

Programkonferens

Bränslebaserad el- och värmeproduktion

15-16 juni 2016

Program den 15 juni

10.00	Registrering och kaffe med smörgås	
10.30	Inledning Programmets omfattning	Helena Sellerholm, Energiforsk och Per Kallner, Vattenfall
	Salix som bränsle från kadmiumbelastad åkermark	Anders Hjörnhede, SP
	Färdig bränslemix av halm, flis och additiv från terminal till kraftvärmeverk	Anders Hjörnhede, SP
	Effektivare förbränning i fluidbädd med manganmalm som bäddmaterial	Magnus Rydén, Chalmers
12.15	Lunch	
13.00	Driftsflexibilitet hos kraftvärmeverk – en förstudie	Jan Storesund, Inspecta
	Livslängdsbedömning av ångledningssystem	Jan Storesund, Inspecta
	Tungmetalljonbytare för rening av rökgaskondensat	Magnus Svensson, Sweco
	Analys av heta påslag vid förbränning	Kent Davidsson, SP
15.00	Kaffe med sötsak	
	Tyst kunskap och kompetens	Anna-Lisa Osvalder, Chalmers
	Miniworkshop: Säkerhet och kvalitet i automationsprojekt	Johanna Holm, Solvina
	Summering av dagen och info om kvällen och morgondagen	Helena Sellerholm, Energiforsk
18:00	Middag (i samma lokaler)	

Program den 16 juni

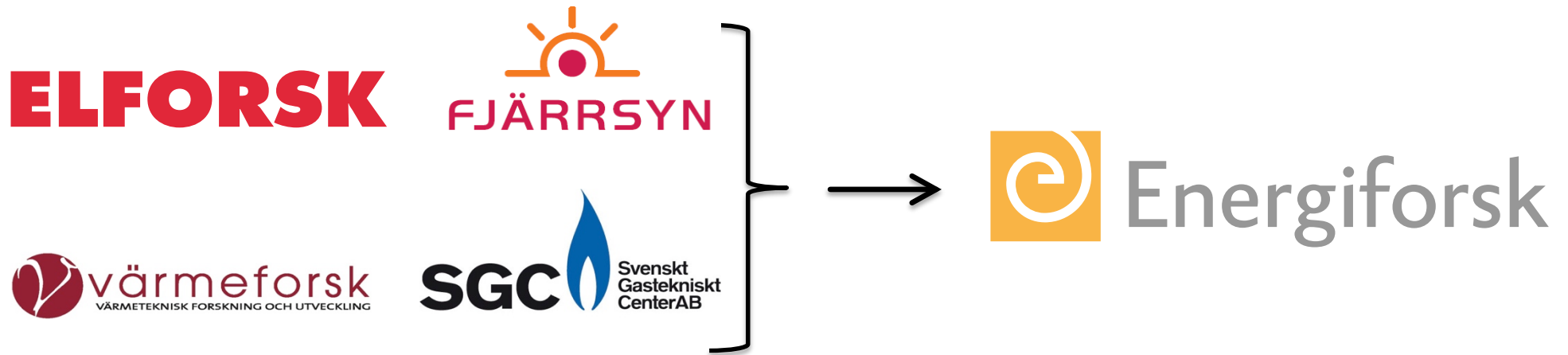
09.00	Förbättrad överhettarreglering med framkoppling från fysikaliska processmodeller	Martin Råberg, Sweco
	Korrosionsreducerande additivs inverkan på syradaggpunkten och lågtemperaturkorrosion	Anders Hjörnhede, SP
10.00	Kaffe med smörgås	
10.30	Inspektion av glasfiberarmerad plast	Caroline Ankerfors, Swerea Kimab
	Begränsad eldstadskorrosion genom reglerad blyhalt	Rikard Norling, Swerea Kimab
	Luftkvalitetsmätningar vid kraftvärmeanläggningar	Shahriar Badiei, Vattenfall
12.00	Lunch	
	Drifterfarenheter från förgasningsanläggningar av biobränslen	Tomas Ekbohm, Svebio
	Vad har vi lärt oss? Reflektioner	Representanter från programmet
	Hur tänker vi oss nästa etapp?	Helena Sellerholm, Energiforsk
	Strategi för hållbar bioenergi,	Susanne Karlsson, Energimyndigheten
15.00	Avslutande kaffemingel med sötsak	

Nya rön om el och värme
SEBRA-konferens
15-16 juni 2016

Välkomna!



Energiforsk



Verksamheten startade 1 januari 2015

Energiforsk på väg framåt!

Affärsidé

Vi bygger och sprider kunskap genom samverkan

Vision

Vi är noden i svensk energiforskning

Devis

Vi gör energivärlden smartare

Bränslebaserad el- och värmeproduktion, SEBRA

(fd Basprogrammet inom Värmeforsk)

”Värmeforsks basprogram har som mål att medverka till utveckling av effektiva och miljövänliga kraft- och värmeproduktionsanläggningar samt skogsindustriella lut- och biobränslepannor.”

- Anläggnings- och förbränningsteknik
- Material- och kemiteknik
- Processtyrning
- Systemteknik

Samverkansprogram

Energiforsk-Energimyndigheten

- Gemensam programbeskrivning
- Gemensamma utlysningar
- Ansökningar till myndigheten
- Ett av myndigheten förordnat programråd
- Myndighetsbeslut om varje projekt
- Uppföljning via Energiforsk
- Slutrapporter i Energiforsks mall och tillgängliga hos båda parter.



Samverkansprogrammet bränslebaserad el- och värmeproduktion 2013-2015

(51 projekt varav 15 utvalda och inledda innan programmet startade)

Anläggnings- och förbränningsteknik (9 projekt)

Effektivt anläggnings-
utnyttjande
(4 projekt)

Optimal bränslebas
(4 projekt)

Minimerad
miljöpåverkan
(6 projekt)

Material- och kemiteknik (23 projekt)

Verkningsgrads- och
bränslerelaterade
material- och
kemifrågor (6 projekt)

Miljörelaterade
material- och
kemifrågor (4 projekt)

Tillgänglighets- och
livslängdsfrågor
(13 projekt)

Material- och
kemifrågor relaterade
till ny teknik
(0 projekt)

Processtyrning (7 projekt)

Reglerteknik och
optimering
(4 projekt)

Mätteknik
(0 projekt)

Säkra gränssnitt -
kvalitativa
beslutsstöd
(3 projekt)

Systemteknik (6 projekt)

Utveckling av
befintliga
anläggningar
(2 projekt)

Utvärdering av nya
koncept
(2 projekt)

Tryggad
bränsleförsörjning
(2 projekt)

Syntesen säger:

- ”programmets styrka är kopplingen till verkligheten”
- ”direkt tillämpning i specifika anläggningar”
- ”fortsatt generalisering och anpassning behövs”
- ”omfattande kunskapsutbyggnad som sänkt ribban mellan forskning och praktisk tillämpning”

Fortsättning följer...

... imorgon

51 projekt

—

Massor av resultat och kunskap

- Ett axplock redovisas idag och imorgon
- Sammanfattningsrapport
- energiforsk.se Rappportsök
- Nätverkande och kunskapsutbyte



Salix som bränsle från kadmiumbelastad åkermark
SEBRA Bränslebaserad el- och värmeproduktion
Stockholm 15 -16 juni 2016
Anders Hjörnhede
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Salix som bränsle från kadmiumbelastad åkermark

Samarbete mellan

SP (Projektledare: Susanne Paulrud)

Grontmij (SWECO)

Ystad Energi

Bakgrund

- Användningen av salix i värmeverk idag mycket begränsad och inblandningen uppgår ofta till max 20 % i ordinarie bränslemix
- Bränsleegenskaper är relativt lika egenskaperna hos träbränsle från skogen
- Salix är en gröda som både kan producera energi och rena åkermark
- Med rätt förutsättningar och god skötsel kan salix vara en lönsam gröda som konkurrerar väl med spannmålsgrödor
- Salix har god förmåga att ta upp tungmetaller, framförallt kadmium. 5-10 ggr högre Cd-halt i salix i jmf med skogsbränsle



Bakgrund

- Kadmium är ett stort hälsoproblem.
- I Sverige är den genomsnittliga halten 0,2 mg Cd/kg TS jord
- På många platser är halterna högre, bl.a. i Skåne. Tio procent av Skånes matjord har kadmiumhalter som ligger på eller över 0,4 mg/kg TS.
- För att minska intaget måste tillförseln till åkermarken strypas eller avlägsnas.
- Halten ökar inte längre men den upplagrade mängden kadmium i matjord mycket stor.
- En välskött salixodling står för ett årligt upptag av Cd som är 20 till 50 gånger högre än för spannmål.
- När salixplantan skördas försvinner kadmiumet från marken.



Bakgrund

- Beroende på salixklon kan kadmiumhalten i bladen vara lägre eller högre än i stammen.
- För kloner med högre kadmiumhalt i bladen bör skörd genomföras när löven är kvar
- Vid skörd av lövad salix ökar halterna av andra näringsämnen, framförallt kväve.

Cd-halter i salix

- Tågra gård, Sjöbo, skördemogen salix med höga halter kadmium
- Tidigare studier visar att i genomsnitt ligger kadmiumhalten i salix runt 0,6-1 mg/kg ts
- Skörden genomfördes på 4 år gamla skott och en 10-15 år gammal odling.

	Salix, Ryds gård	Salix, Tågra gård
Kadmium, mg/kg ts	0,5	1,5

Testpanna Ystad Energi

- Två 10 MW pannor Weiss (Danmark)
- 3 MW kondensering efter respektive panna.
- Rörlig roster, trappa, delad i tre sektioner.
- Togs i drift 2007.
- Bränsle är till största delen skogflis, barrflis/grot och lövflis/grot och en mindre del salix.
- Rökgasrening: först en cyklon och därefter en scrubber (Venturi), och sist i rökgasstråket kondenseringstornet.
- Ett rökgasreningssteg per panna.
- Rening av kondensatet görs via ett sand- och lamellfilter.

Försöksupplägg

- Två olika försök med en mix av 50 vol% salixflis (lövad och ej lövad) och lövträdfelis. Jämförs med referens 100% lövträdsflis
- Genomfördes om tre dygn vardera: Mätningar gjordes dag tre under dagtid (08.00-16.00), dvs pannan eldades med salixflis minst två dagar innan mätning.
- Samma typ av lövträdfelis användes i salixmixen som vid referensförsöket

Provtagning

- Stoftemissionerna har bestämts genom uppsamlingsprov på filter med isokinetisk provtagning.
- Provtagning av totalstoft genomfördes samtidigt tre gånger per mättillfälle, före cyklon, efter cyklon samt efter venturi för att kunna spåra Cd
- Analys av kadmiumhalten i stoftfilter har genomförts av ALS Scandinavia enligt standard metod: SS-EN 14385:2004 mod.
- Provtagning av kondensat utfördes i en position efter en venturi
- NO_x, CO, SO₂, CO₂, och O₂ i rökgaserna mätes kontinuerligt.

Provtagning bränsle och aska

- 50 volym-% salix och 50 volym-% lövflis.
- Bränsleprov, flygaskprov och bottenaskprov togs ut vid tre tillfällen under varje mätperiod för respektive bränsle.
- Provtagning av bottenaska gjordes på våt aska i utmatningsskruven vid tre tillfällen under varje mättillfälle
- Flygaska togs från en lucka efter cyklon.
- Provtagning av kondensat gjordes efter venturi vid sex olika tillfällen
- Vid tre av dessa gjordes totalanalys vilket innefattar samtliga element

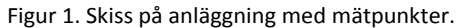
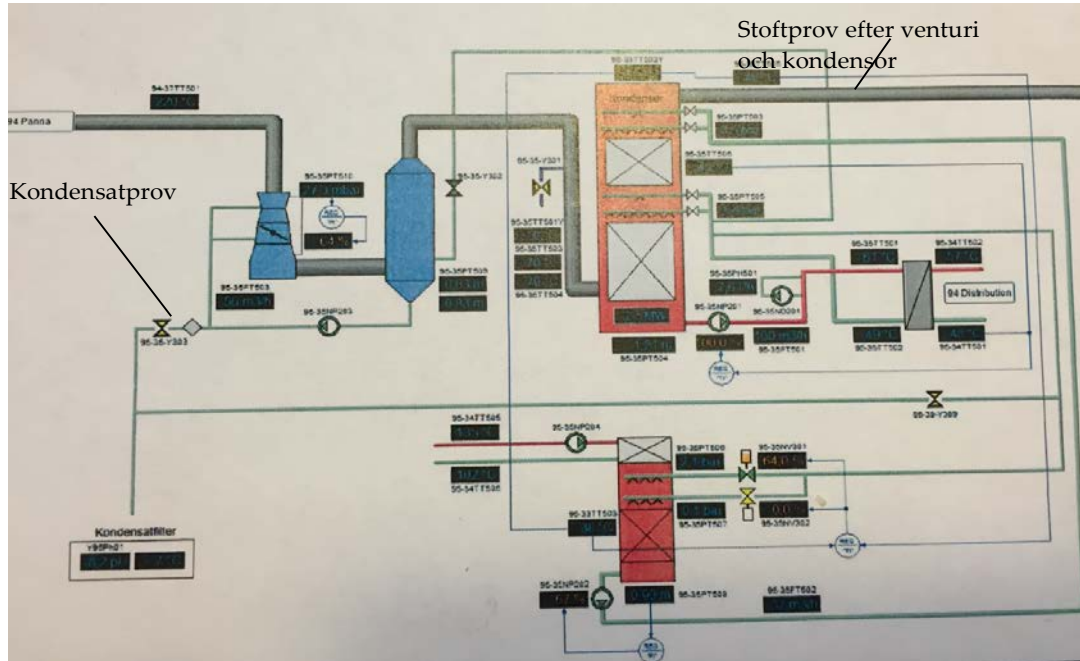


Figure1. Sketch of plant with measurement points.

Prov- och mätpositioner



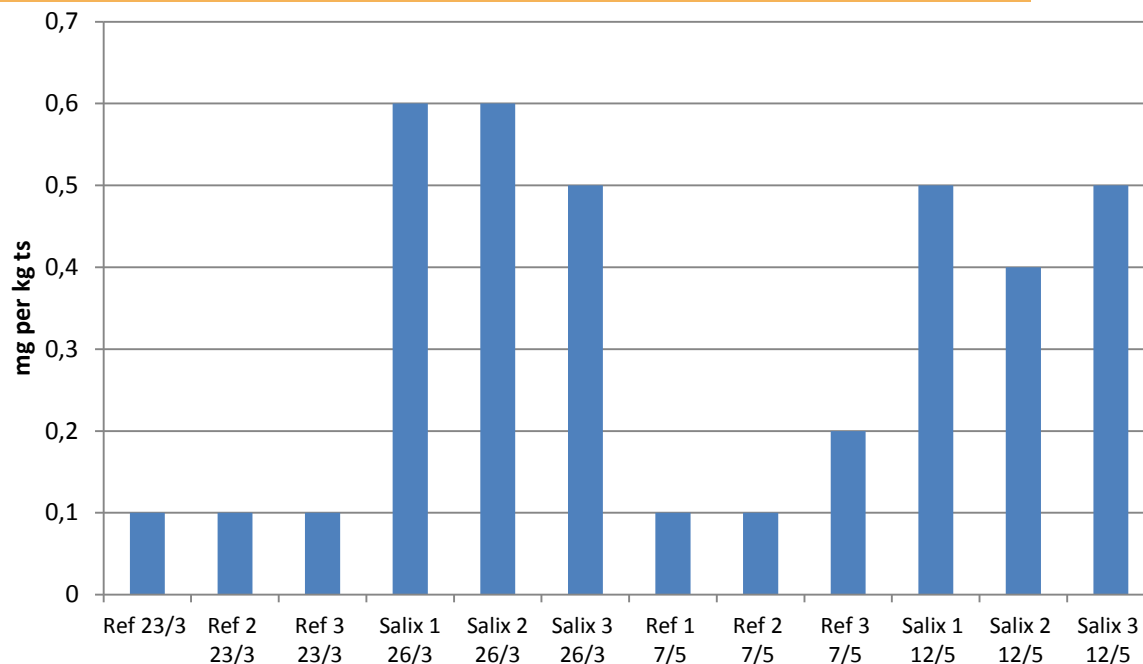
Olika lastfall

- Last vid första försöken i mars: c:a 70-80 % av maxlast för både salixmixen och referensbränslet.
- Vid andra försöket i maj blev det ett väderomslag när salixmixen testades vilket resulterade i att pannan stundtals gick på väldigt låg last (25-50 %).

