS-teknik utan stor risk för produktionsstörningar. De använda försöksutrustningarna har accepterats av drifts- och underhållspersonal och de har inte påtagligt försvårat normal tillsyn och underhåll. Vare sig investeringsbehov eller driftkostnader för den typ av installationer som använts blir avskräckande höga, utan det är snarare problemen att hitta goda värmesänkor som innebär begränsningar.

Spillvärme från svalbäddar kan många gånger vara långt mer effektivt än annan av samhället accepterad teknik för värmeproduktion som exempelvis solvärme.



Svalbäddsvärme från valsverket hos OVAKO, Hofors

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	<i>Organisation</i>	4
2.	<i>Syfte med försök/demonstration</i>	4
3.	<i>Förutsättningar för försöksgenomförande</i>	5
4.	<i>Försöksgenomförande</i>	5
4.1	Allmänt	5
4.2	Tider	6
4.3	Bestämning av återvunnen värme	6
4.4	Processad stålmängd	6
5.	<i>Teknisk beskrivning av försöksutrustning</i>	6
5.1	Allmänna ansatser	6
5.2	Värmeåtervinning från valsverkets norra svalbädd i Hofors	7
5.3	Värmeåtervinning från valsverkets södra svalbädd i Hofors	8
5.4	Värmeåtervinning från valsverkets svalbädd i Hällefors	11
5.5	Ämneskylning med värmeväxlare	12
6.	<i>Försöksresultat</i>	13
7.	<i>Bedömning praktisk värmeåtervinnings-potential</i>	14
8.	<i>Implementering av försöksresultat i praktisk drift</i>	16
9.	<i>Nationell spillvärmepotential från järn – och stålindustrins svalbäddar</i>	16
10.	<i>Slutsatser – fortsatt arbete</i>	17
	<i>Referenser</i>	18

Bilagor:	Separat CD-skiva med mätdata och bilder	Bilaga 1
	Konvektionsvärme norra svalbädden hos OVAKO, Hofors	Bilaga 2
	Strålningsvärme södra svalbädden hos OVAKO, Hofors	Bilaga 3
	Strålningsvärme svalbädd valsverk hos OVAKO, Hällefors	Bilaga 4
	Implementering av svalbäddsvärme hos OVAKO, Hofors	Bilaga 5

1. Organisation

Projektet har genomförts av Jernkontorets kommitté 5150. Projektgruppen har bestått av följande deltagare:

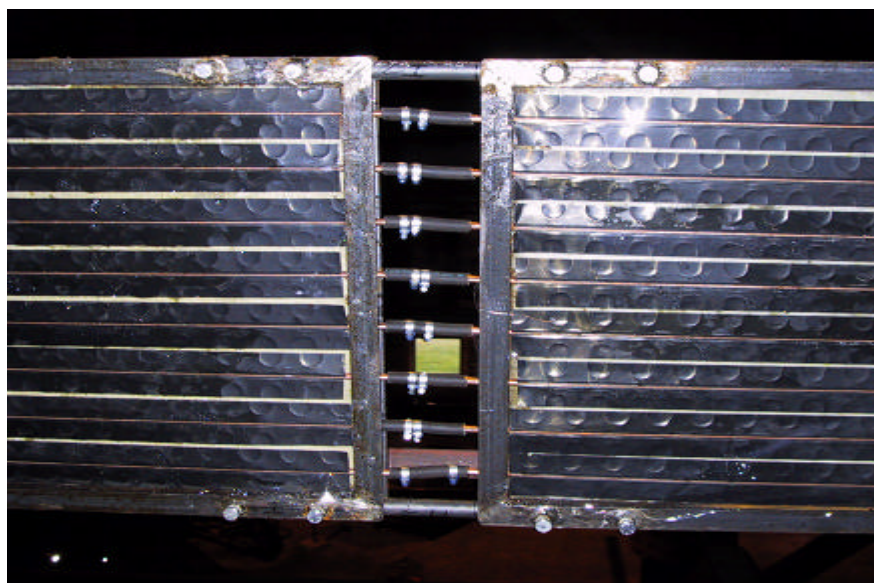
Jan Nilsson, ordf.	Konsult tidigare HOFORS energi AB
Lars Arvidsson	OVAKO Steel AB
Carl-Erik Grip	SSAB Tunnbrått AB
Leif Johansson	OVAKO Steel AB
Peter Johansson	Sandvik Steel AB tidigare HOFORS energi AB
Bo Kvarnström	OVAKO Steel AB
Claes-Göran Lindholm	OVAKO Steel AB
Frank Pettersson	Vattenfall Elförsäljning
Tore Sjö	Fundia Special Bar AB
Håkan Svensson	Sandvik Steel AB
Kurt Wahlund	OVAKO Steel AB

HOFORS energi AB är ett energibolag som ägs av Hofors kommun och AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad.

2. Syfte med försök/demonstration

Försöket/demonstrationen har syftat till att fastställa i vilken omfattning och med vilken kvalitet värme kan återvinnas från svalbäddar med konventionell VVS-teknik baserad på enkla och kostnadseffektiva kollektorer. Försöks-/demonstrationsanläggningarna har utförts med moduler uppbyggda av på marknaden förekommande konventionella komponenter. Erfarenheter från solvärmeteknik har använts vid försök med strålningsvärme.

I figur 1, visas hur två kollektorer med solvärmepaneler kopplats samman och monterats bredvid svalbädd.



Figur 1. Solvärmepaneler monterade i isolerad låda i valsverk hos OVAKO, Hällefors

Försöks-/demonstrationsmodulerna har utformats och tillverkats av HOFORS energi AB. De har utförts som moduler av en tänkt fullskaleanläggning.

3. Förutsättningar för försöksgenomförande

Vid genomförande av försöken har risken för att värmeåtervinningsutrustning negativt skall riskera påverka den normala kylningen av ämnen på svalbäddar på grund av strålning/konvektion minimerats genom att de använda kollektorerna utförts relativt glesa och enbart över en begränsad sektion av svalbädden.

Vidare har installationerna utförts så att de i minsta möjliga utsträckning skall påverka produktionen vid ett stålverk. Denna anpassning har åstadkommit genom att kollektorer antingen monterats vid sidan av produktionslinjen eller över produktionslinjen på ett sådant sätt, att kollektorerna enkelt kan skjutas åt sidan vid exempelvis produktionsstörningar som kan kräva reparations- och/eller underhållsinsatser (värmeåtervinningsinstallationen får inte vara i vägen för normala reparationer och underhåll).

Vidare har kollektorerna utförts med minimal inre vattenmängd för att i minsta möjliga utsträckning påverka produkterna vid ett eventuellt haveri med en katastrofventil, som bryter vattenflöde vid en skada som leder till läckage (högre vattenflöde än normalt).

Driftpersonalens behov av överblick över svalbädden har också beaktats. Genom att glesa kollektorer används har en relativt god överblick över svalbäddarna kunnat bibehållas även med kollektorer.