Bränsleprover

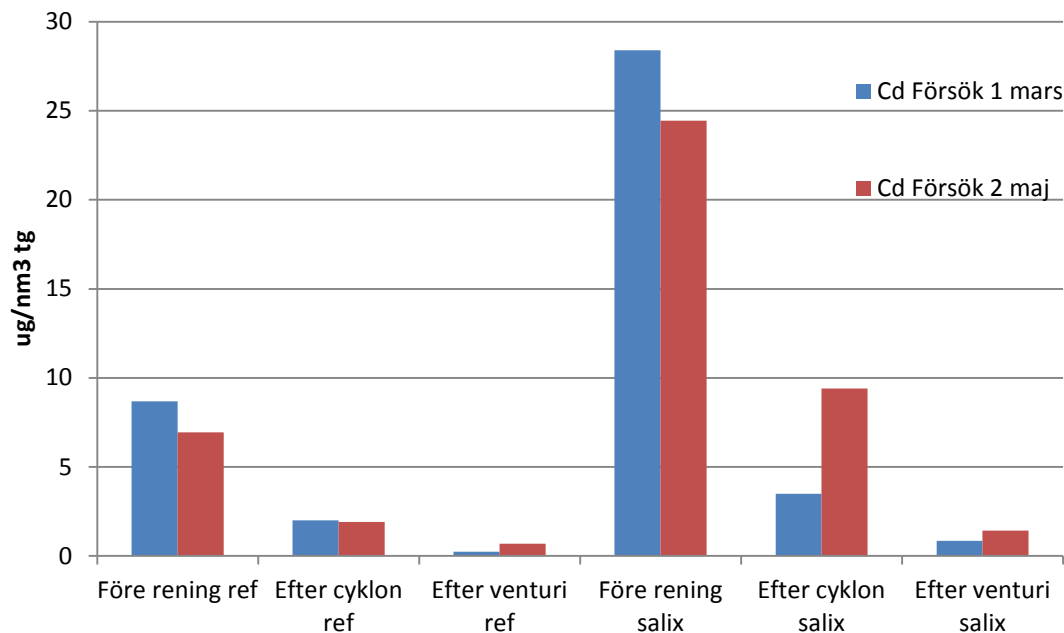
Samlingsprov (1-3)	Ref. 23/3	Salixmix 26/3	Ref. 7/5	Salixmix 12/5
Total fukt, vikt-%	38,0	44,3	40,0	41,4
Effektiva värmevärdet MJ/kg ts	18,5	18,5	18,4	18,5
Aska, vikt-% ts	1,3	1,4	1,6	1,8
Klor vikt-% ts	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Svavel vikt-% ts	0,02	0,02	0,02	0,03
Kol vikt-% ts	49,9	49,7	49,9	49,7
Väte vikt-% ts	6,1	6,0	6,1	6,0
Kväve vikt-% ts	0,32	0,38	0,29	0,42
Huvudelement				
Aluminium vikt-% ts	0,007	0,004	0,014	0,006
Kisel vikt-% ts	0,067	0,028	0,100	0,047
Järn vikt-% ts	0,005	0,009	0,008	0,005
Titan vikt-% ts	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
Mangan vikt-% ts	0,016	0,010	0,013	0,008
Magnesium vikt-% ts	0,040	0,042	0,039	0,044
Kalcium vikt-% ts	0,34	0,40	0,41	0,55
Barium vikt-% ts	0,003	0,004	0,003	0,003
Natrium vikt-% ts	0,006	0,009	0,009	0,008
Kalium vikt-% ts	0,15	0,17	0,16	0,18
Fosfor vikt-% ts	0,027	0,049	0,031	0,052

Kadmiumhalt i bränsle från alla försök



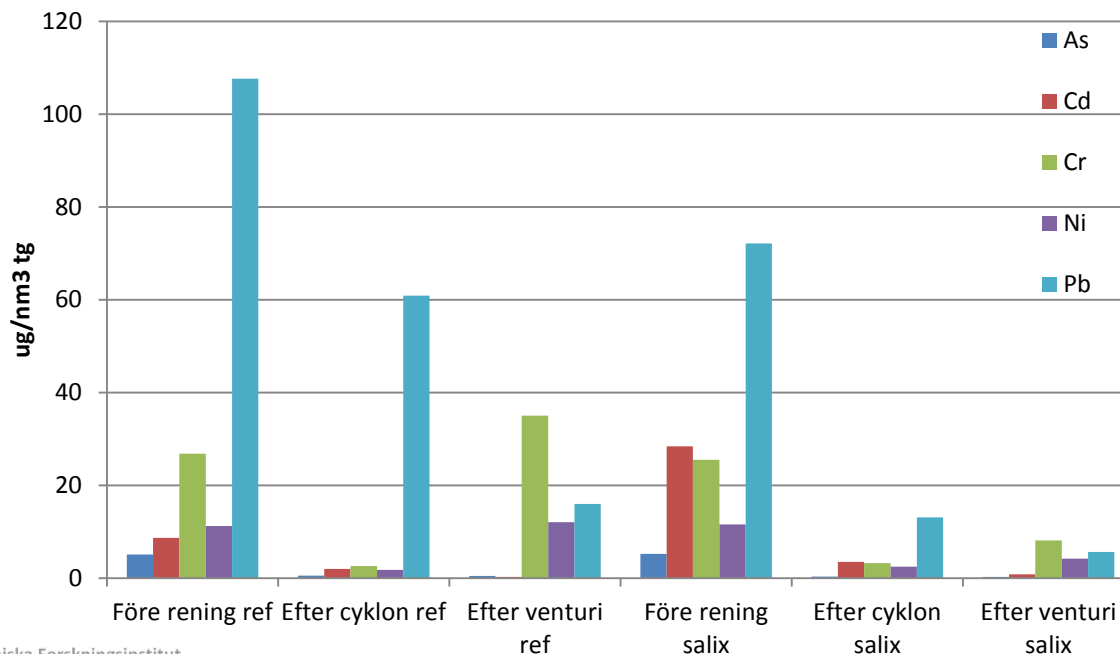
Referensbränslet är 100 % lövträdsflis (ref) och salixmixen består av 50 volym % salixflis och 50 volym % lövträdsflis

Kadmiumhalt före och efter rening av rökgaserna.



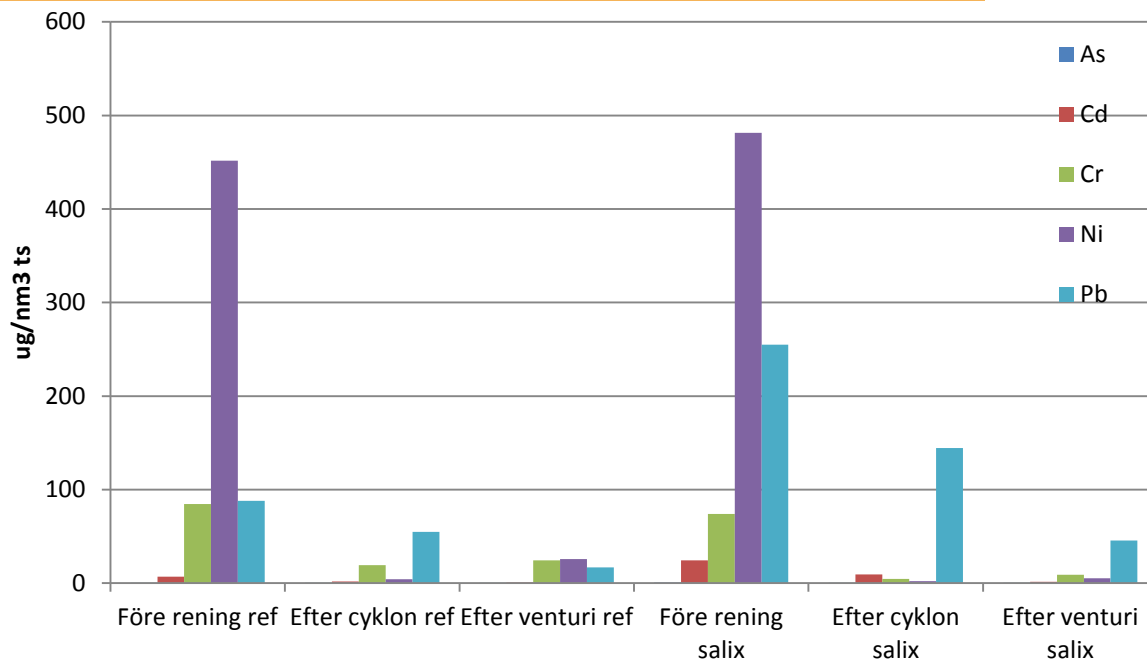
Referensbränslet är 100 % lövträdsflis och salixmixen består av 50 volym % salixflis och 50 volym % lövträdsflis

Spårämne före och efter rening av rökgaserna, mars



Medelvärde av tre prov.
Referensbränslet är 100 % lövträdsflis och salixmixen består av 50 volym % salixflis och 50 volym % lövträdsflis

Spårämne före och efter rening, maj



Referensbränslet är 100 % lövträdsflis och salixmixen består av 50 volym % salixflis och 50 volym % lövträdsflis.

Resultat

- Efter förbränning återfanns huvuddelen av kadmiumet i flygaskan
- Förbränningsförsöken visade att en inblandning av salix ökar stofthalten i rågas samt fås en viss ökning av NO_x
- Den ökade stofthalten medförde en ökad beläggning i lamellfiltret vid rening av kondensatet, speciellt i försöksomgång två när pannan gick på låg last vilket medförde att cyklonens avskiljningsgrad minskade.
- För rening av utgående halter efter partikelseparation kan en jonbytarlösning vara ett alternativ. Jonbyarteknik är en relativt kostnadseffektiv reningsmetod där låga utgående halter kan uppnås.

Slutsatser

- Huvuddelen (>85 %) av kadmiumet hamnade i cyklonaskan medan ökningen i kondensatet var marginell vid inblandning av salix.
- För den salixsort från Tågra gård som användes vid försöket så ökade inte kadmiumhalten i lövad salix (prov från maj månad) i jämförelse med salix utan löv (mars månad).
- Eventuella åtgärder som krävs i värmeverket vid användning av salix med höga kadmiumhalter styrs av inblandningsgraden av salix och kadmiumhalten i bränslet.
- En inblandning av 10-20 % salix kan tillåta högre kadmiumhalter än 1,5 mg/kg ts bränsle för att inte överskrida tillåtna halt för askspridning i skogen.

Slutsatser

- Ystad värmeverk kan med god bibehållen drift vid en last runt 70-80 % av maxlast blanda in upp till 50 volym-% salix i sin bränslebas.
- Det finns anledning att anta att driften inte heller påverkas vid 100% last.
- Salixmixen visade inga större skillnader i bränsleegenskaper för huvudelementen i jämförelse med referensbränslet (lövträdsflis).
- Dock uppvisar kvävehalten något högre värden. Störst skillnad uppvisade spårelementen zink och kadmium med ca 5-6 gånger högre kadmiumhalt i salixmixen.
- Rent tekniskt är det inga problem att hålla isär flygaskan från bottenaskan i ett värmeverk men det medför en extra kostnad för värmeverket att deponera flygaskan.

Tack för
uppmärksamheten!





Färdig bränslemix: halm från terminal till kraftvärmeverk
SEBRA Bränslebaserad el- och värmeproduktion
Stockholm 15 -16 juni 2016
Anders Hjörnhede
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Bekväm och riskfri förbränning av halm

Alternativa lösningar och användningsområden för halm

Medverkande

SP: Projektledare Susanne Paulrud

Luleå Tekniska Universitet

Borås Energi & Miljö + Dalkia (Veolia)

Lundby Maskinstation, Trädet

Bakgrund

- Huvudsakligen olika sortiment av skogsflis, skogsavfall och returbränsle eldas på värmeverken.
- För att kunna säkra bränslemängder och flöden av biobränslen i framtiden behöver fler biobränslesortiment testas och verifieras.
- Halm är ett av flera exempel.
- Det krävs en mer avancerad logistik och bränslehantering för att få in halm bränslet i pannan.
- För att underlätta för de värmeverk som eldar skogsflis idag ska gå över till halm hjälper det om bränslet levereras som en färdig bränsleprodukt från t.ex. en bränsleterminal

Halm

- I Sverige finns stora outnyttjade tillgångar av halm som kan användas som bränsle för bl.a. uppvärmning och elproduktion.
- Den mängd halm som kan utnyttjas som bränsle uppskattas till en miljon ton eller c:a 4 TWh, f.n. närvarande används endast en bråkdel av denna kvantitet
- Ett alternativ är att förbränna halm i specialiserade halmanläggningar
- Nackdelen med dessa anläggningar är att leveranssäkerheten av bränsle är lägre p.g.a. de variationer i halmskörden som kan uppstå från år till år.

Halm

- Att använda halm i en bränslemix med skogsbränsle är därför mindre sårbart. För att leverera en färdig bränslemix krävs dock att bränslet först hanteras via en bränsleterminal.
- Förbränning av biobränslen kan orsaka besvärande problem t.ex. beläggningsbildning, högtemperaturkorrosion och bäddagglomerering i kraftvärmeverk
- Inblandning av halm ökar risken för att dessa problem ska uppstå eftersom halm oftast innehåller höga halter av K, Na och Cl
- Ett sätt att minska askrelaterade driftproblem är att tillsätta lämpliga additiv

Termokemiska modellberäkningar additiv (LTU)

- Modellberäkningar: Inblandning av svavel och gips i en bränslemix som innehåller 20% kornhalm
- Båda reducerar slaggningstendensen och mängden kalium som övergår till gasfas och därmed reduceras beläggningsbildnings-/korrosionsrisken på överhettare och andra konvektionsytor
- Teoretisk inblandningsmängd om drygt 1 % gips och 0,15% svavel krävs till en bränslemix som innehåller 20% kornhalm för att uppnå stora effekter.

Gips

- Outnyttjad restprodukt: gips
- Återvunnet gipsmaterial betraktas som ett icke-avfall när det används som råvara vid tillverkning av nya gipsskivor.
- Det finns dock ännu inga riktlinjer framtagna som säkerställer att returgips kan upphöra att vara avfall vid användning som additiv i biobränslepannor.

Inblandning av halm och additiv i energivedflis

- Halm kan på ett kostnadseffektivt sätt kan sönderdelas med konventionella krossar på terminal och blandas med energivedsflis.
- En viss optimering krävs vad gäller sönderdelning (finhet) och inblandningsgrad för varje specifik panna för att minska risken för problem i bränslematningen
- Genom att blanda i additiven i samband med sönderdelningen av halmen, d.v.s. additiven går igenom riven tillsammans med bränslet blir omblandningen mycket bra
- En bränslemix togs fram av Lundby maskinstation
- Bränslet levereras som en färdig bränsleprodukt från terminal.
- Inblandningsgrad 20 % halm, 0,3 % svaveladditiv (granuler) och 2 % gipspulver

Sönderdelning på terminal

Gjordes med halmsnittare

Gav bra omblandning av gips och svavel

20 % för stor inblandning för att klara transporten på samma kostnad som flis.

Så mycket "luft" finns i varje flislast

10-15 % bedöms mer rimligt.



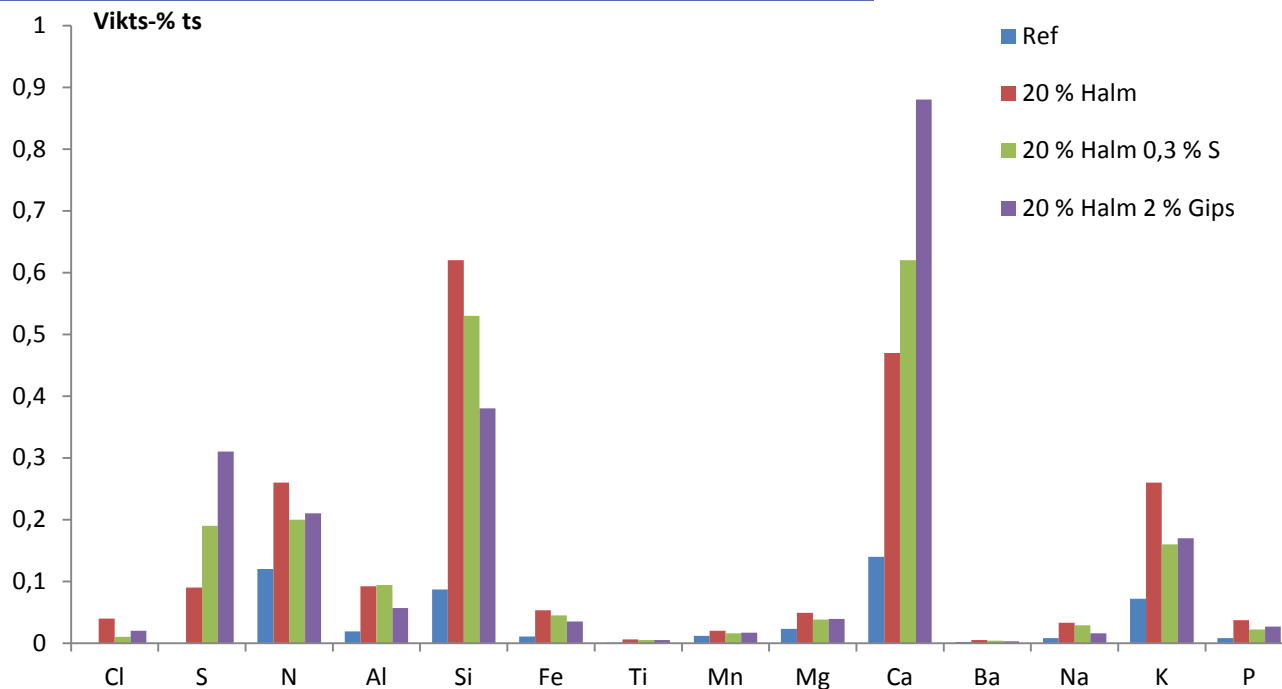
Fullskaleförsök

- Fullskaleförsök har genomförts med gips och svavel som additiv till en bränslemix med 20 vikts-% kornhalm och 80 vikts-% energived
- Testpanna Borås Energi & Miljö 2x65 MW rosteranläggning (50 bar, 500°C) driver två ångturbiner.
- Vid full last förbränns cirka 150 m³ biobränsle i timmen i de båda pannorna
- Askan från förbränningen återförs till naturen
- Bränslemixen (totalt 3000 ton) togs fram och leverades av Lundby Maskinstation.
- Varje bränslesortiment testades c:a 1 dygn.

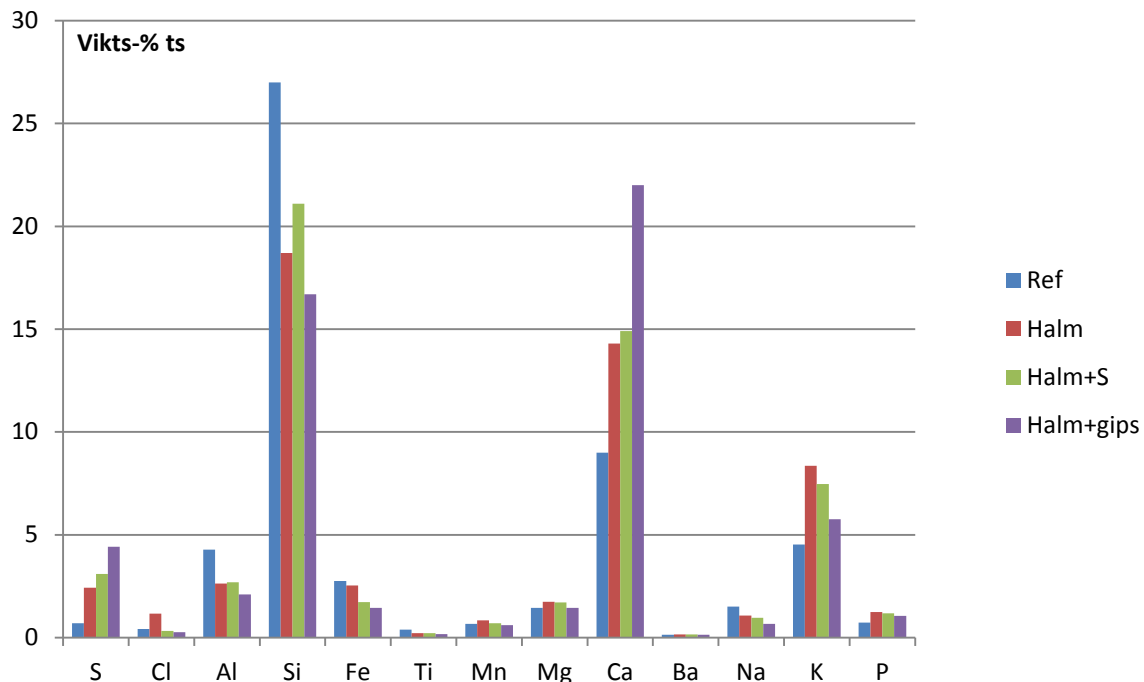
Bränsle

	Ref	20 % Halm	20 % Halm + S	20 % Halm + gips
Total fukt, vikt-%	36,9	40,1	37,9	45,0
Aska, vikt-% ts	0,7	3,5	3,5	3,9

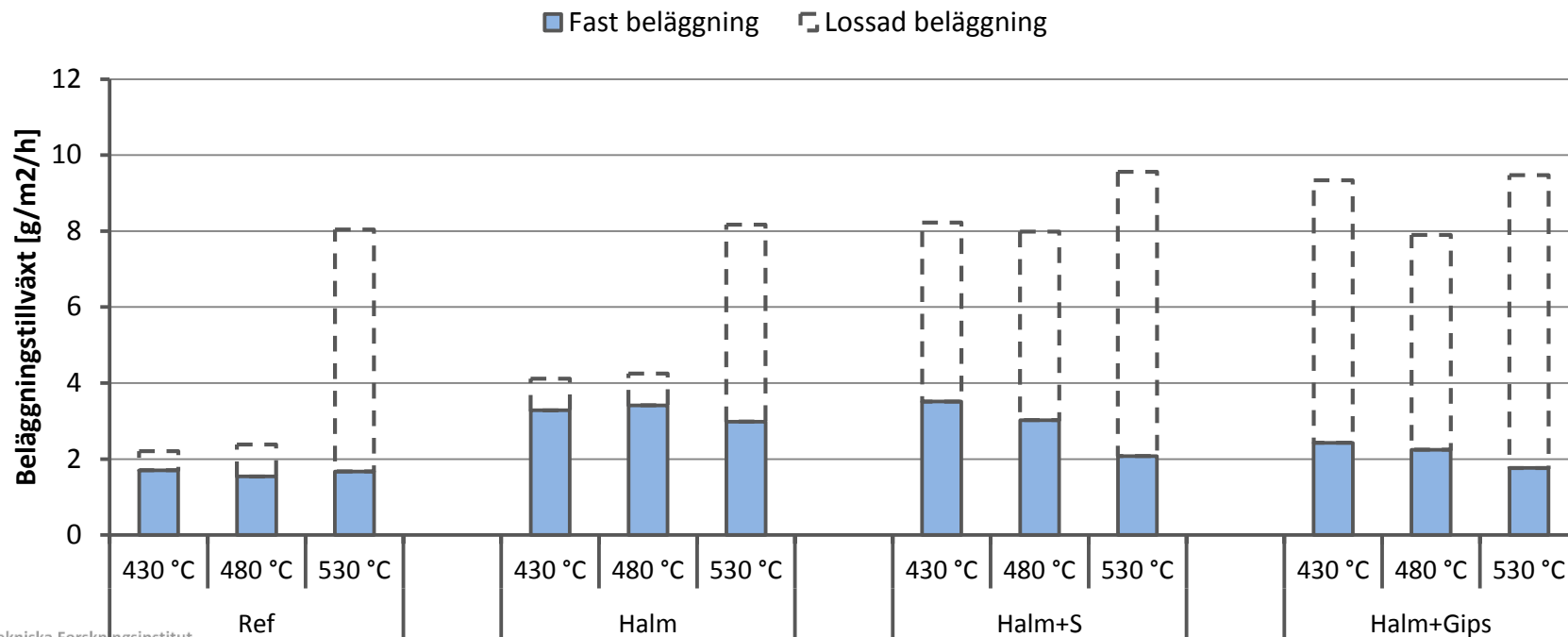
Bränsleanalys



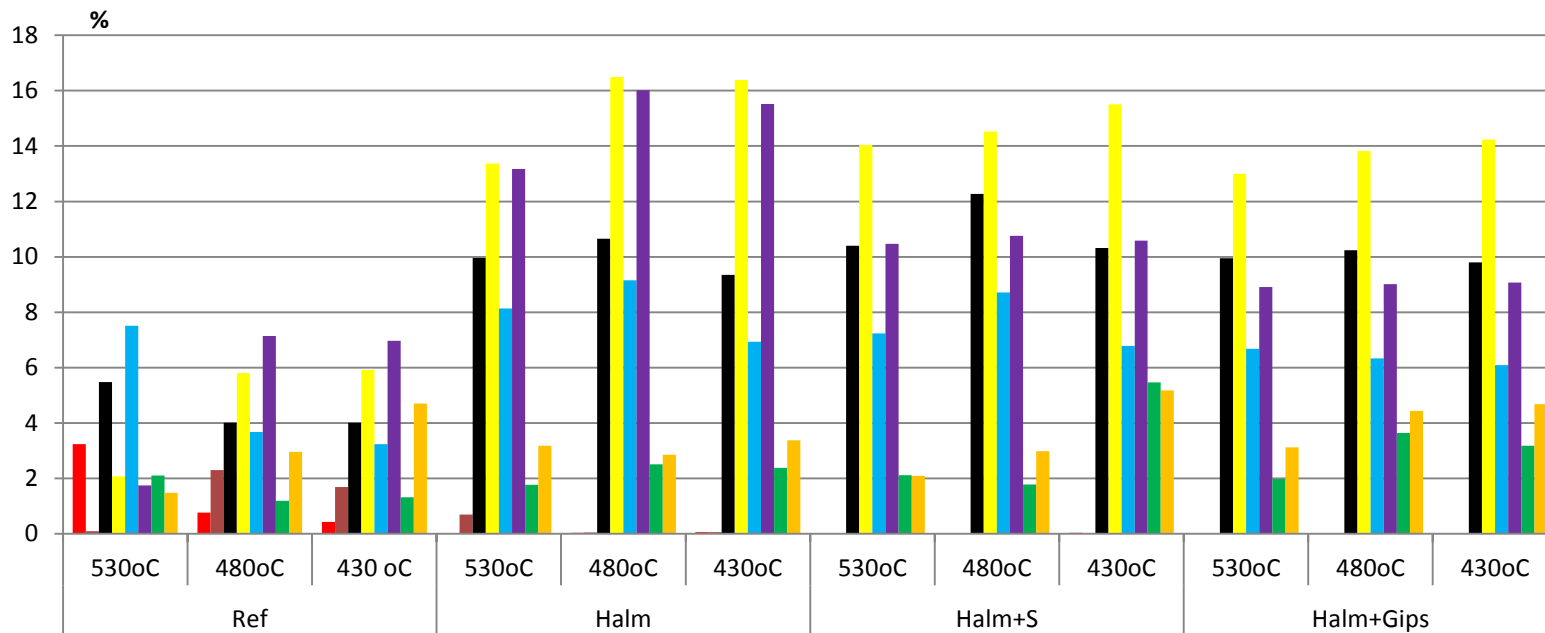
Analys av flygaska

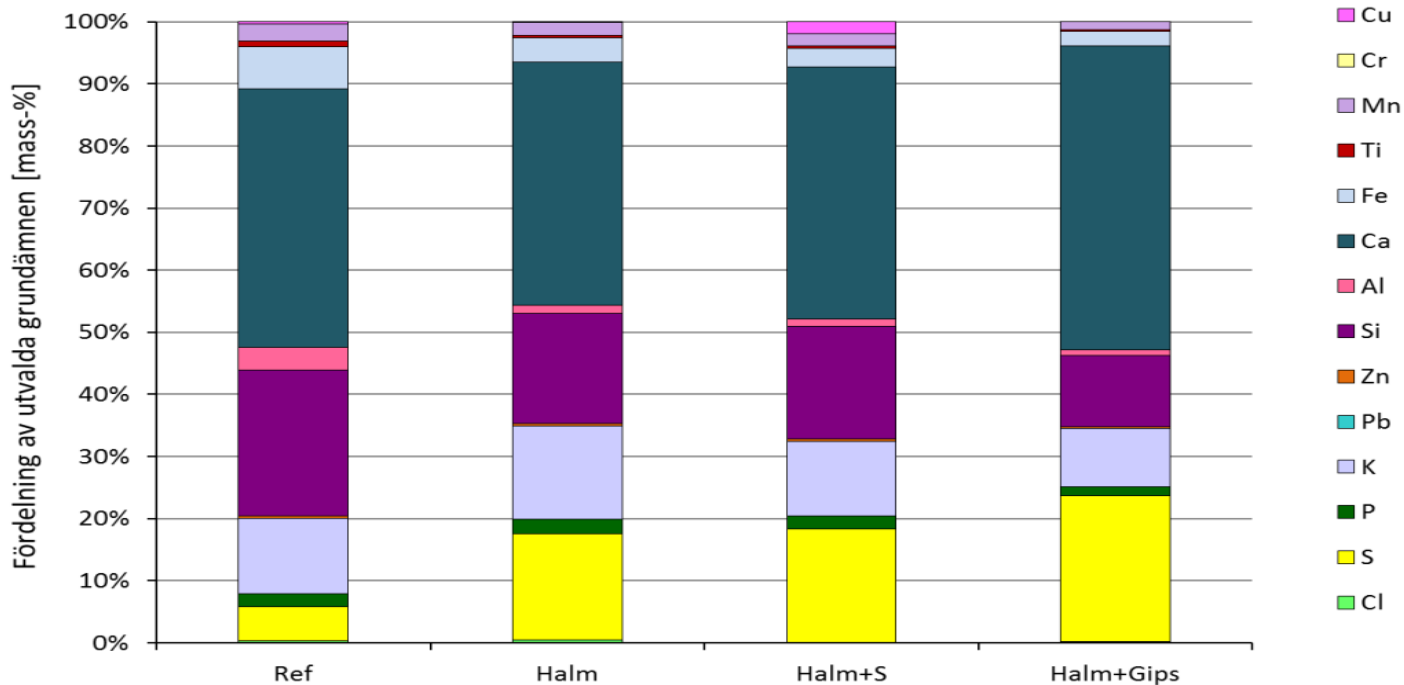


Beläggningssringar



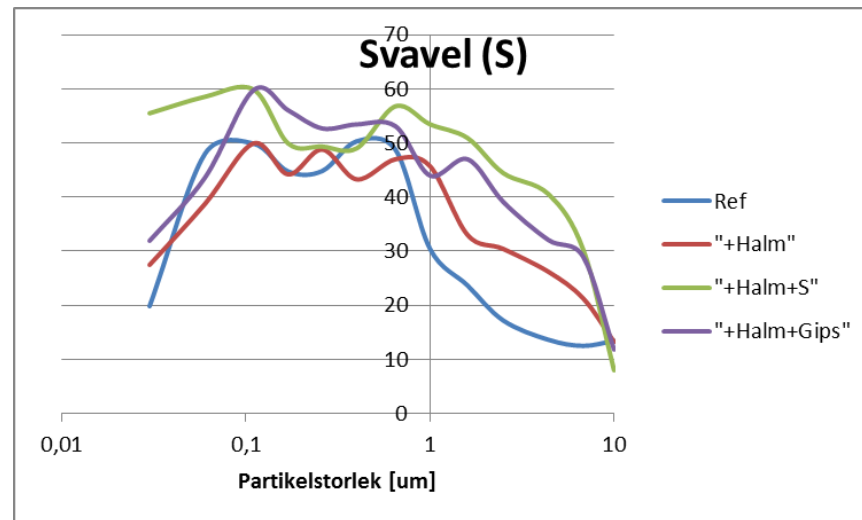
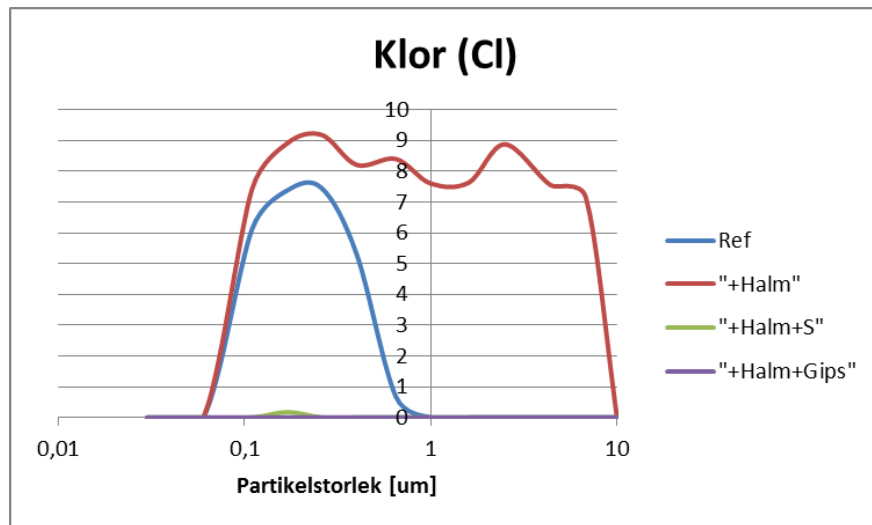
Kemisk analys av beläggningar



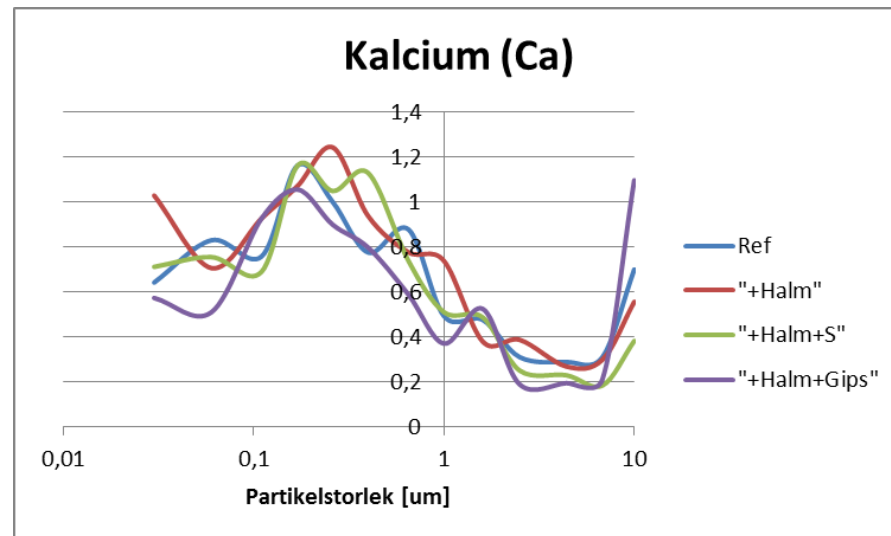
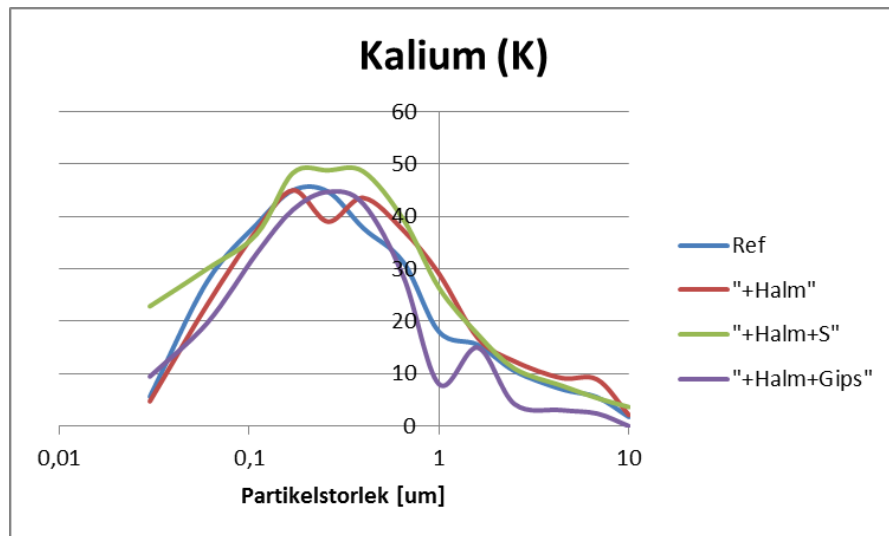


Uppmätt grundämnesfördelning hos det lösa stoft som avlägsnades innan beläggningarna analyserades

Kemisk analys partikelfraktionering



Kemisk analys partikelfraktionering



Resultat emissioner

	Ref.	Halm	Halm+S	Halm+gips
Temp °C	462	507	545	532
NO _x mg/nm ³ 6% O ₂	95	88	108	130
CO mg/nm ³ 6% O ₂	490	121	84	120
CO ₂ %	13	15	14	12
O ₂ verkligt värde	7	5,5	5,6	7,9
SO ₂ mg/nm ³ 6% O ₂	3	37	550	401

Slutsatser

- Resultaten från projektet visar att samma effekt kan uppnås med gips som svavel, vid användning som additiv.
- Genom att blanda in additiven i samband med sönderdelningen av halmen, blev inblandningen mycket bra...
- ...och därmed blir effekten av additiven stark?
- Halmen kan på ett kostnadseffektivt sätt sönderdelas med konventionella krossar på terminal och blandas med energivedsflis.
- Förbränningsförsöken gav att CO-halten blev lägre och temperaturen vid förbränning av halm-mixen och additiv.
- SO₂ -halten ökar markant i jämförelse med referensbränslet, 100 % energivedsflis.

Slutsatser

- Resultatet från fullskaleförsöken visade att bränslemixarna med 20 vikts- % halm överlag fungerade bra att hantera i anläggningens inmatningssystem
- Halmen tenderade att fastna på vissa ställen och vissa omställningar fick göras för att minska risken för stopp. Halmen var relativt grovt riven
- Vid en mer finhackad halm och en inblandningsgrad på 10-15 vikts-% är bedömningen att inmatningen bör fungera helt utan problem

Tack för
uppmärksamheten!



IMPROVED COMBUSTION IN FLUIDIZED BED WITH MANGANESE ORE AS BED MATERIAL

Magnus Rydén

Chalmers University of Technology

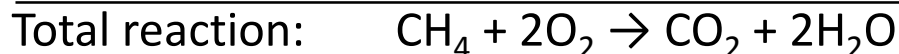
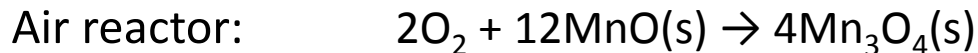
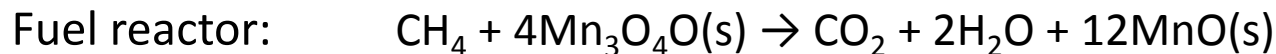
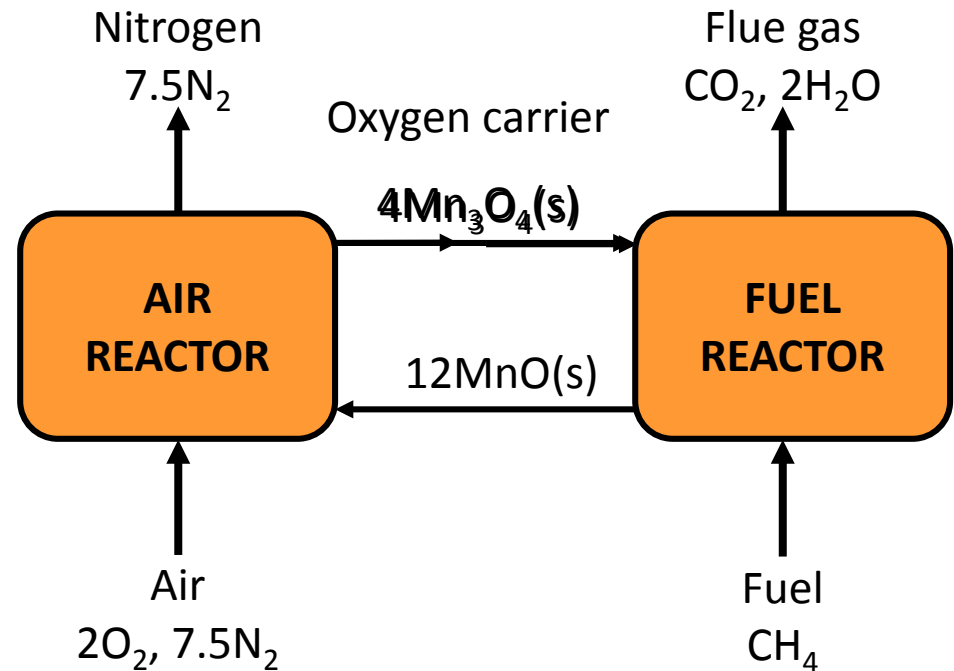
412 96, Göteborg, Sweden

magnus.ryden@chalmers.se

(+46) 31 772 1457

Background: Chemical-Looping Combustion (CLC)

- Oxygen is delivered to the fuel by a solid Oxygen Carrier (OC).
- Flameless reactions at moderate temperatures.
- Produced CO_2 is not diluted with N_2 from the air.
- No energy penalty for CO_2 capture.
- Reactor similar to Circulating Fluidized Bed (CFB) boiler.
- Chalmers have been the leading institution in the development of CLC for more than a decade.