4. Försöksgenomförande

4.1 Allmänt

Försöken har genomförts veckovis med aktuell produktion. I Hofors har produktion skett i princip sex dagar i veckan och men i Hällefors har produktion skett under mindre tid per vecka på grund av lågt kapacitetsutnyttjande. Resultaten grundas i allt väsentligt på veckovis återvunnen värme med aktuella produktionsbetingelser.

I Hofors har ett antal driftstörningar drabbat försöksutrustningen dels i form av några sönderfrysningar och dels i form av ett vattenläckage från försöksutrustningen. Försöksutrustningen över södra svalbädden har också tagits ur drift och flyttats några gånger för att underlätta normala reparationer och underhåll av svalbädden.

I Hällefors har försök utförts med kollektor under och vid sidan av svalbädd i valsverk.

I Hällefors har också ett särskilt försök genomförts med en utvecklad kollektor med isolering av baksida för att minska värmeförlusten från kollektorn.

Mätdata och bilder från genomförda försök har samlats på en separat CD-skiva, [bilaga 1](#).

4.2 Tider

Planering för försöksgenomförande påbörjades våren 2001. Försöken påbörjades i november 2000, bedrevs under större delen av 2001 och avslutades i fält i månadskiftet februari/mars 2002.

En delrapport levererades i juli 2001.

Försöken har genomförts under förhållandevis lång tid för respektive försök enligt följande.

Försök genomförda hos OVAKO i Hofors

Konvektionsvärme från norra svalbädden valsverk	v047 – v126
Strålningsvärme från södra svalbädden valsverk	v047 – v140
Komplettering strålningsvärme från södra svalbädden valsverk	v207 – v208

Försök genomförda hos OVAKO i Hällefors

Strålningsvärme från svalbädd by518

Försök I	2001-05-17 - 2001-06-08
Försök II	2001-06-08 - 2001-06-19
Försök III	2001-10-27 - 2002-01-15

4.3 Bestämning av återvunnen värme

Vid samtliga försök har återvunnen värme bestämts i vattenfas. Bestämning har skett med normerad värmemängdsmätare av fjärrvärmekvalité, bestående av parvis kalibrerade PT100-givare, vattenflödesmätare av vinghjulstyp och normerat integreringsverk.

4.4 Processad stålmängd

Uppgifter om aktuell produktion av stål har fortlöpande lämnats av OVAKO:s produktionsavdelningar.

5. *Teknisk beskrivning av försöksutrustning*

5.1 Allmänna ansatser

Försöksutrustningen har utformats så att ”nyttig värme” skall kunna produceras. Med ”nyttig värme” menas värme i form av varmt/hett vatten som kan användas av ett stålverk för uppvärmning och/eller för varmvattenproduktion och/eller av ett fjärrvärmebolag för fjärrvärmeproduktion.

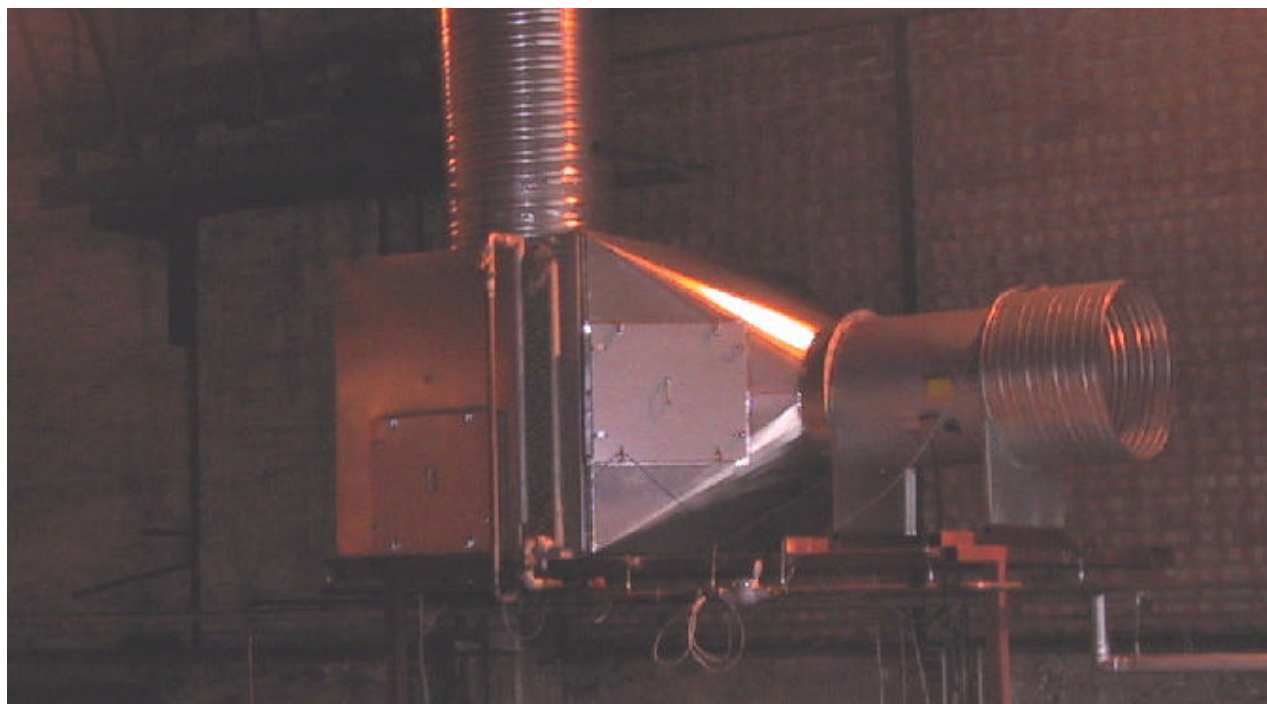
Utrustningen har inte utformats för lokal elproduktion.

5.2 Värmeåtervinning från valsverkets norra svalbädd i Hofors

Över norra svalbädden finns en lanternin som avleder kylluft. I lanterninen har installerats ett system för värmeåtervinning ur uppvärmd kyluft och försök har genomförts enligt följande:

- N1. återvinning i värmväxlare med sugkanal från befintlig taklanternin
- N2. återvinning i värmväxlare med intagshuv över svalbädd

Den använda försöksinstallationen framgår av figur 2.



Figur 2. Värmeåtervinningsinstallation i norra valsverket hos OVAKO i Hofors

Anläggningen har installerats i ett skepp med en längsgående lanternin. Luftflödet ut ur lanterninen har mätts upp till 200 000 – 250 000 m³/h beroende på aktuell produktion och utomhustemperatur.

Värmeåtervinningsutrustningen har utförts för något mindre än 10% av totalt kyluftflöde och dimensionerats för följande data:

*	varmt luftflöde	19 800 m ³ /h
*	temperatur på varmt luftflöde in	65 °C
*	vattenflöde	3,6 m ³ /h
*	temperatur på kylvatten ut	59 °C
*	avgiven värmeeffekt	ca 200 kW

I värmeåtervinningsutrustningen värmeväxlas varm kylluft mot värmevatten.