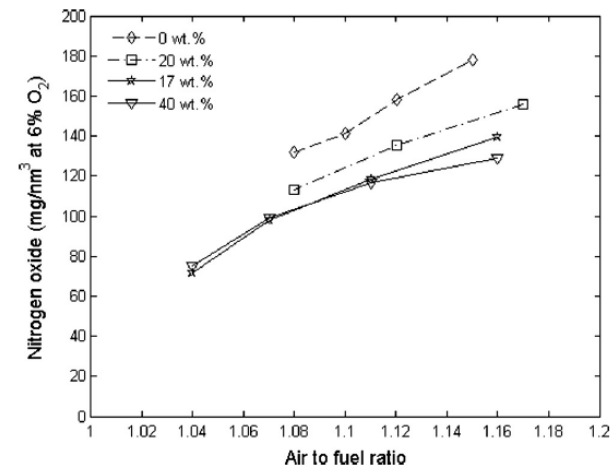
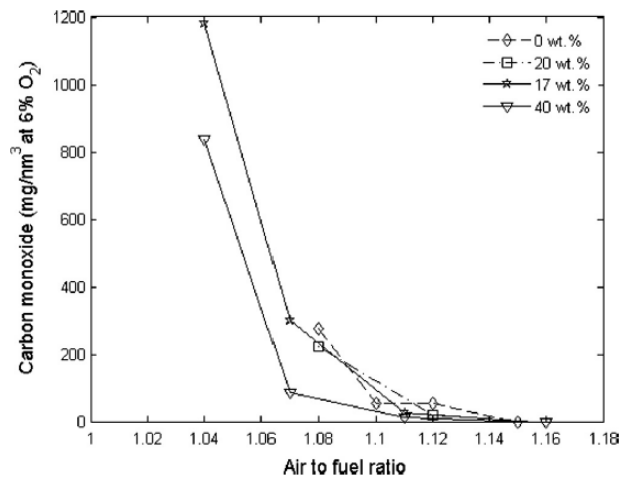


Background: Oxygen carriers in conventional boiler

Experiments at Chalmers Power Central with 40% ilmenite:
(H. Thunman, et al. Using an oxygen-carrier as bed material for combustion of biomass in a 12-MW_{th} circulating fluidized-bed boiler. Fuel 2013;113:300-309)

- Reduced CO emissions with up to 80%
- Reduced NO emissions with up to 30%

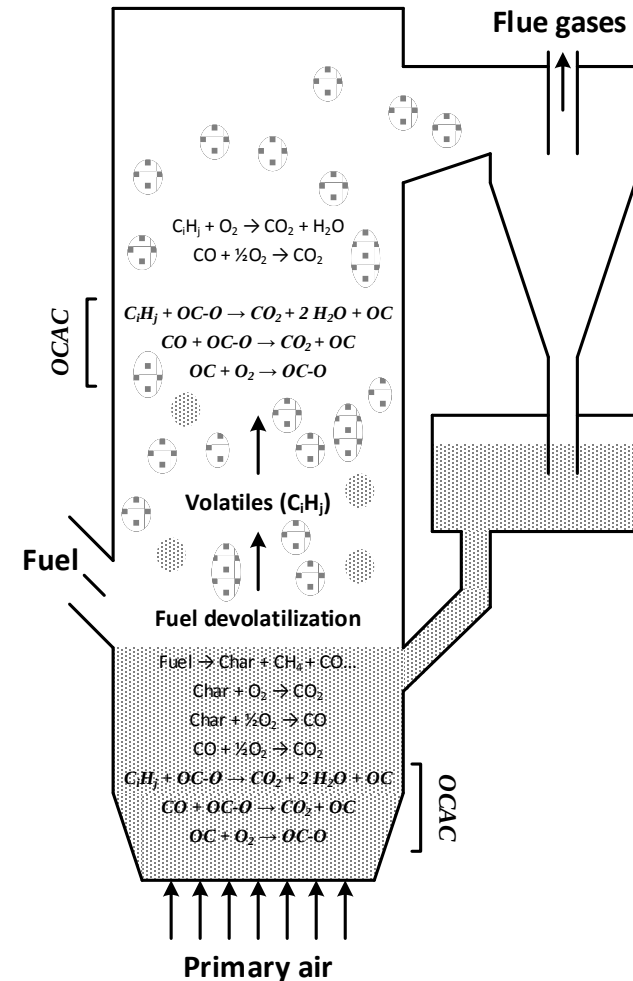
→ Possible to operate the process at lower air to fuel ratios?



Oxygen Carrier Aided Combustion (OCAC)

What happens when we replace silica sand in a fluidized bed boiler with oxygen carrier particles (OC)?

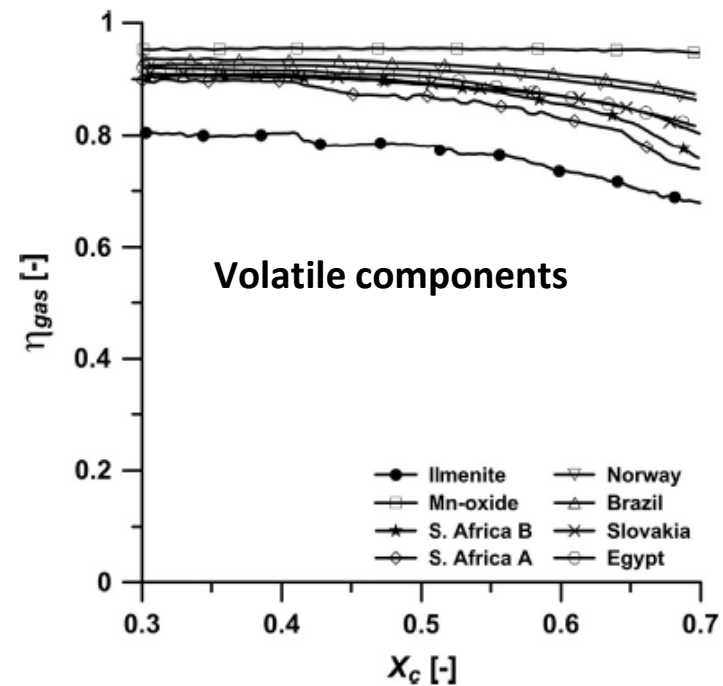
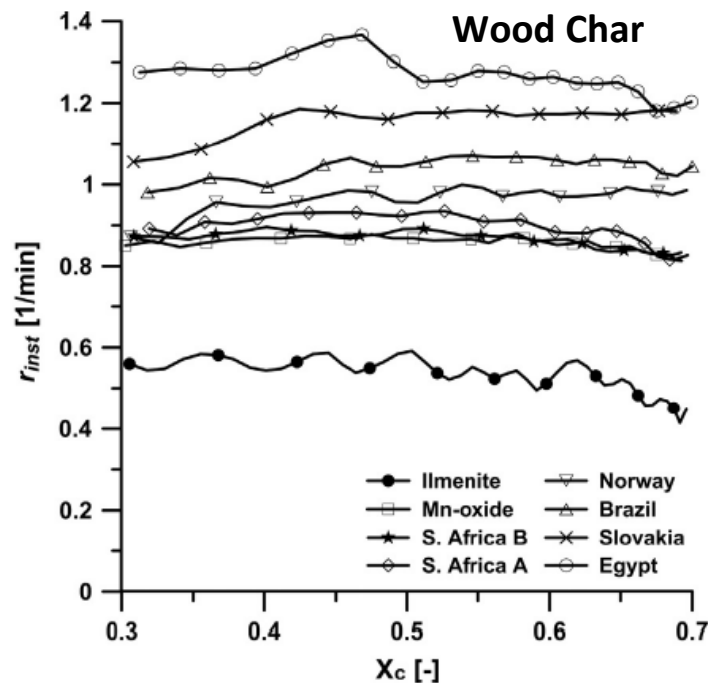
- The OC is oxidized in sections with excess oxygen.
- The OC is reduced in sections with excess fuel.
- The bed material becomes an oxygen buffer.
- New mechanisms for oxygen transport in space and time.
- New mechanisms for fuel oxidation becomes available.
- Improved fuel conversion in dense bed.
- Evening out of oxygen potential in combustion chamber.
- ☺ Problems related to poor mixing of air and fuel decrease.
- ☺ Problems related to irregular fuel feeding decrease.
- ☺ Problems related to hot spots decreases.
- ☺ Emissions could be reduced.
- ☺ Operation at reduced air-to-fuel-ratio could be possible.



Why manganese ore?

Reactivity of ilmenite and manganese ores during fuel oxidation:

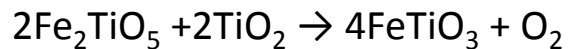
(M. Arjmand, et al. Investigation of different manganese ores as oxygen carriers in chemical looping combustion (CLC) for solid fuels. Applied Energy 2014;113:1883–1894)



Why manganese ore?



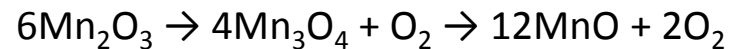
Ilmenite concentrate



- Slow reaction rate with volatiles
- Reactions with char very unlikely
- Endothermic reaction with fuel
- Oxygen transfer capacity 3.3-5.0 wt%
- 150-200 euro/ton

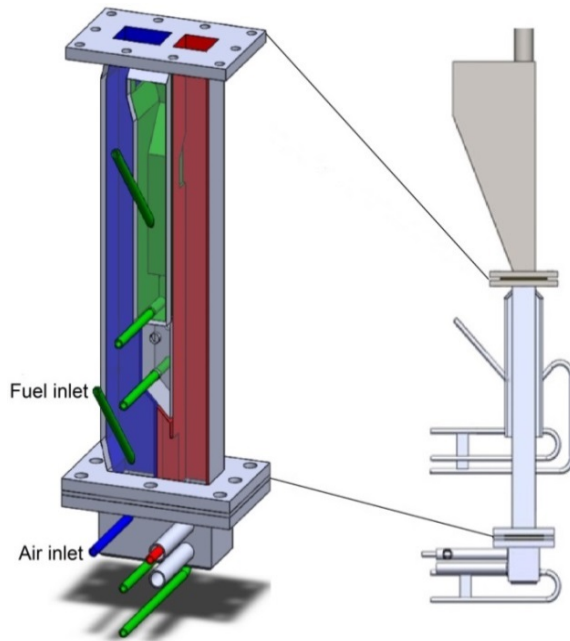


Manganese ore



- Faster reaction rate with volatiles
- Can release gaseous O_2 for char oxidation
- Thermo-neutral reaction with fuel
- Oxygen transfer capacity 3.3-10.0 wt%
- 100-250 euro/ton

The Project



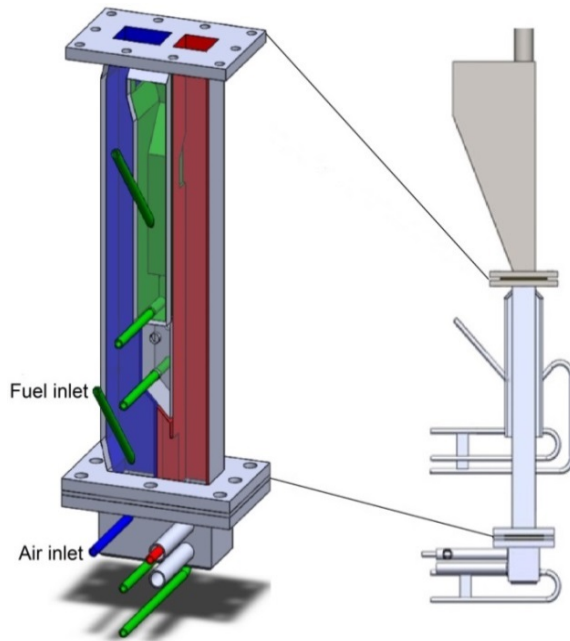
Phase #1

Examination of 5 oxygen carrier particles produced directly from different manganese ores in laboratory reactor.

Phase #2

Experimental campaign with manganese ore as bed material in Chalmers research boiler.

Phase #1 – Laboratory Reactor



Cross section: 25 mm times 40 mm

Fuel flow: 0.3-0.5 l/min

Temperature: 800-950°C

Solids inventory: 140-200 g in combustion chamber

Fuel : CH₄ with or without 3% NH₃ as NO precursor

Bed height: 130 mm

Air flow: 4.1 l/min

Pressure: Atmospheric

Aim

Characterize Mn-based oxygen carriers with respect to:

- Reactivity and emissions
- Attrition
- Agglomeration
- Physical properties

Expected output

- Verification of key concept
- Input about upscaling
- Improved understanding of manganese ores as OC

Preparation of oxygen carriers

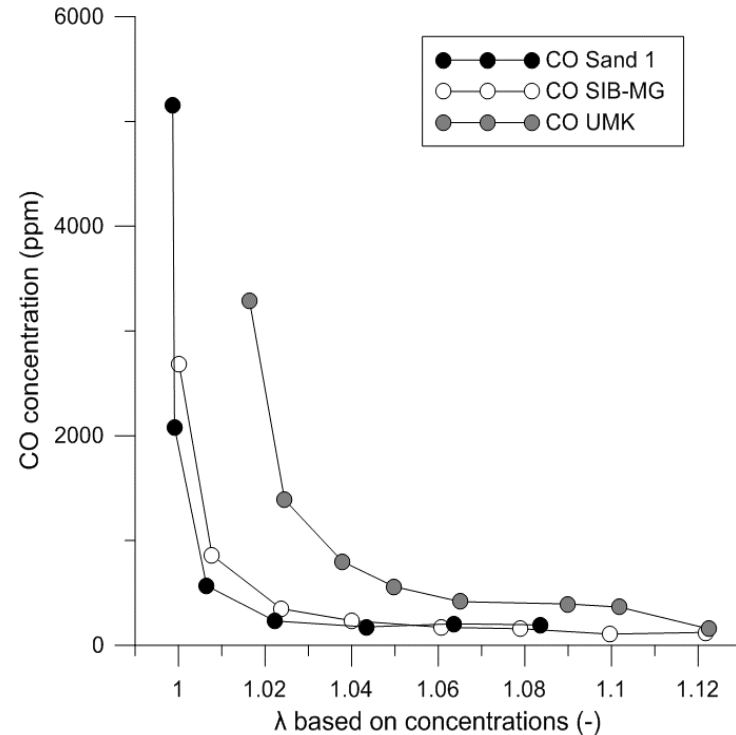
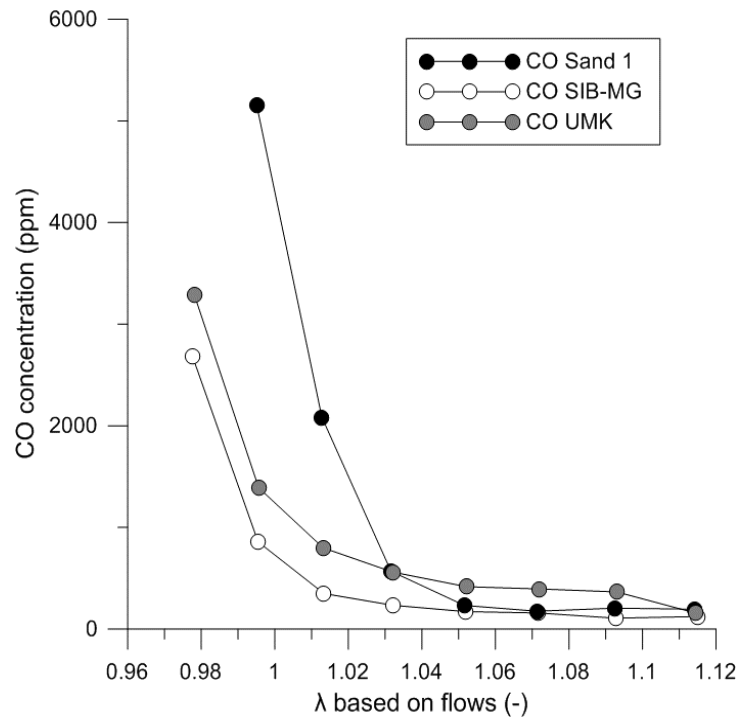
Material	Mn	Fe	Al	Si	K	Ba	Ca	Mg	P	Ti	Mean particle size (μm)	Bulk density (kg/m ³)
NCH	42.6	12.0	0.2	1.6	<0.1	1.5	6.2	0.6	<0.1	<0.1	139	1130
SF-AUS	51.3	10.0	2.3	3.6	1.2	<0.1	0.9	0.2	0.1	0.1	158	1990
SIB-MG	66.4	3.0	3.1	1.4	0.7	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	142	1880
SIB-SF	46.2	5.2	3.4	3.7	1.0	0.2	1.9	0.3	0.1	0.2	234*	1840
UMK	62.0	3.8	2.0	0.9	0.6	1.8	0.2	0.3	0.1	0.1	139	1370

*Elemental composition in wt% after heat treatment at 950°C, balance is oxygen.
Mean particle size and bulk density after crushing, heat treatment and sieving.*

Examined materials included: i) high grade ore (UMK), ii) medium grade ore (NCH), iii) pre-calcined medium-grade ore (SIB-SF), iv) high-grade manganese product (SIB-MG), v) ore sintered with slag (SF-AUS).

Noticeable difference in density between the samples, which has practical implications with respect to fluidization and fluid properties.

Phase #1 – Laboratory Reactor



CO emissions as function of air-to-fuel-ratio (λ) calculated in two ways at 850°C.

- The bed is capable of providing oxygen, but we were not operating at steady state.
- Experiments with NH_3 indicated increased propensity for NO formation.

Output from phase #1

Conclusions:

- Feasible oxygen carriers could successfully be prepared directly from a range of manganese ores.
- Key characteristics such as density and resistant to attrition was adequate for operation in fluidized bed reactor.
- OCAC tests suggested that the concept worked as intended.

However:

- Existing reactor system was difficult to adapt for OCAC.
- Notably, being a system with two outlets made it difficult to close the species balance when using an oxygen carrier.
- Operation at steady state conditions was hard to achieve.
- Solid fuel system would have resulted in more relevant results.