Värmevattnet kan utgöras av returvatten i ett internt värmesystem eller av returvatten i ett fjärrvärmenät eller av olika typer av kallt förbrukningsvatten.

I försöket användes industrivatten för att värmeåtervinningen ej skulle begränsas av aktuellt värmebehov.

Resterande värmeeffekt i utgående kylluft efter återvinning, återvunnen värme, aktuella lufttemperaturer och aktuell produktion har dokumenterats under försöken.

Den i värmeåtervinningsutrustningen avkylda kylluften återcirkulerades till svalbädden och minskade på detta sätt behovet av kylluft utifrån med ca 10%.

Återvinningsutrustningen har utförts robust så att den kan rengöras med tryckluft och/eller tryckvatten. Principerna för installationen framgår av [bilaga 2](#).

5.3 Värmeåtervinning från valsverkets södra svalbädd i Hofors

Över valsverkets södra svalbädd har utförts en lätt flyttbar rigg med möjlighet att hänga upp olika typer av kollektorer i olika positioner över svalbädden för bestämning av återvinningspotential i respektive position, se [bilaga 2](#).

Försök har genomförts med fyra olika typer av kollektorer enligt följande:

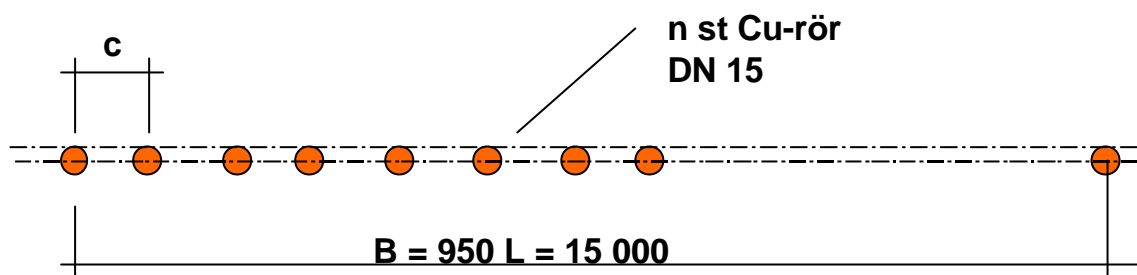
- S1. glesa kopparrör
- S2. glesa kopparrör med reflektor av aluminiumplåt
- S3. aluminiumstrips med invalsat kopparrör (solvärmepanel)
- S4. förtätade svartmålade kopparrör

Förtätningen av Cu-rör i försök S4 var måttlig på grund av att man befarade att driftpersonalens uppsikt över svalbädden skulle kunna påverkas negativt.

Vid drift med den förtätade kollektorn kunde dock konstateras att uppsikten fortfarande var god, varför det inte förelåg några praktiska hinder för att förtäta kollektorn ytterligare. Det visade sig att kollektorer av typ sunstrips påverkade uppsikten över svalbädden mer än en kollektor med förtätade Cu-rör. Av resursskäl fanns det dock inga möjligheter att inom projektets ram genomföra ytterligare försök med syfte att optimera utbytet.

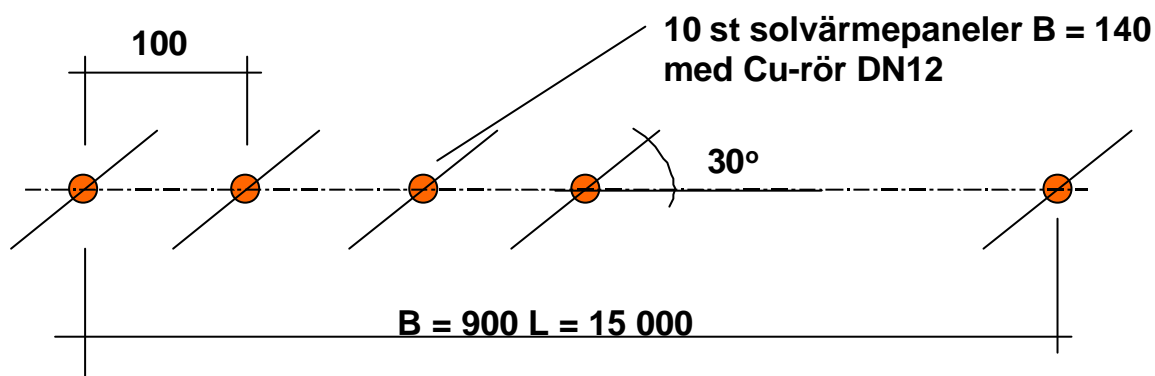
De bedömningar som redovisas senare grundas på beräkningar av värmeöverföringskapacitet för en mer förtätad kollektor.

Kollektorerne har utformats enligt figur 3.



Försök S1	$c = 50$	$n = 20$
Försök S2	$c = 50$	$n = 20$ (Aluminiumplåt som reflektor)
Försök S4	$c = 40$	$n = 24$ (svartmålade rör)

Kollektor av kopparrör



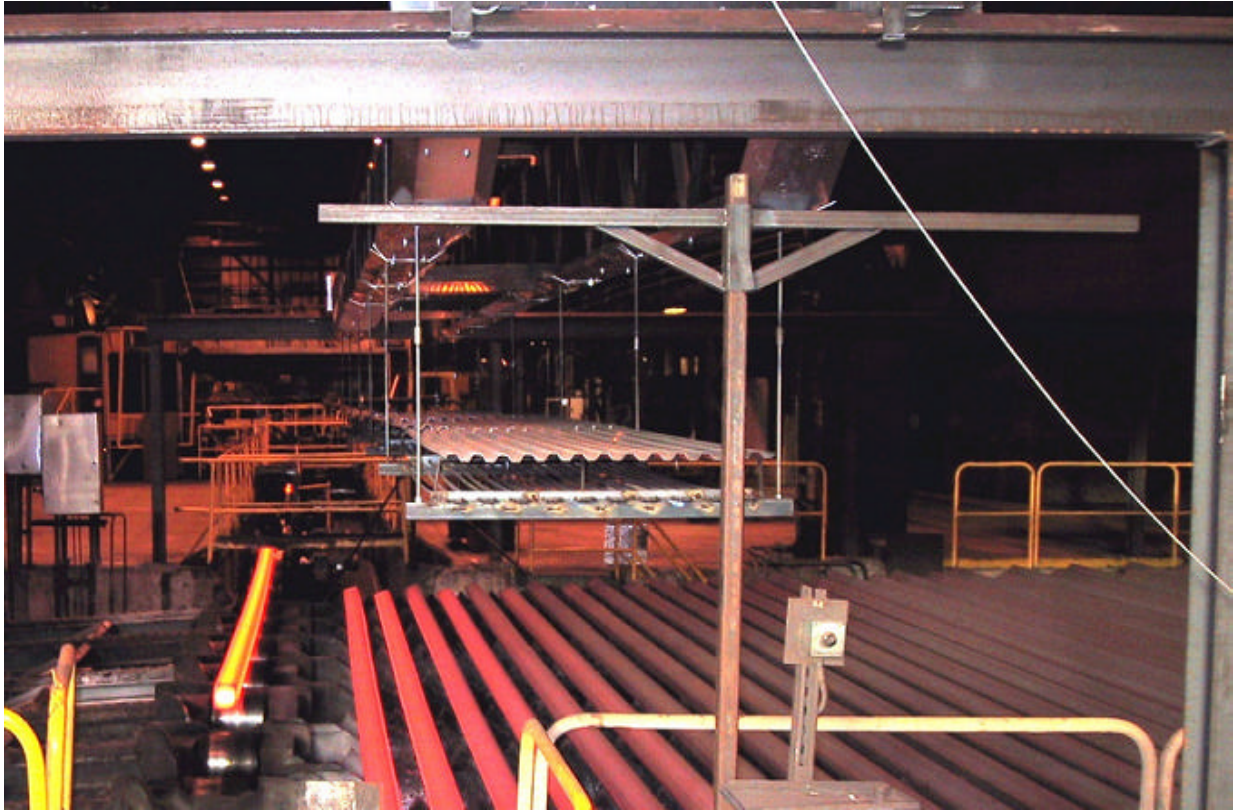
Kollektor av snedställda solvärmepaneler försök S3