Phase #2 – Chalmers research boiler

- Perform an experimental campaign with manganese ore as bed material in Chalmers research boiler.
- Provide real operational data from a real boiler.
- Provide a good indication about issues such as agglomeration and attrition.
- Examine and demonstrate large scale logistics of oxygen carrier particles.

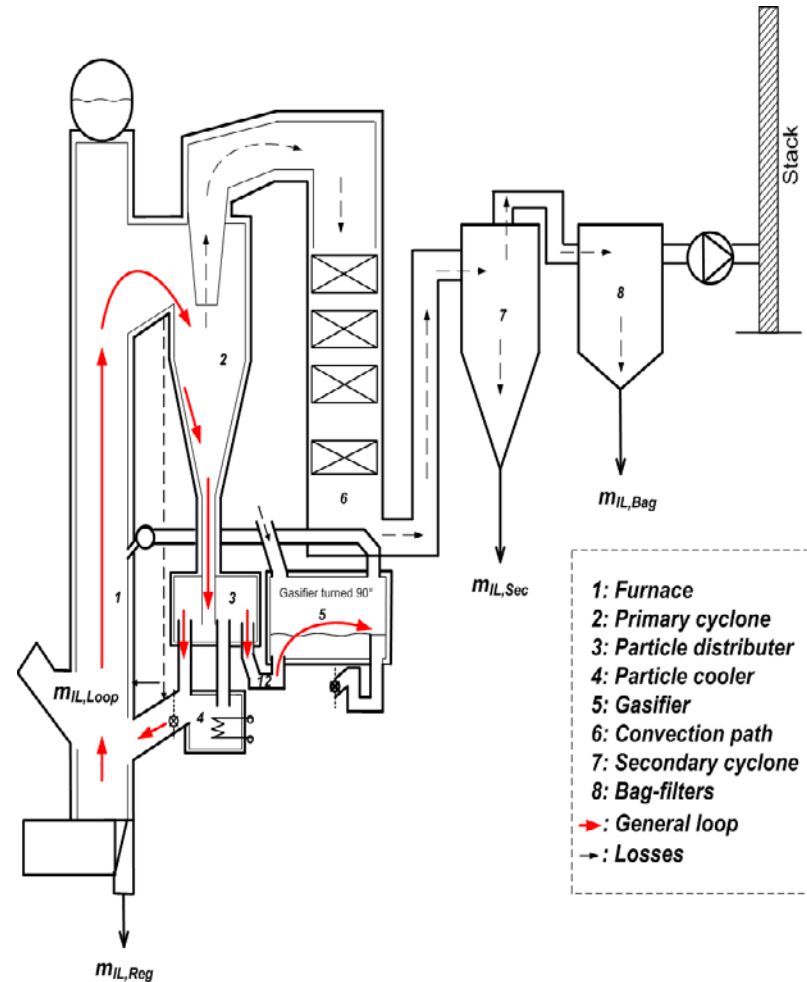


Phase #2

Experimental campaign with manganese ore as bed material in Chalmers research boiler.

About Chalmers research boiler

- Semi-commercial plant operated by Akademiska Hus AB and excess heat sold to Göteborg Energi.
- Circulating Fluidized Bed (CFB) boiler.
- $12 \text{ MW}_{\text{th}}$ with coal or 8 MW_{th} with biomass.
- Intergraded with an indirect gasifier (2-4 MW_{th}).
- Solids inventory $\approx 2500 \text{ kg}$ plus $\approx 2000 \text{ kg}$ in the gasifier.
- Roughly 100 measuring holes in boiler.
- Sampling of ash and bed material possible.
- Analysis equipment for gas concentrations, temperature, pressure etc.



Large batch of oxygen carrier

Characteristics of the large batch of oxygen carrier for Chalmers Research Boiler.

Material	SIB-SF
Chemical composition	46.2% Mn, 5.2% Fe, 3.7% Si, 3.4% Al, 1.9% Ca, 1.0% K, 0.3% Mg, 0.2% Ba, 0.2% Ti, 0.1% P, balance O
Provided as	Sintered lumps, a few cm in diameter
Treatment	Crushing, multi-step grinding, sieving, dedusting
Product sieved to size	100-400 μm
Mean particle size	200 μm
Bulk density	1840 kg/m^3
Batch size	12.1 tonnes
Yield in production process	$\approx 50\%$

SIB-SF was chosen for the large batch. This ore had the advantage that it was available directly in calcined form via a cooperation partner (Sibelco Nordic AB). It was grinded into particles by UVR-FIA, a German mining research institute.

The campaign

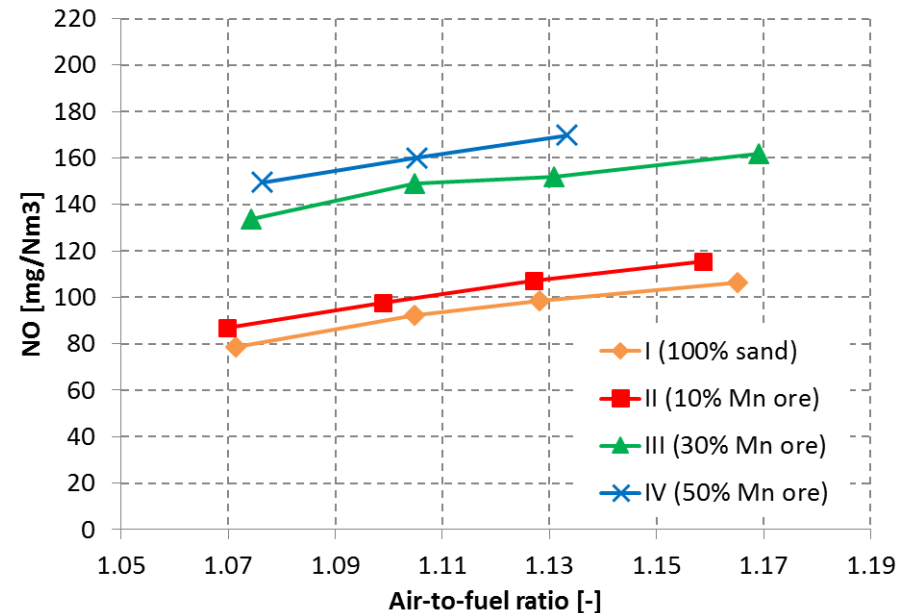
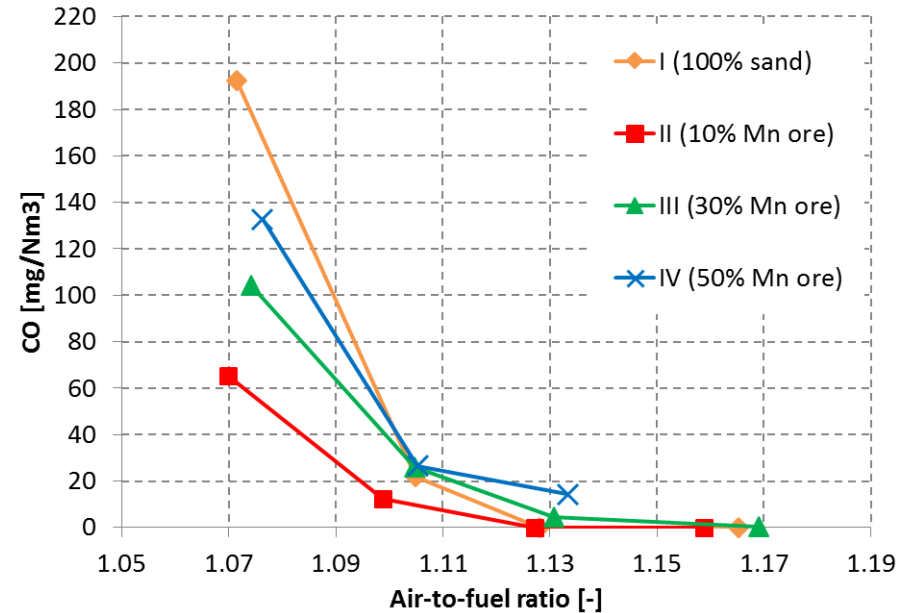
- Fuel was wood chips corresponding to 5-6 MW_{th}.
- Bottom bed temperature was set to 870°C.
- Amount of bed material regulated to achieve 5.5 kPa pressure drop.
- Startup with clean boiler at the beginning of the firing season.
- Start with partial substitution, followed by operation with 100% manganese ore.

Overview over experiments performed in Chalmers Research Boiler.

Test	Day	Sand [wt%]	Mn ore [wt%]	Comment
I	1	100	0	Reference
II	2	90	10	
III	3	70	30	
	4	70	30	
IV	5	50	50	
Stop during weekend (day 6-7). This was necessary in order to remove material contaminated with sand and allow for operation with 100% manganese ore.				
	8		100	Start-up with Mn ore
V-VI	9		100	Also operation at 800°C
	10		100	
	11		100	
	12		100	
Operation with 100% manganese ore during weekend (day 13-14) by the plant operator (Akademiska Hus AB). No experimental activities.				
VII	15		100	Experiments with sulphur feeding
VIII	16		100	Regenerated bed, sulphur feeding

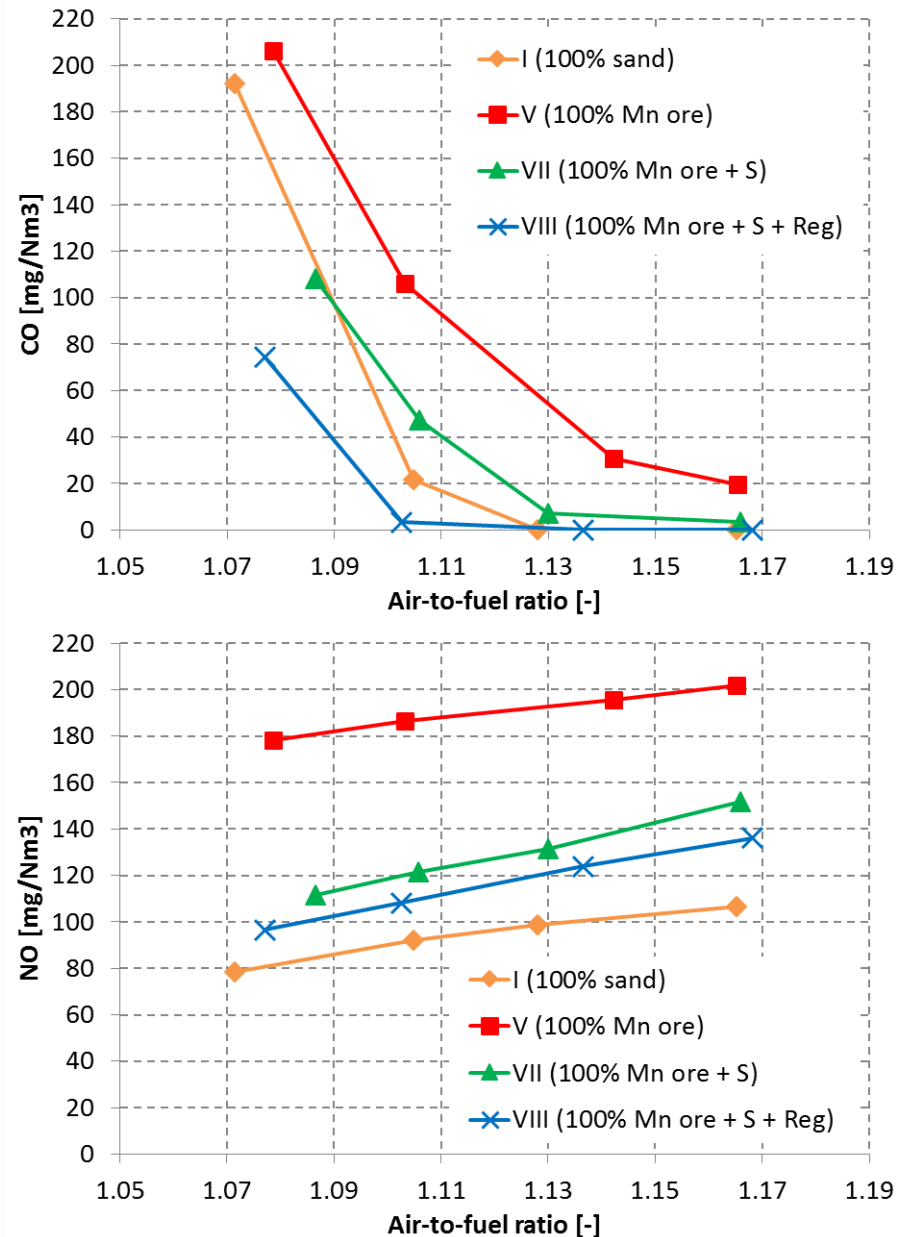
Partial substitution

- Considerable effect on CO ($\approx 70\%$ reduction at $\lambda < 1.11$) with as little as 10% substitution.
- Increased Mn-content did not improve the effect and the NO emissions increased.
- Increased Mn-content was achieved by removing bed material and replacing it with fresh manganese ore.
- Fresh ore had high K-content and sand was not regenerated, which may be the reason for declining combustion results as function of time.



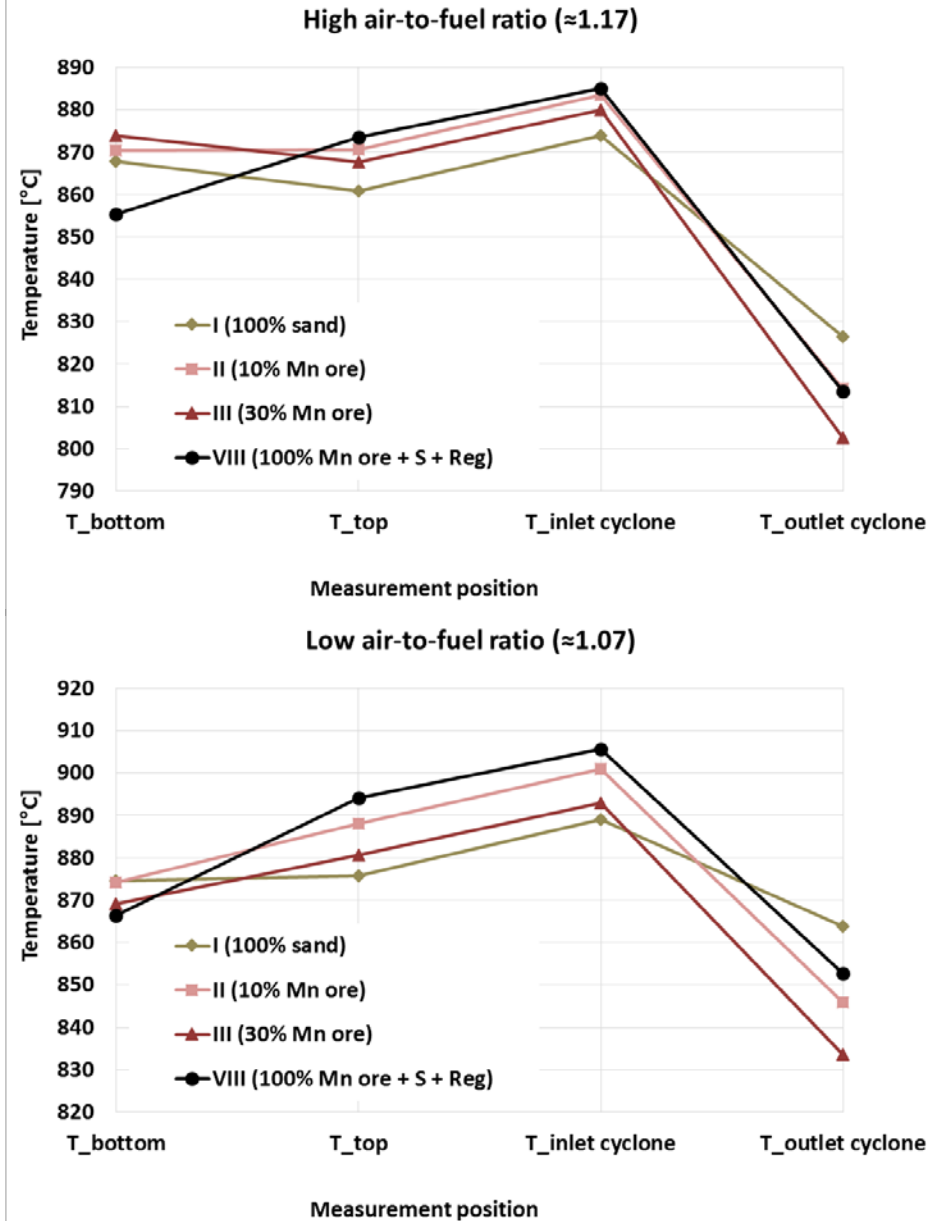
100% substitution

- Higher emissions of CO and NO compared to sand reference.
- But temperature profile still suggested enhanced conversion in the combustion chamber.
- This suggests poor conditions during final combustion stage.
- Sulphur feeding and partial regeneration of the bed resulted in greatly improved results.
- Results subject to interpretation. We link them to poor removal of alkali. The fresh ore has high K content and we had a finite amount of ore available.



Temperature profile

- Temperature drop over cyclone much higher than with sand reference in all cases, independent on emissions.
- This suggests that much less combustion take place in the cyclone.
- This is especially clear for when 100% manganese ore is used.
- Suggests that problems related to emissions are related to the final combustion stage (which is what determines emissions, at least for CO).

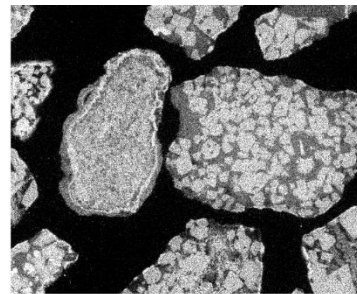
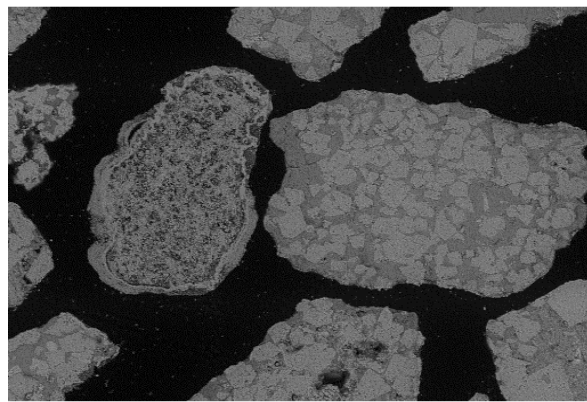


Observations with respect to general operability

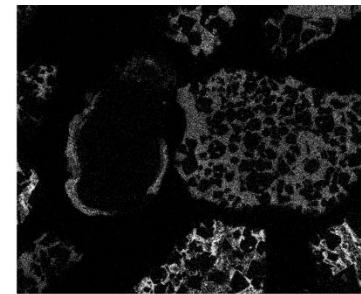
- Plant operated with wood chips for 23 days with >10% manganese ore.
- Bed temperature was 870°C, near the temperature limit for silica sand.
- No practical problems related to agglomerations were encountered.
- No regeneration between day 8 and day 15, would likely have resulted in agglomeration with silica sand.
- Agglomeration tests at SP suggests that manganese ore could be more resistant to agglomeration than silica sand. Fresh ore did not agglomerate even at the maximal temperature of 1100°C.
- The 10% mixture operated with biomass showed minor tendencies towards agglomeration at 876°C, apparent agglomeration at 941°C.
- The attrition rate was very low (basically too low to measure).