Figur 3. Utförande av kollektorer

Solvärmepanelerna är i standardutförande med vingar av tunn aluminiumplåt med mått $2 * 70$ mm som svartoxiderats för ökad värmeupptagning av solljus. För att bibehålla omspolningen av ämnen med kyl Luft har stripsen snedställt. Olika vinklar har prövats och fortsatt god kylning med ett rimligt utbyte med acceptabel begränsning av uppsikt erhöles med en snedställning på ca 30° .

Under försöken i Hällefors användes sunstrips med mindre flänsar med mått $2*35$ mm. Stripsen monterades i en låda med värmeisolering och ett tätskikt av genomskinlig teflon mot svalbädden för att minska värmeförluster från försöksutrustningen.

Kollektorena har hängts upp i en åkvagn över svalbädden enligt figur 4.



Figur 4. Upphängning av kollektorer i åkvagn över södra svalbädden hos OVAKO, Hofors

Samtliga kollektorer provas i nio olika lägen över svalbädden, se [bilaga 3](#).

Solvärmepanelerna har vinklats över svalbädden för att inte hindra den normala kylningen på svalbädden av kringströmmande luft.

Samtliga kollektorer utfördes för följande data:

* vattenflöde	1 - 5 m ³ /h
* temperatur på kylvatten in	5 - 60 °C
* temperatur på kylvatten ut	60 - 90 °C
* avgiven värmeeffekt	ca 150 kW

I värmeåtervinningsutrustningen värmes strålningsvärme mot värmevatten.

Värmevattnet kan utgöras av returvatten i ett internt värmesystem eller av returvatten i ett fjärrvärmesystem. Under försöken användes dricksvatten med en temperatur på 5 - 10 °C för att värmeåtervinningen ej skulle begränsas av aktuellt värmebehov.

Temperaturer över svalbädd, återvunnen värme och aktuell produktion har dokumenterats under försöken.

5.4 Värmeåtervinning från valsverkets svalbädd i Hällefors

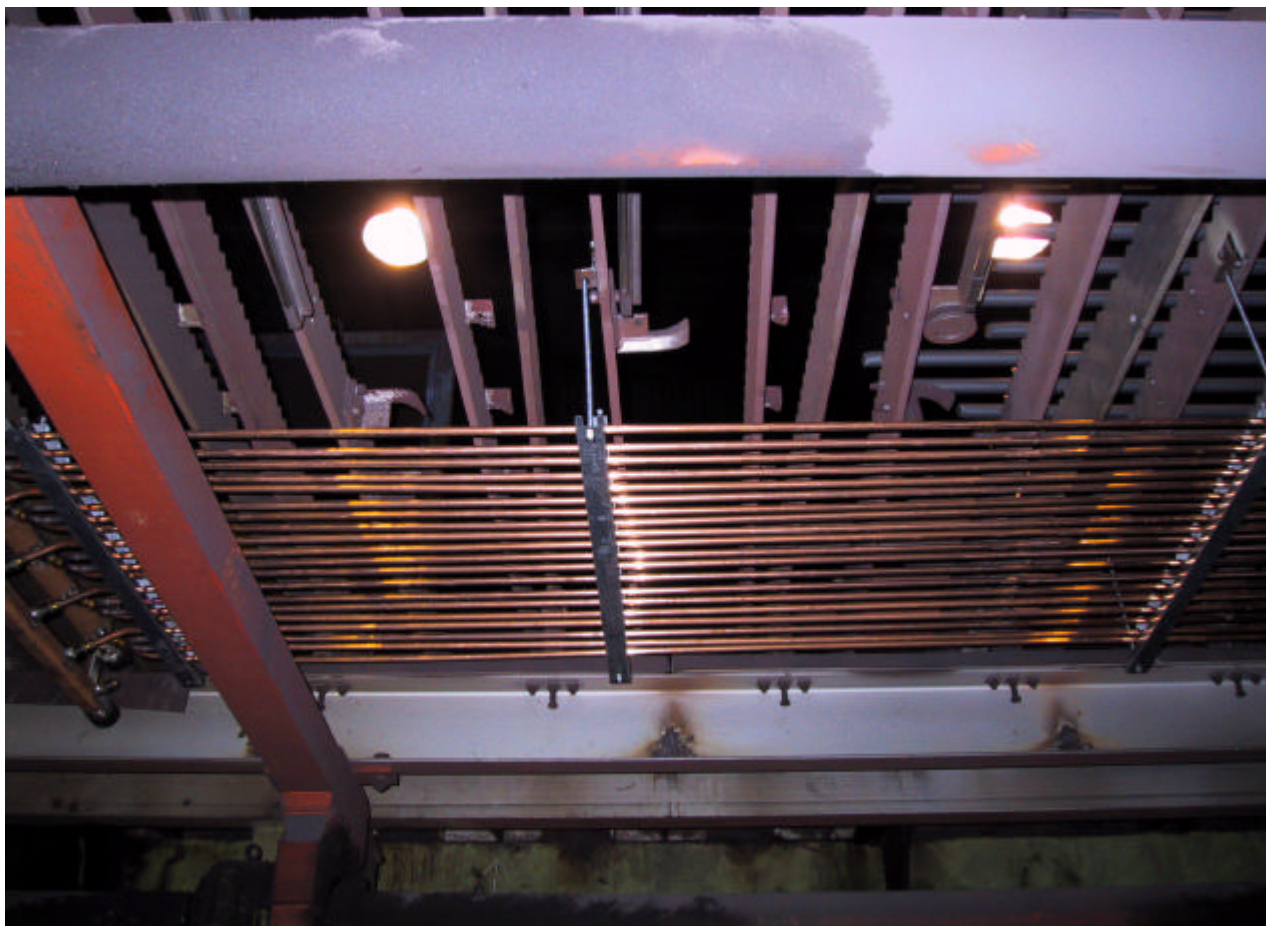
Underhand har försöken i Hofors kompletterats med försök i Hällefors valsverk.

Försöken i Hällefors har genomförts med kollektorer enligt följande:

- H1. kopparrör utan isolering under svalbädd
- H2. kopparrör med isolering på halva röret under svalbädd
- H3. kopparrör i isolerad låda vid sidan av svalbädd

På grund av den avkylning som erhöles av kringströmmande kyl Luft för normal kylning på svalbädd, så isolerades kopparrören efter en tids försök (H1) med en brandskyddsmålning på undersidan. Därigenom kunde förlusterna minska och värmeåtervinningen öka.

Installationen under försök H1 och H2 framgår av nedanstående figur 5.



Figur 5. Värme kollektor monterad under svalbädd hos OVAKO, Hällefors

Installationen av solvärmepaneler vid sidan av svalbädden hos OVAKO i Hällefors framgår av nedanstående figur 6.



Figur 6. Solvärmepaneler monterade i isolerad låda i OVAKO:s valsverk i Hällefors

Principen för installationerna i Hällefors redovisas i bilaga 4.

Vid försöket i Hällefors minskades flänsarna för solvärmepanelerna 2 * 35 mm för att värmeledningen i den tunna aluminiumplåten ej skulle bli en begränsande sektion.

Samtliga kollektorer utfördes för följande data:

*	vattenflöde	1 - 3 m ³ /h
*	temperatur på kylvatten in	5 - 60 °C
*	temperatur på kylvatten ut	60 - 90 °C
*	avgiven värmeeffekt max	ca 100 kW

I värmeåtervinningsutrustningen värmes strålningens värme mot värmevatten.

Värmevattnet kan utgöras av returvattnet i ett internt värmesystem eller av returvattnet i ett fjärrvärmenät. Under försöken användes industrivatten med en temperatur på ca 10 °C för att värmeåtervinningen ej skulle begränsas av aktuellt värmebehov.

Återvunnen värme och aktuell produktion har dokumenterats under försöken.

5.5 Ämneskylning med värmexlare

Hos SSAB Tunnbrått i Luleå har försök genomförts som ett examensarbete i maskinteknik av Magnus Wemmenhagen maj 2001.

Försök har genomförts med återvinning av värme från svalbädd för ämnen. Syftet med studien har primärt varit att kyla ämnen snabbare med hjälp av värmeväxling mot vatten i rörslingor under svalbädden.

Svalningstiden med värmeväxling minskade med ca 15%. Någon utvärdering av potential för värmeåtervinning har ännu ej genomförts, se vidare <http://epubl.luth.se>.

6. **Försöksresultat**

Försöksresultaten som rådata finns dokumenterade på separat CD-skiva, [bilaga 1](#).

Resultaten uppvisar stora variationer på grund av skiftande produktion på aktuella svalbäddar. Medelutbytet har beräknats som total producerad spillvärmemängd under försöksvecka dividerat med aktuellt tonnage utan hänsyn till stopptider. Effekter har beräknats med beaktande av aktuella stopptider.

Resultaten kan sammanfattas enligt följande:

Försök	Medelutbyte hela försöket kWh/ton stål	Medelutbyte max vecka kWh/ton stål	Medeleffekt hela försöket kW	Medeleffekt max vecka kW	Maxeffekt noterat kW
N1	3,0	3,5	78	113	181
N2	2,0	3,0	55	92	116
S1	1,4	2,1	36	40	99
S2	2,1	2,4	54	69	133
S3	1,5	1,8	42	59	101
S4	2,3	3,0	83	93	114
H1	0,05	0,06	1,8	1,9	6,7
H2	0,09	0,12	2,9	3,6	9,3
H3	0,06	0,15	3,1	4,4	16,2

Vid bestämning av medelvärden har hänsyn ej tagits till högsta och lägsta mätvärde under utvärderingsperiod. Samtliga maxvärden har noterats antingen i form av dokumenterad mätning eller dokumenterad avläsning.

För försök S och H har utbytet omräknats till m² kollektoryta (total längd * total bredd) med följande ungefärliga resultat.

Försök	Medelutbyte hela försöket kWh/ton stål, m ² kollektor	Medelutbyte max vecka kWh/ton stål, m ² kollektor	Medeleffekt hela försöket kW, m ² kollektor	Medeleffekt max vecka kW, m ² kollektor	Maxeffekt noterat kW, m ² kollektor
S1	0,14	0,21	3,6	4,0	9,9
S2	0,21	0,24	5,4	6,9	13,3
S3	0,15	0,18	4,2	5,9	10,1
S4	0,23	0,30	8,3	9,3	11,4
H1	0,010	0,012	0,09	0,038	1,34
H2	0,018	0,024	0,058	0,072	1,86
H3	0,020	0,050	1,03	1,47	5,40

7. **Bedömning praktisk värmeåtervinnings-potential**

Värmeåtervinningspotentialen för stål från 1 150 °C till 0 °C motsvarar ca 225 kWh/ton.

På en svalbädd, där stål svalnar från ca 1 000 °C till ca 300 °C minskar potentialen till högst ca 140 kWh/ton.

De installerade kollektorerna kan betraktas som en av fler tänkbara moduler för återvinning från en svalbädd. För att bilda sig en uppfattning om hur stor del av den angivna potentialen dvs 140 kWh/ton som praktiskt skulle kunna återvinnas med kollektorer utförda för större effekter, så har följande bedömning gjorts.

N1(från lanternin) Återvinningsutrustningen har utförts för ett luftflöde motsvarande något under 20 000 m³/h eller mindre än 10% av det totala kylluftflödet genom aktuell svalbädd.

Med förbättrad styrning av luckor i taklanterninen kan en högre och jämnare lufttemperatur erhållas samtidigt som takkonstruktionen säkras mot övertemperatur. Denna förbättring genomförs i den kommersiella anläggningen.

Om huvuddelen av kylluft med förbättrad styrning av luckor i taklanterninen kunde användas för återvinning, så bör upp mot 50 kWh/ton kunna återvinnas för produktion av värme/varmvatten, villkorat att en kall värmebärare finns tillgänglig.

Med rimliga installationer bör 30 -35 kWh/ton kunna återvinnas.