Post-experimental analysis of oxygen carrier

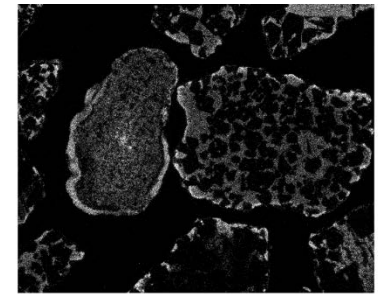
Currently ongoing. Not covered by the project hence the slow progress.



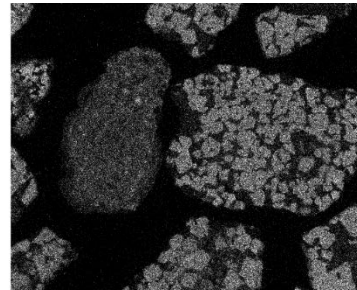
Mn Ka1



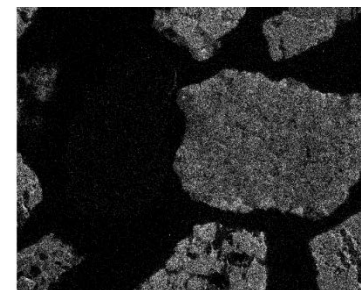
K Ka1



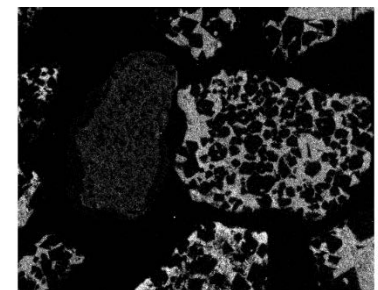
Ca Ka1



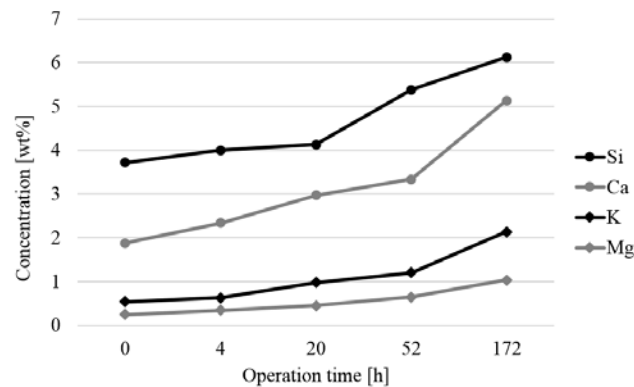
Fe Ka1



Al Ka1



Si Ka1



Material not homogeneous with particles containing Al behaving very differently compared to material without Al.

Conclusions

- From a practical point of view manganese ore is a viable bed material for fluidized bed boilers.
- At certain conditions very considerable improvements with respect to reduced CO emissions could be achieved.
- At other conditions emissions of CO and NO was higher compared to reference experiments with sand.
- The temperature profile of the boiler suggests that the manganese ore worked as intended at all occasions. This means that emissions were affected by poor burnout in the cyclone.
- Both low-level substitution and use of 100% manganese ore could be viable.
- Strategies for bed regeneration, removal of ash elements and reuse of bed material needs to be considered and developed.

Current and future plans

Current projects:

- OCAC with ilmenite
(ongoing project with E.ON, due to NDA I have to refer to 'improbed.com')
- OCAC for heat transfer to tube reactors located inside bubbling fluidized bed
(ongoing project with Haldor Topsøe, funded by Energimyndigheten)
- CLC of biomass to generate 'negative CO₂ emissions'
(ongoing project with 6 partners, funded by Nordic Energy Research)

Future direction:

- Dedicated experimental reactor for OCAC with biomass
(under construction)
- Use of waste streams from steel-making as bed material in OCAC/CLC
(industrial partner exists but at the moment no major project)
- CLC of biomass as a method to eliminate high temperature corrosion
(no infrastructure for CO₂ transport and storage needed)

Acknowledgements

- My colleague and co-applicant Dr. Fredrik Lind at Chalmers.
- My PhD student Malin Hanning for her dedication, hard work and brilliance.
- Johannes Öhlin, Angelica Corcoran, Teresa Berdugo Vilches and Anna Köhler for assistance during the experimental campaign in Chalmers Research Boiler.
- Per Karmhagen of Sibleco Nordic AB for being very helpful with respect to procurement and logistics of the large batch manganese ore.
- Energiforsk and Energimyndigheten for providing funding to the project.

► Flexibel drift av kraftvärmeanläggningar - förstudie

Jan Storesund Inspecta Technology SEBRA konferens 15/6 2016

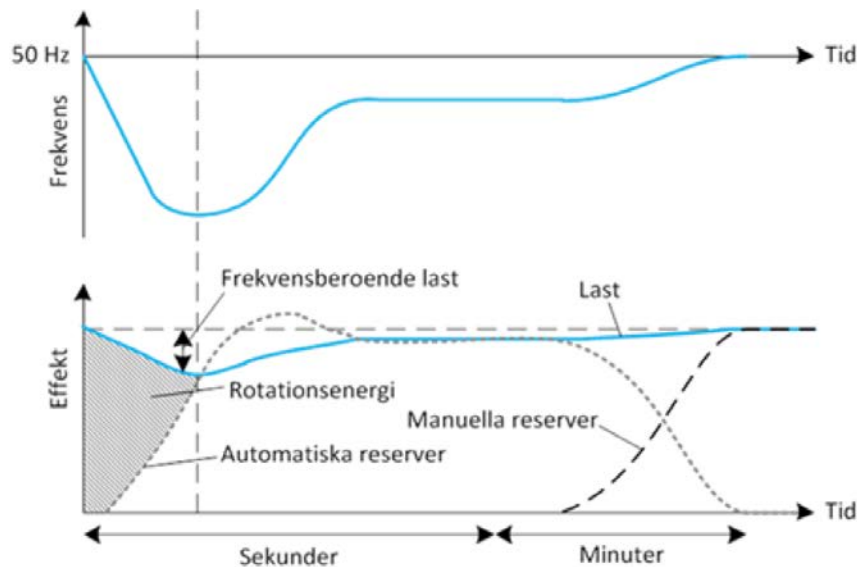


► Utgångspunkt och syfte med förstudien

- Ökat framtida behov av reglerkraft – bidrag från kraftvärmeverk
- Kraftvärme – tekniska möjligheter och begränsningar med flexibel drift av kraftvärmeverk.
- Syfte
 - belysa behov, möjligheter och utmaningar för flexibel drift av termiska kraftvärmeverk
 - identifiera kritiska komponenter och skademekanismer i kraftvärmeverk (pannor) som körs cykliskt
 - indikera frågeställningar att arbeta vidare med.

► Flexibel drift - vad kan regleras?

- Primärreglering – snabb reglering av frekvens. 50 Hz $\pm$ 0,1 Hz (Frekvensstyrd Normaldriftsreserv FCR-N)
- Sekundärreglering – återställa balansen (inom några till max 30 minuter)
- Dygnsreglering – produktionsförändringar över timmar och dygn



(SvK)

► Flexibel drift – kraftvärmens kan bidra

- Primärreglering – snabb reglering av frekvens. 50 Hz $\pm$ 0,1 Hz (FCR-N)
 - Roterande massa
 - Kräver balans mellan pannas pålastningshastighet och möjlighet att tillfälligt minska ångförbrukning i andra delar av anläggningen
 - Mindre laständring i pannan
 - Små konsekvenser för panna/turbin
- Sekundärreglering – återställa balansen på längre sikt (max 30 minuter)
 - Mindre laständring i pannan
 - Små konsekvenser för panna/turbin
- Dygnsreglering – produktionsförändringar över (timmar och) dygn
 - Större laständring i pannan, varm-/kallstarter, större cykler
 - Konsekvenser för panna, förslitningar, reducerad livslängd...

Genomförande

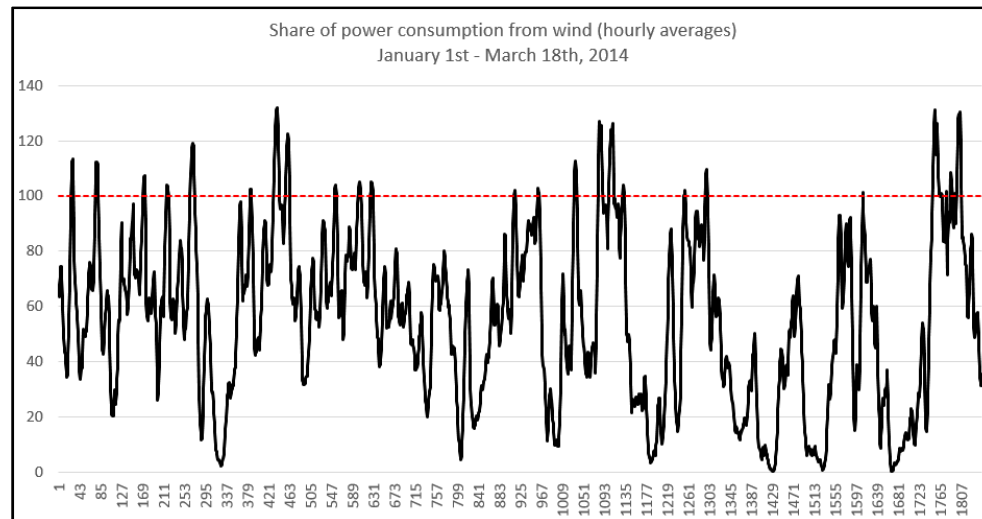
- Fokus biobränsleeldade CFB-pannor
- Utgångspunkt verkliga driftscykler från tre anläggningar. Föreslagna typcykler lite mer utmanande
 - Göteborg Energi Rya gaskombi
 - Eon Händelöverket P13
 - Mälarenergi Aros P5
- Litteraturstudie
- Erfarenheter av flexibel drift i Danmark
- Koppla behoven av reglerbarhet till vilka skademekanismer som kan aktiveras och kvalitativt i vilken utsträckning livslängden reduceras

Litteraturstudie

- Stora variationer av vindkraft inom någon eller några timmar befaras
- Sett till hela produktionen är detta dock inte visat
- Framtida behov av reglerkraft beror på:
 - Geografisk spridning av vindkraftsutbyggnad
 - Hur överföringskapacitet i elnätet anpassas
 - Teknisk utveckling av överföringskapaciteten
- Kraftvärmeproduktionen kan minskas ner till 25 procent av ursprungsnivån (när detta är möjligt ur systemsynpunkt (masströghet))

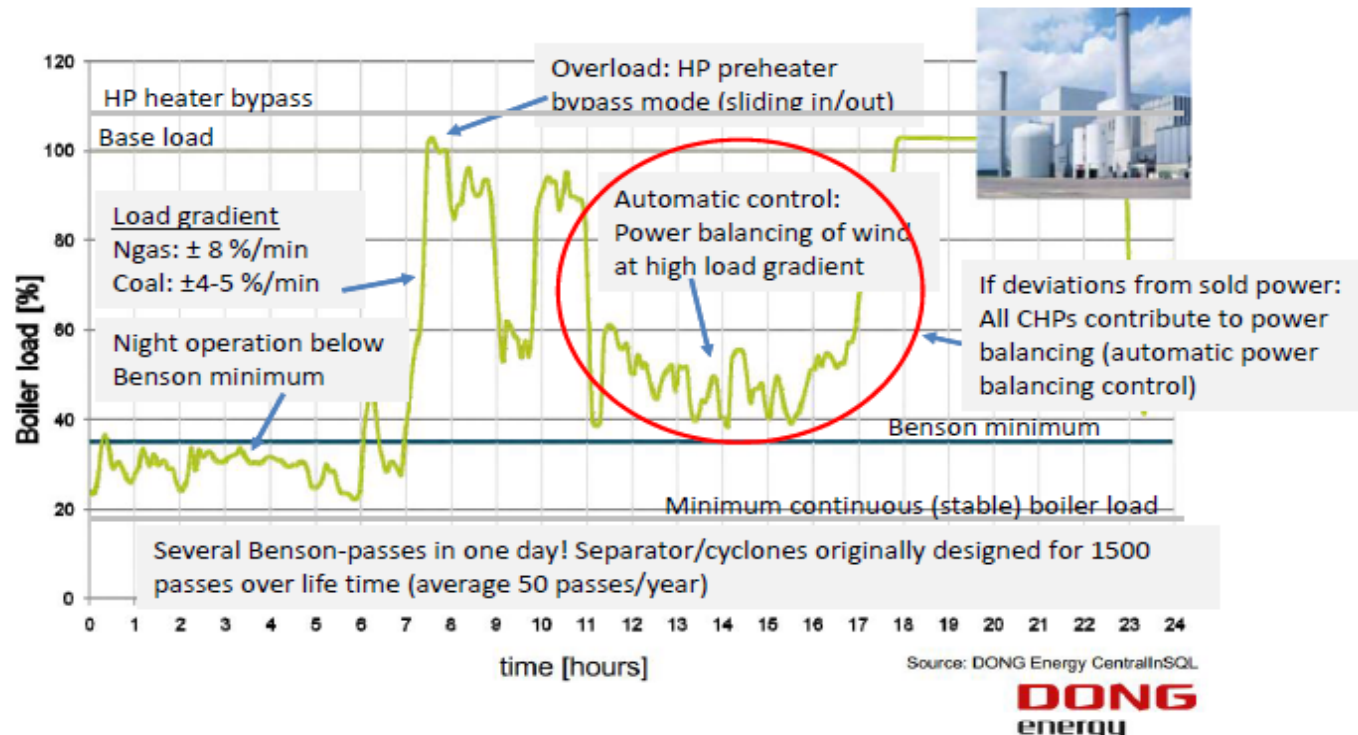
► Reglering av variationer hos vindkraftsproduktionen i Danmark

- Vindkraftsel svarade för 37 % av det totala behovet 2014



Andel elkonsumtion från vindkraft i Danmark från januari till i mitten av mars 2014 (T Christensen 2014)

Exempel på flexibel drift i Danmark



Effektvariationer hos ett danskt kraftvärmeblock under ett dygn (T Christensen 2014)

Flexibel drift av kraftvärmeverk i Danmark

- Genomströmningsspannor används i första hand
- Funktioner för flexibel drift som har utvecklats under senare år (H Hasselbalch 2016):
 - Helt automatisk lastkontroll för leverans av automatisk sekundärreglering i syfte att minimera obalanserna systemet
 - Optimerad styrning med parameteranpassning för låglastdrift
 - Automatisk överlastmodulering (bypass av HT förvärmare)
 - Automatisk styrning av fjärrvärmeproduktionen i syfte att förbättra styrningen av elektrisk last genom användning av ackumulatorer
 - On-line beräkningar av gränser för laster och gradienter
 - Automatisk prioritering av primärstyrning inbyggt i enhetens Master Controllers för att kunna primärreglera tillsammans med sekundärregleringen

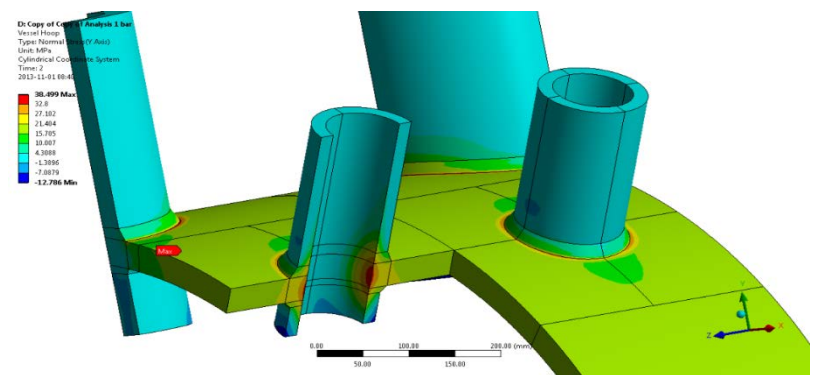
► Typcykler

Förslag på cykler för reglerkraft hos en CFB-panna med driftdata på 140 MW, 140 bar och 540°C

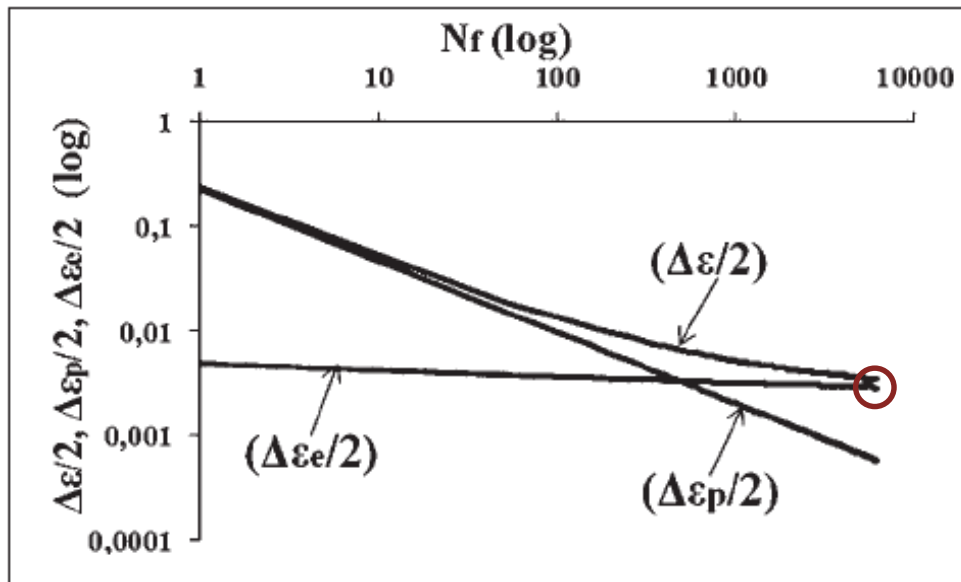
Typ av reglering	Effekt-variation [MW]	Tryck-variation [bar]	Temperatur-variation [°C]	Rampning [min]
Primär	30	5	30	3
Sekundär	40	10	40	20
Dygn	110	20	100	60
Varmstart	140	140	340	120
Kallstart	140	140	520	720 (12 h)

► Inverkan av flexibel drift på mekaniska komponenter - skademekanismer

- Driftcykler över dygn, kall- och varmstarter
 - Ger höga spänningar där spänningskoncentrationer kan uppstå i pannan
- Skademekanismer
 - Tryckutmattning
 - Termisk utmattning
 - Töjningsinducerad korrosionssprickning (vattensidig skademekanism)
- Tjockväggiga komponenter med stutsar och dimensionsövergångar
 - Ångdom
 - Fördelnings- och samlingslådor
 - Ventiler