- N2 (via huv över svalbädd) Utbytet med en huv är mindre än utan huv och återvinningen var ca 30% lägre under de genomförda försöken.
- Någon enkel förklaring till varför återvinningen minskade har ej kunnat erhållas.
- S1 (glesa Cu-rör) Kollektorbredden är ca 950 mm, varför den täcker mindre än 10 % av den varmare delen av svalbädden. Med större intäckning skulle ca 15 kWh/ton kunna återvinnas med aktuell konstruktion.
- S2 (Cu-rör/reflektor) Kollektorbredden är ca 950 mm, varför den täcker mindre än 10% av den varmare delen av svalbädden. Med större intäckning skulle ca 20 kWh/ton kunna återvinnas med aktuell konstruktion.
- S3 (solvärmepanel) Kollektorbredden är ca 900 mm, varför den täcker mindre än 10% av den varmare delen av svalbädden. Med större intäckning skulle 15 - 20 kWh/ton kunna återvinnas med aktuell konstruktion.
- Värmebelastningen på solvärmepanelerna flänsar blir väsentligt högre än vad de egentligen konstruerats för (solvärme), varför värmeledningen i den tunna aluminiumplåten blir begränsande.
- S4 (tätare Cu-rör) Kollektorbredden är ca 950 mm, varför den täcker mindre än 10% av den varmare delen av svalbädden. Med större intäckning skulle 25 –30 kWh/ton kunna återvinnas.
- Kollektorn skulle kunna utföras både med tätare Cu-rör och något grövre Cu-rör än vad som utföres under försök S4. Det är rimligt att anta att upp mot 35 kWh/ton stål eller ca 25% av värmepotentialen skulle kunna återvinnas.
- H1 (oisolerade Cu-rör) Ett mindre lyckat försök som gav vissa lärdomar.
- H2 (isolerade CU-rör) Något bättre resultat än H1, men även detta utförande mindre Intressant.
- H3 (solvärmepanel) Placering av en kollektor vid sidan av svalbädden exponeras för väl liten strålningsvinkel.
- Praktiskt är det inte möjligt att installera riktigt stor yta, utan i exempelvis Hällefors fall skulle kollektor med en yta av maximalt ca 100 m² kunna installeras motsvarande en återvinning av
- 2 – 5 kWh/ton eller mindre än 3% av den totala värmepotentialen.

I det fall att en högra andel värme skall återvinnas, krävs sannolikt en kombination av konvektionsvärme och strålningsvärme.

Med väl fungerande anläggningar och goda förutsättningar för övrigt så skulle beräkningsmässigt ca 55 kWh/ton processat stål kunna återvinnas.

Kombineras detta med värmväxling av utgående kyl Luft mot tilluft till en byggnad, så kan ytterligare spillvärme återvinnas beroende på byggnadens behov.

Är behovet av värme riktigt stort och långvarigt, så skulle teoretiskt mer än 70 kWh/ton processat stål kunna återvinnas med rimliga installationer.

8. *Implementering av försöksresultat i praktisk drift*

Försöksutrustningen från norra svalbädden hos OVAKO har byggts om och graderats upp för kommersiell drift. Vid ombyggnaden ökades fläktkapaciteten så mycket som var möjligt med befintligt rörsystem, vilket innebär att flödet kunde ökas med ca 10% till ca 22 –23 000 m³ med en teoretisk maxeffekt för anläggningen motsvarande 200 - 250 kW.

Anläggningen togs i drift hösten 2002.

Vid idrifttagandet anslöts försöksanläggningen till del av sekundärsystemet (värmesystemet) i valsverket, vilket innebär att anläggningen bidrar till uppvärmningen av valsverket. Nuvarande värmebehov är dock lågt relativt kapacitet för värmeåtervinningsanläggning, varför behovet av värme är begränsande.

Under första årets drift har ett antal förbättringar genomförts av valsverkets sekundärsystem för att förbättra driftförutsättningarna för återvinningsanläggningen. För att säkra en effektiv samverkan mellan återvinning och behov krävs dock ytterligare förändringar i första hand syftande till att reducera temperaturbehov för framledningvattnet och sänka returvattnets temperatur.

I likhet med många andra värmeåtervinningsystem blir effektiviteten väsentligt lidande av höga temperaturkrav.

Installationen framgår av [bilaga 5](#).

Värmebehovet för aktuell del av valsverket var tidigare ca 2 500 MWh per år. Genomförd förbättringar i kombination med värmeåtervinning från Norra svalbädden har reducerat behovet av värme från fjärrvärmenät till ca 650 MWh per år.

Spillvärme svarar numera för 20 – 50% av aktuellt värmebehov beroende på månad.

Avtal har träffats mellan OVAKO i Hofors och HOFORS energi om villkor för spillvärmeleverans.

9. *Nationell spillvärmepotential från järn – och stålindustrins svalbäddar*

Med ledning av det fortsatta utvecklings – och utredningsarbete som genomförts i Hofors efter det att försöken i fält avslutat, kan preliminära slutsatser dras beträffande den nationella återvinningspotentialen för järn- och stålindustrins svalbäddar.

Givetvis förutsätter all återvinning att en avnämare kan identifieras, men med tiden kommer sannolikt ett antal längre överföringsledningar för spillvärme/primagjord spillvärme att komma till utförande som binder samman en värmeproducent med konsumenter.

Bedömningen i det följande har gjorts utifrån de installationer som kan komma till utförande i Hofors, villkorat att en transiteringsledning till Falun kan realiseras så att spillvärme kan exporteras från Hofors.

Bedömningen baseras på en processad stålmängd av 5 000 000 ton per år.

Den bruttoenergimängd som kyls bort på svalbäddar efter valsning kan beräknas till ca 700 GWh/år. Tas hänsyn till den värmemängd som avkyls i efterföljande behandlingssteg bör den totalt bortkylda värmemängden överslagsmässigt kunna uppgå till ca 1 TWh per år (vid årstonnage 5 000 000 ton i landet).

Tekniskt/ekonomiskt bör ca 20% av denna värmemängd kunna återvinnas med ett kort perspektiv dvs ca 200 GWh per år.

I ett längre perspektiv med ökad fokusering på byte av spillvärme mot utsläppsrätt för CO₂ bör en återvinning upp mot 30 –40 % kunna försvaras, dvs cirka 375 GWh per år.

Det bör vara tekniskt möjligt att återvinna motsvarande 40 – 50 % värme från en svalbädd under extremt gynnsamma förhållanden.

10. Slutsatser – fortsatt arbete

En stor mängd försök har genomförts i fält parallellt med att den normala produktionen fortskridit. Försök har genomförts med samma försöksuppsättning under minst 1 vecka varunder värmeåtervinning mätts och aktuell stålproduktion noterats.

Under försöken har några problem uppstått med försöksutrustningen, men inte i något fall har produktionen av stål påverkats.

De använda försöksutrustningarna har accepterats av drifts- och underhållspersonal och de har inte påtagligt försvårat normal tillsyn och underhåll.

Försöksutrustningarna har i stort sett presterat de effekter de varit utlagda för, dock blev utbytet för kollektorer under svalbädden i Hällefors betydligt lägre än förväntat beroende på att kylningen av kollektorn av svalbäddens kyl Luft blev högre än förutsett.

Försöken har visat att det är möjligt att återvinna värme med enkel VVS-teknik utan stor risk för produktionsstörningar.

Återvinning av värme från kyl Luft för värmeväxling mot värmevatten bedöms kunna ge 20 - 25% återvinning av värme i stål och återvinning av värme genom strålning och värmeväxling mot värmevatten bedöms kunna ge 20 -25% återvinning med praktiskt rimliga installationer.

Ovanstående potential för återvinning ur kyl Luft förutsätter att vatten med relativt låg temperatur finns att tillgå (dricksvatten eller returvatten med en temperatur på högst 40 °C.)

Dessa system kan installeras i serie vid en svalbädd villkorat att detta är praktiskt genomförbart, varvid den sammantagna återvinningspotentialen bör kunna uppgå till ca 40%.

Även efter en sådan återvinning finns betydande mängder restvärme i utgående kylluft, en värmepotential som skulle kunna användas för värmeväxling mot tilluft till angränsande lokaler.

En jämförelse mellan järn- och stålindustrins förutsättningar och andra aktörers förutsättningar ger vid handen

att strålningsvärme från svalbäddar kan vara 100 ggr mer effektivt än motsvarande solvärmeanläggningar

att temperaturen på kylluften ovanför svalbäddarna normalt är tillräckligt hög för att värmeåtervinning genom värmeväxling mot ett vattenburet system skall vara intressant

samt

att restvärmets i utgående kylluft även efter återvinning är så stort att värmeväxling mot tilluft är intressant

Vare sig investeringsbehov eller driftkostnader för den typ av installationer som använts blir avskräckande höga, utan det är snarare problemen att hitta goda värmesänkor som innebär begränsningar.

För att säkra goda värmesänkor krävs normalt någon form av fjärrvärmesystem, antingen lokalt inom en industri eller i samverkan med omkringliggande samhälle.

En mer integrerad återvinning av svalbäddsvärme bör kunna demonstreras med en större anläggning hos exempelvis OVAKO i Hofors, där en mindre kommersiell anläggning för återvinning av värme ur kylluft redan är i drift.

Förutsättningarna för en fortsatt utbyggnad penetreras i en särskild arbetsgrupp med Fortum Värme som initiativtagare.

Referenser

Examensarbete vid maskinteknik Luleå Tekniska Universitet maj 2001,
Ämneskyllning med värmeväxlare, Magnus Wemmenhag

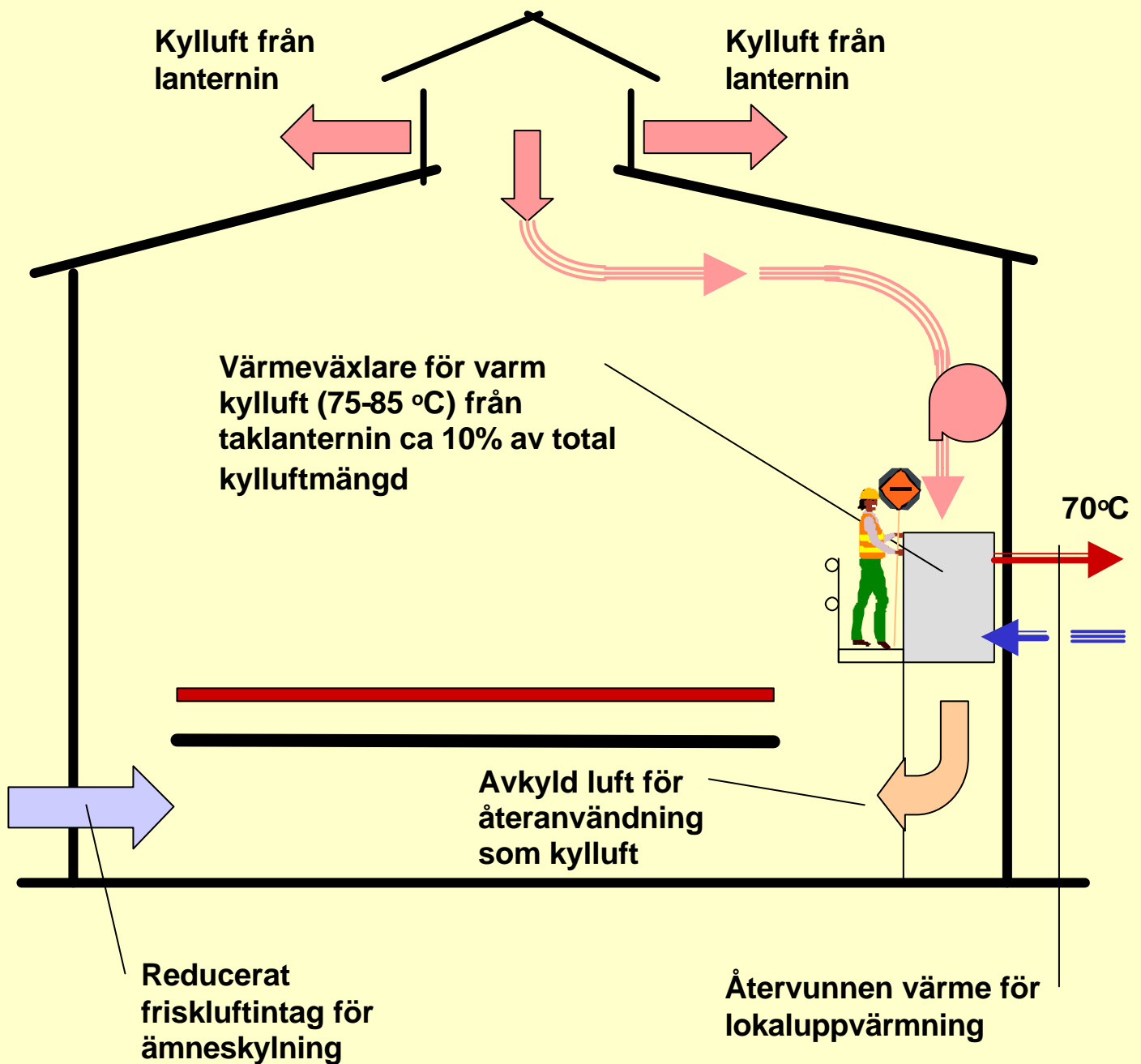
BILAGA 1

CD-ROM skiva med mätdata och bilder finns arkiverad på Jernkontoret.

En kopia kan till självkostnadspris levereras från Jernkontoret. Skivan beställes hos Jernkontorets bibliotek med referens till rapportnumret.