Tryckutmattning

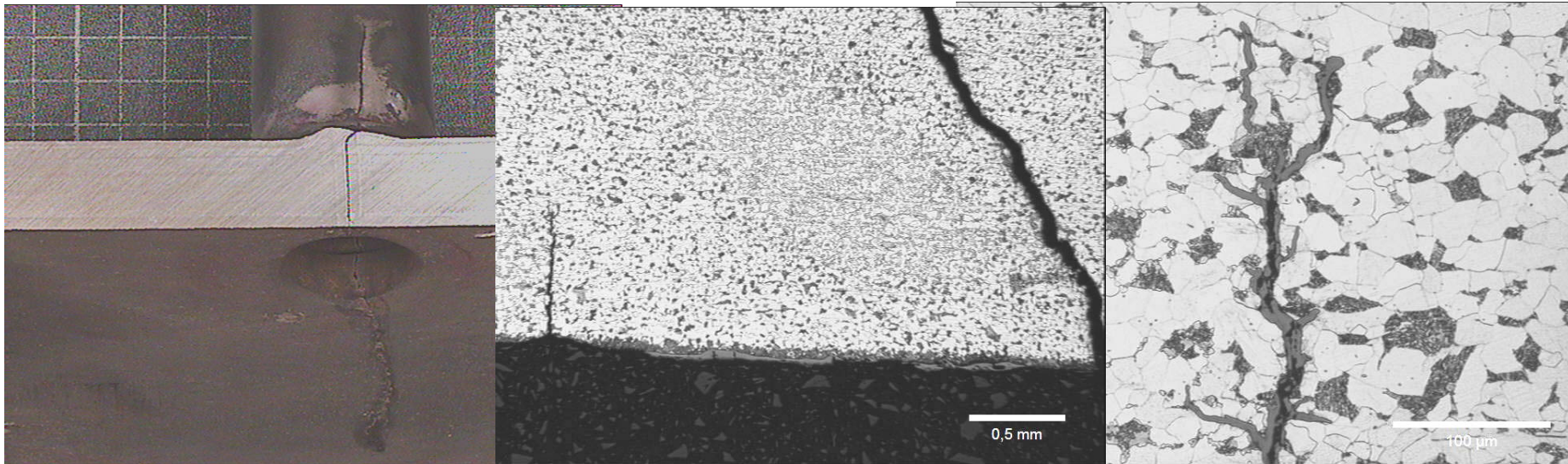


Antal cykler till brott som funktion av total, plastisk (p) och elastisk (e) töjningsamplitud ($\Delta\epsilon/2$) hos en svets av höghållfast stål

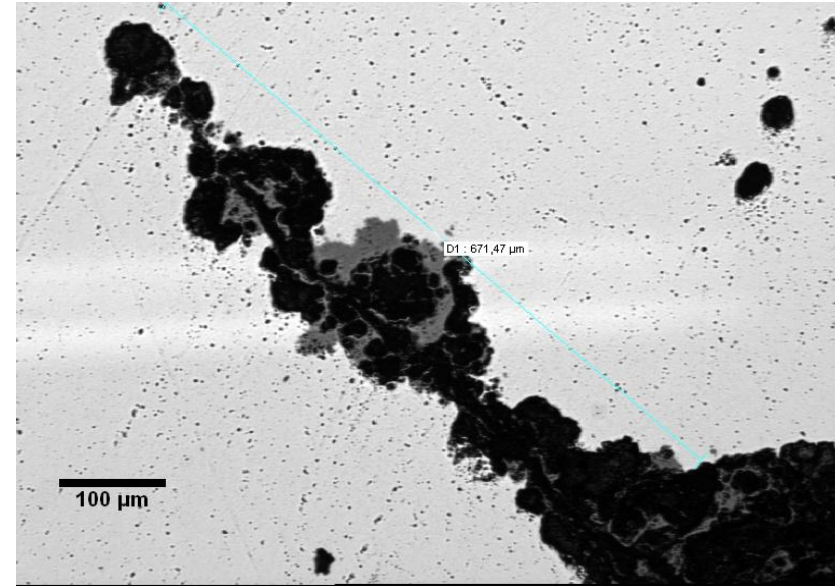
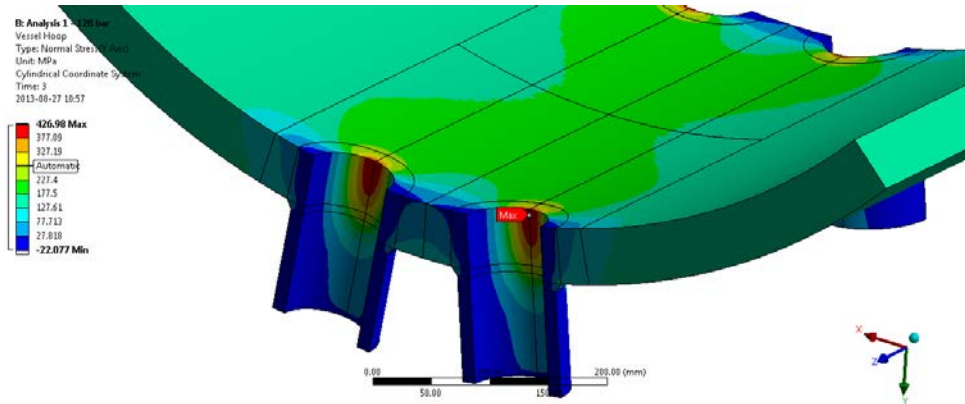
- Livslängd ca 8000 cykler i inringat område
- En full lastcykel per dygn = 10 års livslängd
- En full lastcykel i veckan = 50 års livslängd
- Utmattningsanalys: säkerhetsfaktorer; oförstörande provning vart 20 % av beräknad livslängd i antal belastningscykler

► Termisk utmattning

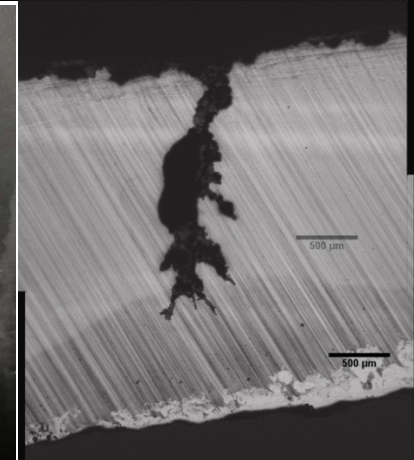
- Snabba temperaturramper kan medföra termiska spänningar, typiskt vid dimensionsövergångar
- Komponenter som delvis är fyllda med vatten och delvis med ånga (skillnad i värmeöverföring)



Töjningsinducerad korrosionssprickning



- Energiforskrappport
"Konsekvenser av
cyklisk drift – SICC"



Konsekvenser av flexibel drift, normalt sett

- Kallstarter (vecko-reglering)
 - Reducerade livslängd hos ångdomar genom töjningsinducerad korrosionssprickning.
 - (Även tryckutmattning kan bli kritiskt. Idag finns det etablerade metoder för lämpliga inspektionsintervall.)
- Varmstarter, snabba startramper.
 - Samlingslådor mest utsatta.

► Flexibel drift – frågor att arbeta vidare med

- Tekniska utmaningar
 - Studera och identifiera gränser vad en anläggning tål
 - Hur snabbt kan man starta, varmt och kallt, vilka gradienter (språng?)
 - Reduktion av livslängd, metoder för minska konsekvenser, eller ha koll
- Dynamik i anläggning istället för lastvariationer
 - Variationer i fjärrvärme, fjärrvärmenät (termostress?), ackumulator
 - Kondensdrift
 - Matarvattenförvärmning och avtappningar
- Utveckla metodik för anläggningsägare som kan användas för att karakterisera anläggningar
 - Kvantifiera och identifiera fenomen och begränsningar i anläggningen.
- Utveckla metodik för värdera och resonera, ekonomisk analys, kring snabbare reglering av kraftvärme
 - Vad är mest ekonomiskt, varmhålla pannor eller starta väldigt snabbt
 - Väga risk/möjlighet till högt elpris kontra varmhållning av pannor
 - Vad kostar respektive strategi
- Korrosion – stilleståndskorrosion, lastvariationer

► Flexibel drift – frågor att arbeta vidare med (forts.)

- Fallstudie för specifik anläggning, vad innebär ändrat körsätt för stress och slitage.
- Kan anläggningar aggregeras för att ge större reglerbidrag tillsammans?
- Styrmedelsfrågor, exempelvis hur påverkar skatt för kondensdrift. Vad behöver göras för möjliggöra kondensdrift.
- Vad vill systemet ha för reglertjänster, hur kommer behovet av (frekvens)reglering se ut i framtiden och vad innebär det konkret för kraftvärmeanläggningar. Behov av startramper.
- Marknad? Ekonomi?



▶ TRUST & QUALITY www.inspecta.com

► Creep analyses of a steam pipe system

Jan Storesund¹, Kristin Steingrimsdottir¹, Juhani Rantala² & Tobias Bolinder¹

¹ Inspecta Technology Sweden, ² VTT Finland

SEBRA konferens 15/6 2016



Introduction

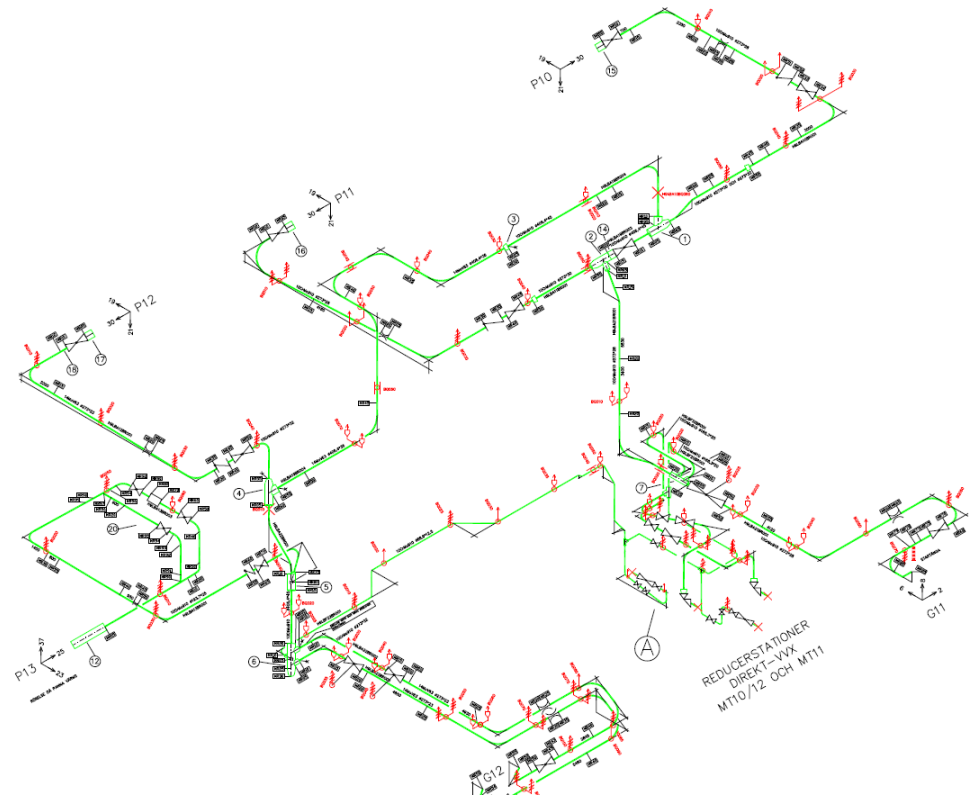
- Creep design of steam piping normally involves 100,000 h or 200,000 h design life time based on average creep data.
- Applied safety factors are 1.25 and 1.5 for 100,000 h and 200,000 h design life time, respectively, which are supposed to take account for lower creep strength than average, welds, system stresses, etc.
- The design rules are by formulae and therefore not precise.
- Hence, it is not possible to know the status with respect to consumed creep life in any detail after long-term operation without inspection and monitor of the system.

Introduction

- The present study aims to further develop:
 - analyses that can pinpoint critical positions for NDT correctly and in detail,
 - analysis methods that can be used for creep life assessment in live steam pipe system components,
 - the use of creep data of weld constituents from results of miniature creep testing,
 - and to make comparisons between analyses by use of tabled data and those where creep test data for the analysed component is used.

► Pipe system modelling

- A script for translating a Caepipe model to an Abaqus model was developed.
- Norton creep law was used for creep evaluation i Abaqus
- The constants B and n were determined from 1 % creep strain data of 10CrMo9-10 in EN10028-2:2009.



Caepipe model of the studied main steam pipe for elastic analysis

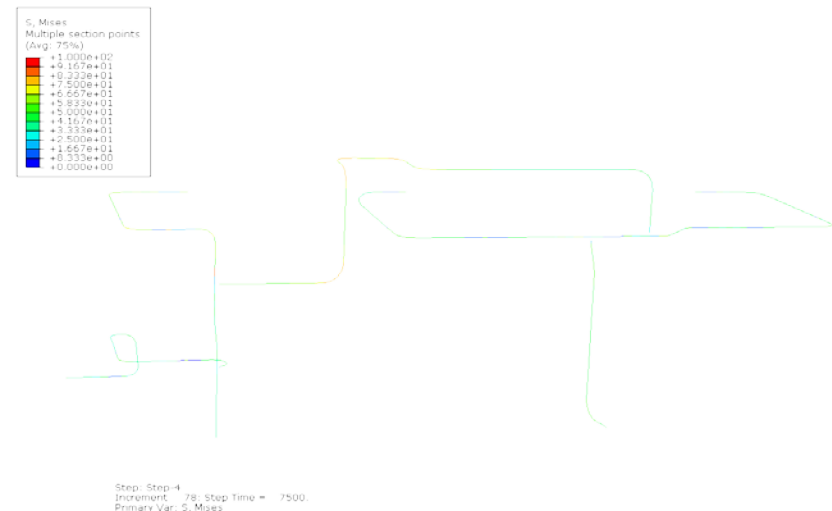
► Influence of creep relaxation and starts and stops

- A part of the system was modelled i Abaqus in the past.
- The same part of system was therefore considered in the elastic model translation to the creep model for verification reasons

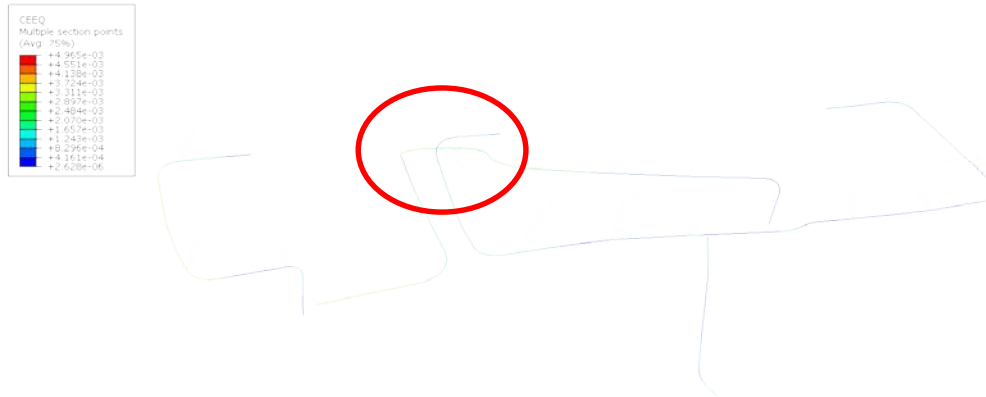


Elastic stress distribution att service temperature and pressure, $t=0$

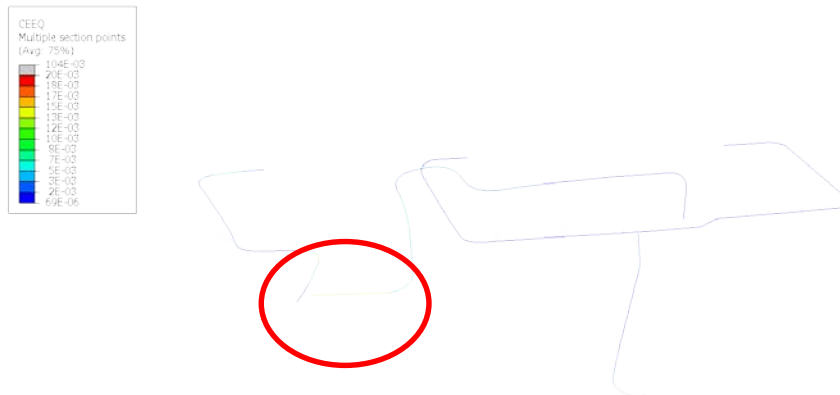
Below: Stress distribution after 1 year service at 530°C.



► Influence of creep relaxation and starts and stops



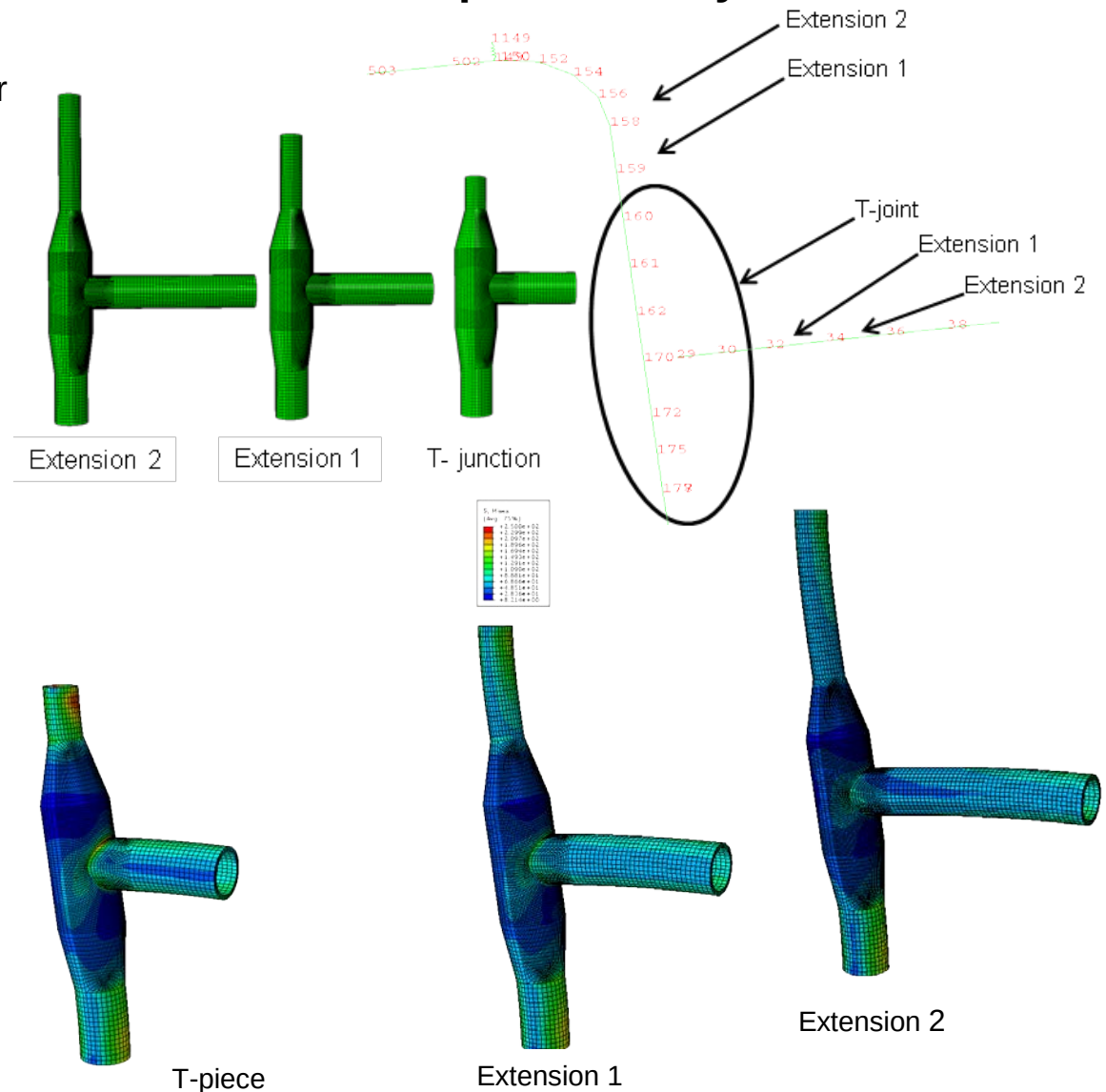
- Simulated service without stops for 178 000 hours. Maximum equivalent creep strain = 0.5%



- Simulated service with 130 cold starts for 178 000 hours. The maximum equivalent creep strain is higher and in different locations compared to no starts.