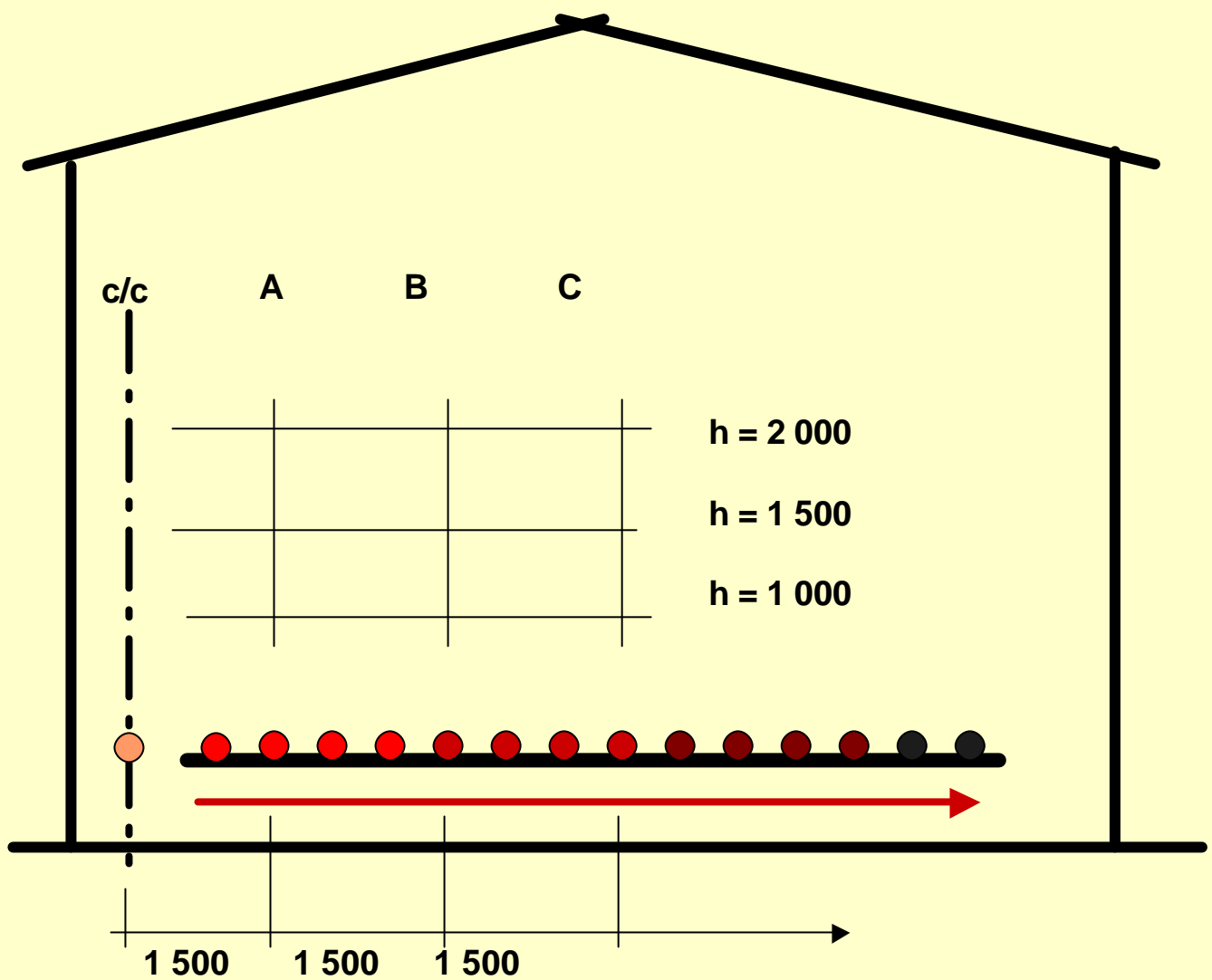
SVALBÄDDSVÄRME

- konvektionsvärme från norra svalbädden i Hofors



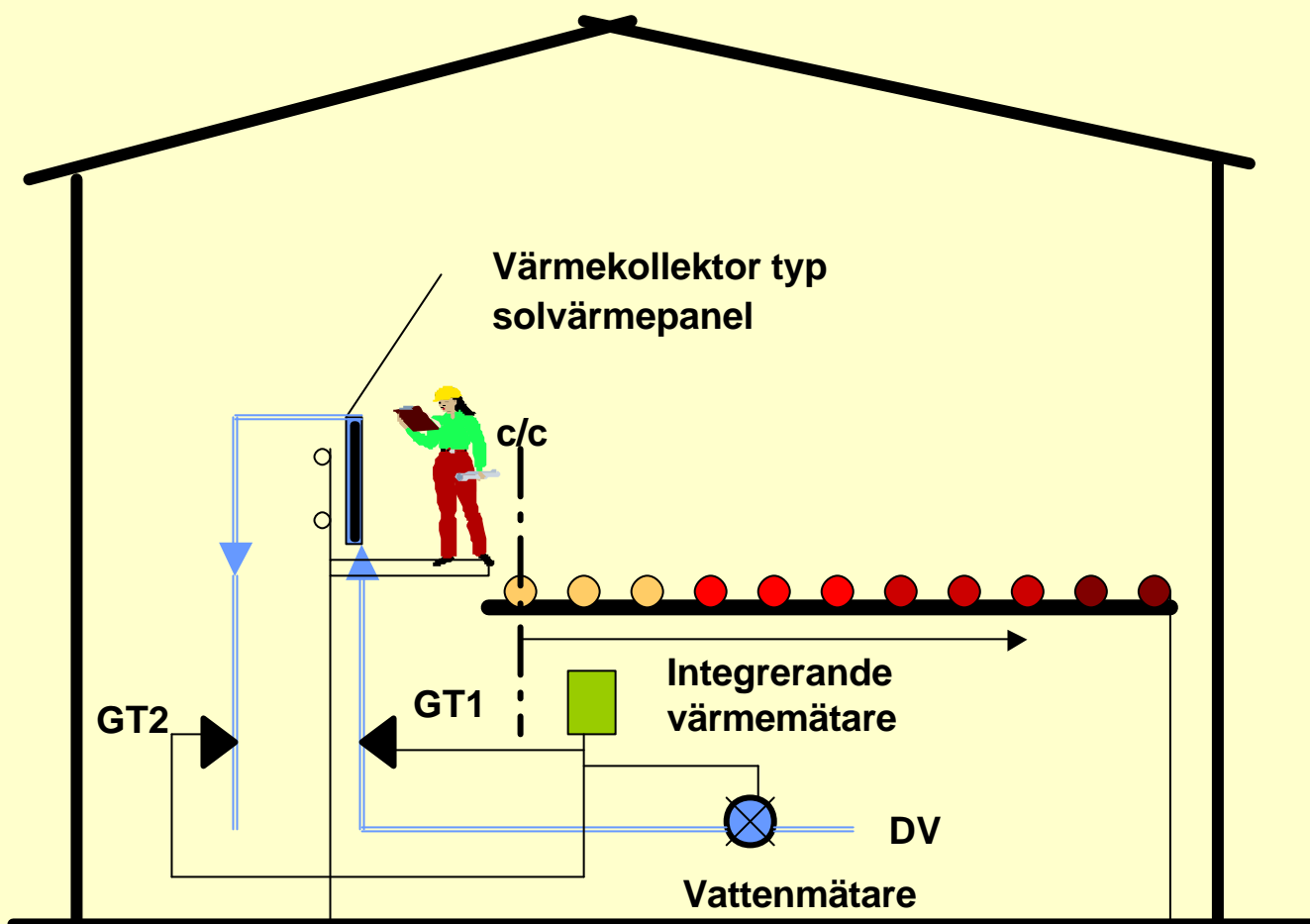
SVALBÄDDSVÄRME

- sektionering under fältförsök vid södra svalbädden i Hofors



SVALBÄDDSVÄRME

- fältförsök i Hällefors med värmekollektor vid sidan av ämnen på svalbädd



KOMMERSIELL SVALBÄDDSVÄRME

- spillvärme från svalbädd ersätter fjärrvärme