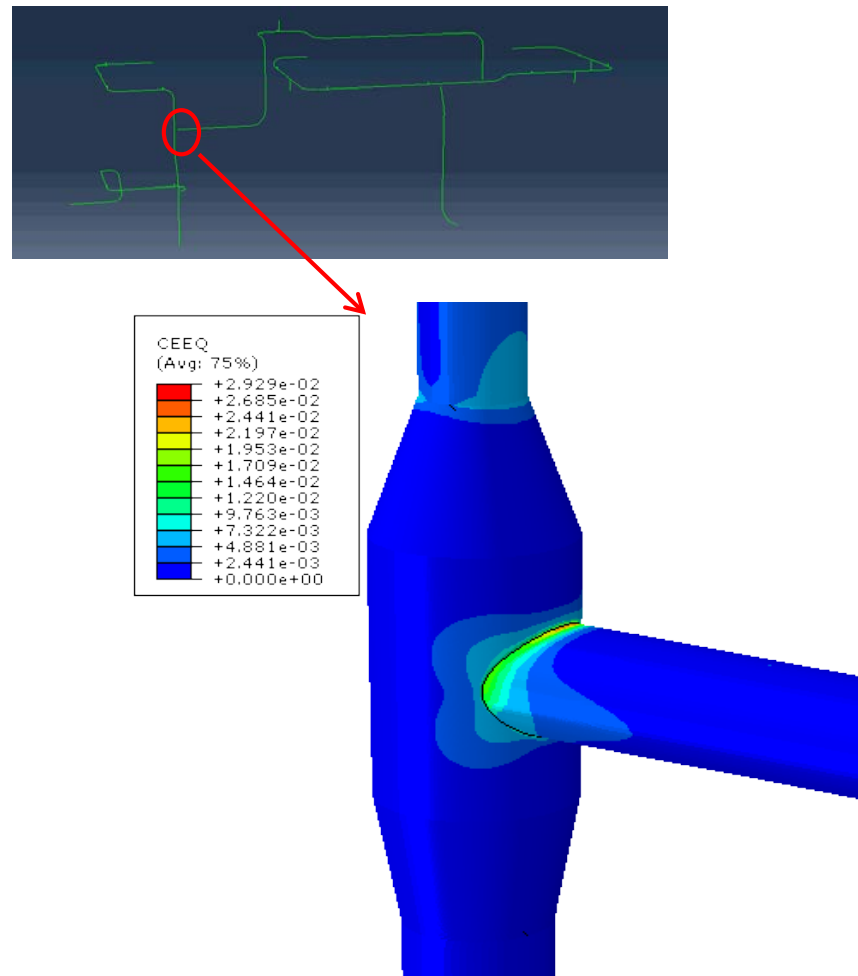
► Superposition of system stresses on component analyses

- Boundary conditions and loading for the component models consist of displacements obtained from the pipe system models.
- Internal pressure is also applied to the component models.
- The temperature is applied on the entire model to get correct displacements due to thermal expansions.
- The stiffness of the Abaqus pipe model and the actual T-piece differ.
- The difference decreases with increased extension of the component model.
- The extension should be at least two pipe diameters in length.



► Superposition of system stresses on component analyses

- The highest stresses/strains appear at one of the right angel positions.
- 2,6 % creep strain in the critical area after 42 000 h in operation.
- Tabled creep data, no weld included in the model.



Assessment of creep strains the steam pipe system

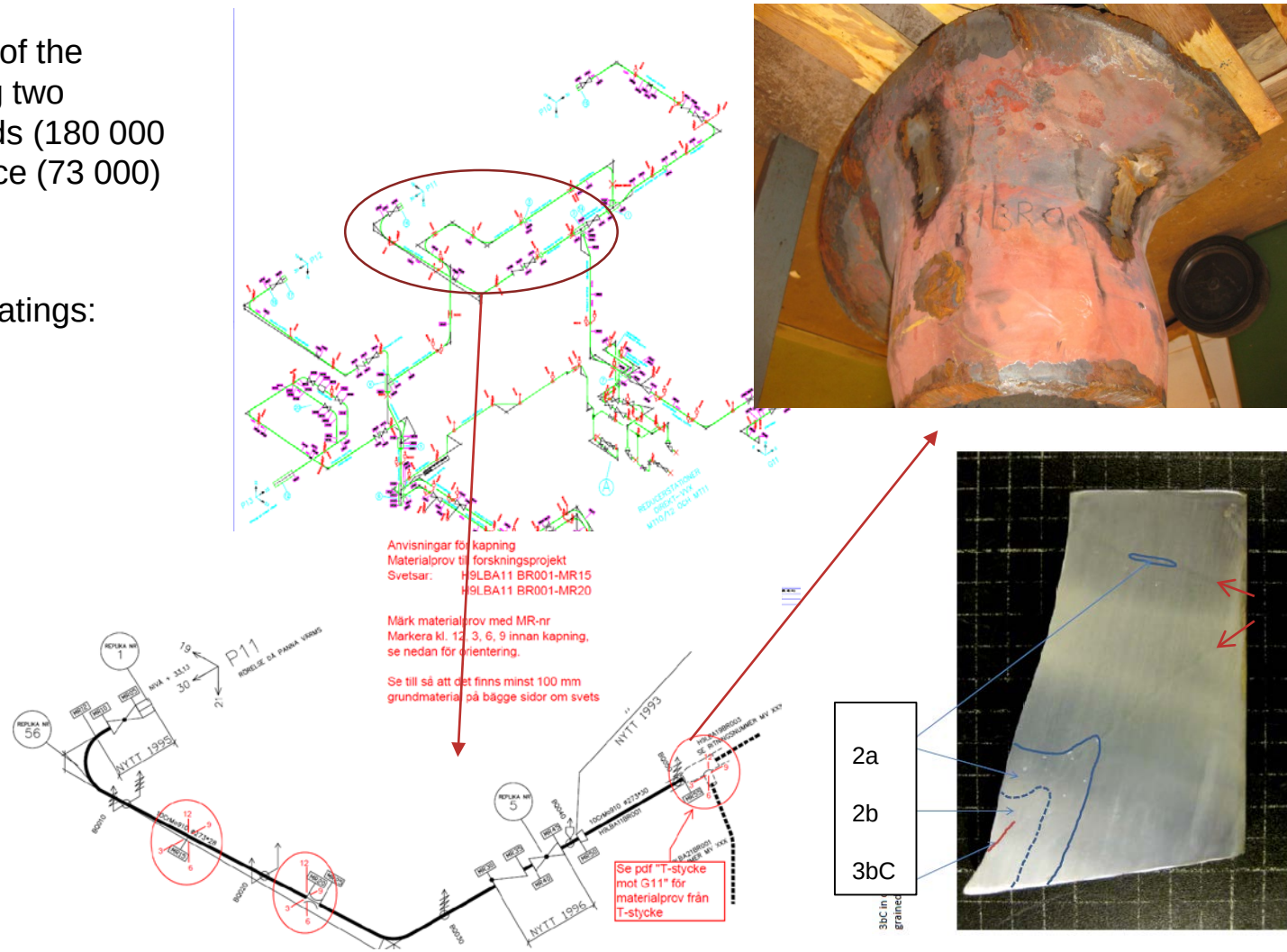
Exchanged part of the system including two original butt welds (180 000 hrs) and a T-piece (73 000 hrs).

Creep damage ratings:

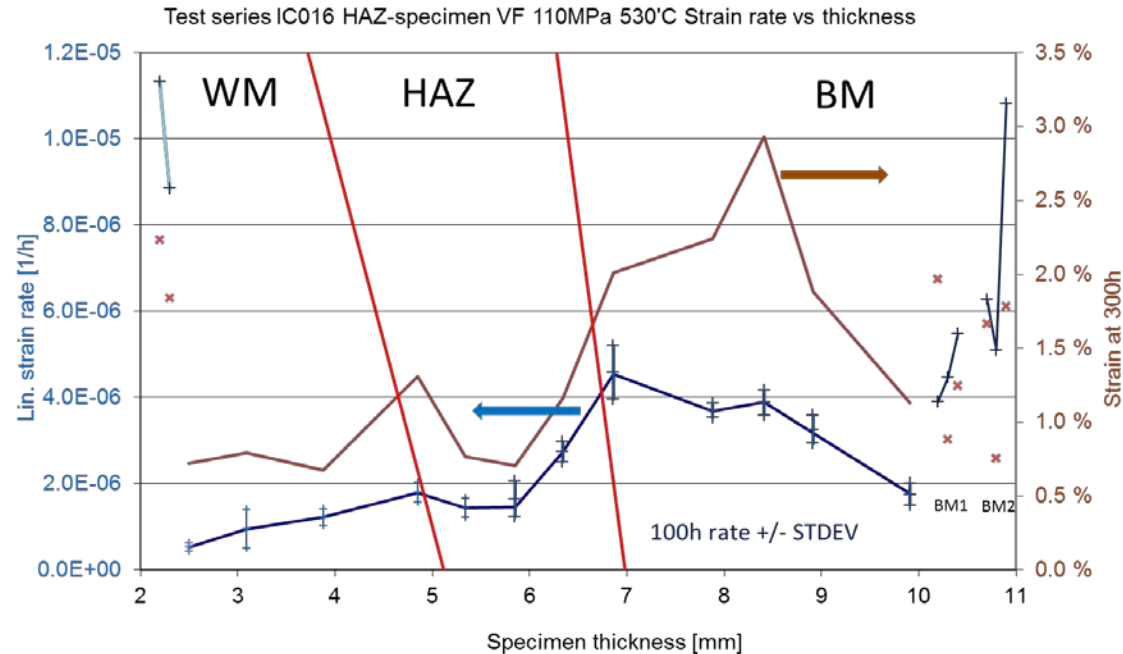
MR15: 5/2a

MR20: 2a-3bC

MR05: 1-3bC



► Weld creep data from Impression Creep (IC) testing



- Linear creep rate and strain at 300 h vs. impression creep specimen thickness.

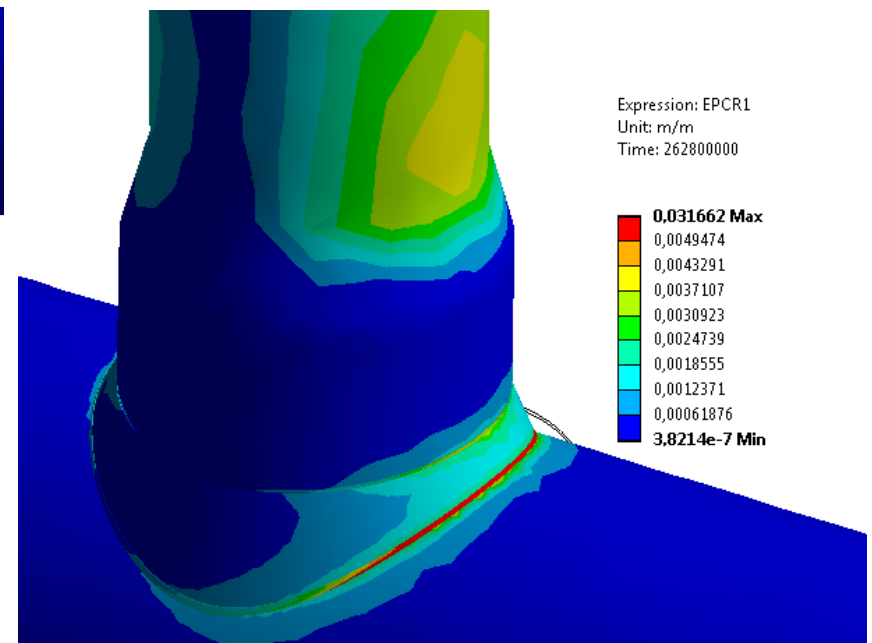
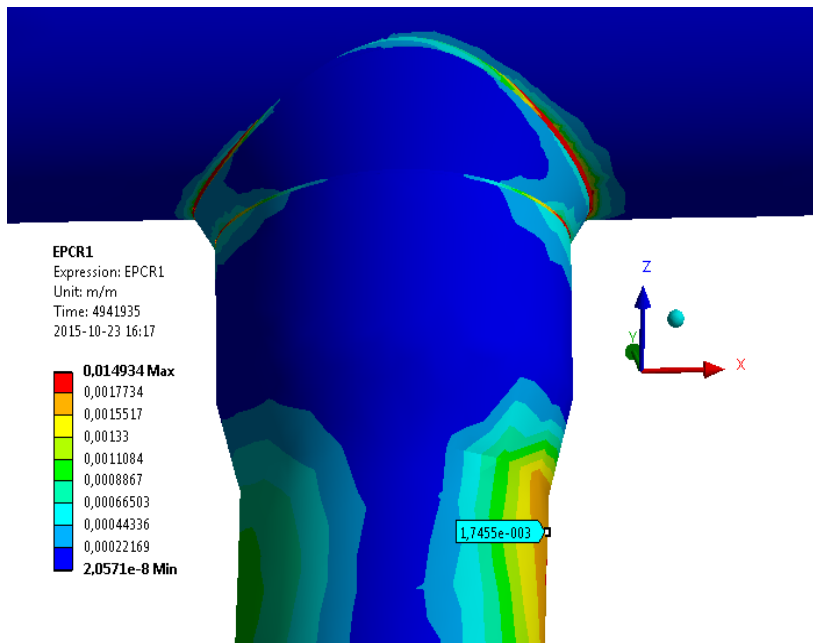
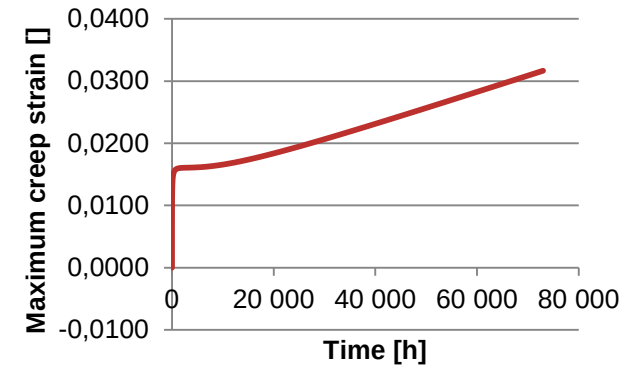
► System analysis – creep life evaluation with different material models

Model No.	Description	B	n
1	EN 10028-2	4.92E-17	5.08
2	EN 10028-2 – lower bound (20 %)	1.53E-16	5.08
3	LSCP data (logistic creep strain prediction)	2.16E-17	5
4	IC testing- new unused material, base material data. Modell is assumed to have the same n value as evaluated from EN 10028-2.	7.46E-17	5.08
5	IC testing for a base material that has been in operation in Heleneholmsverket for 73 000 hours of operation.	1.64E-16	5.08

Model No.	1	2	3	4	5
Part in system					
MR15	0.085 %	0.26 %	0.029 %	0.13 %	0.27 %
MR20	0.1 %	0.29 %	0.042 %	0.15 %	0.31 %

Component analysis

- Creep strain distribution after 73 000 hours.
- Data from IC testing
- Observed creep damage in HAZs: 2000 cavities/mm² at one right angle. 2000 and 3000 cavities/mm² at the saddle points.



a) virgin material: max 1,5 % creep strain

b) actual service expose material : max 3,2 % creep strain

► Conclusions

The following conclusions can be drawn from the present study:

- A main steam pipe system with significant observed creep damage was tested and analysed.
- Impression creep testing with an innovative approach allowed the creep rates to be scanned from the base material across the HAZ to the weld metal by steps of 0.5 mm. The maximum creep rate was in the intercritical HAZ and 2.6 times higher than in the parent metal. The weld metal of the new weld was overmatching by a factor of two.
- Impression creep testing of parent and weld metals with 73 000 hours service exposure showed 3 and 6 times higher creep rates, respectively, than for corresponding materials in a virgin weld.
- The impression creep test results of virgin parent metal were consistent with uniaxial creep testing of the same material.
- Creep analysis of a main steam pipe system showed significant stress relaxation occurs after a relatively short service period. These effects cannot be covered by an elastic analysis, such as a Caepipe analysis.
- Creep analyses of a main steam pipe system including starts and stops resulted in higher levels of creep strain than without the starts and stops. In addition, the positions where the highest strains occurred were not the same. Identification of critical positions with critical positions by elastic pipe system analysis, which is quite common today, should therefore be carried out with some caution.

► Conclusions

- Creep analysis of the main steam piping was carried out with creep data from standards and from the impression creep test results. Creep test results of new material and standard data gives similar creep strains in the system, approximately 0.1 % after 178 000 hours. The same analysis but with use of creep tests results of service exposed material and with lower bound standard data resulted in 0.3 % creep strain.
- A component model of a T-piece where system stress can be superimposed to internal pressure was developed successfully.
- A branch weld was then included in the model of the T-piece. The relative differences of creep rates between parent metal, HAZ and weld metal that was obtained by the impression creep testing was used in the model for simulations of service exposure.
- There was a quite good agreement between simulated creep strain distribution after 73 000 hours in service and observed creep damage in the real T-piece after the same time in service.

Future work

- Model of the entire pipe system for full verification of the models.
- Extend the testing of HAZ with small punch testing to obtain tertiary creep and ductility data.
- Introduce primary creep in the model. In SEBRA project M39197 it was found that primary creep has a significant importance in case of creep relaxation.
- Integrate component modelling in to the system model.

 **Thank you for your attention**

▶ TRUST & QUALITY www.inspecta.com

TUNGMETALLJONBYTARE FÖR RENING AV RÖKGASKONDENSAT

- Presentation vid Energiforsk 2016 – Magnus Svensson

Värmeforsksprojekt

- Del 1 - Benchmarking

- Intervjuade anläggningar: Staffanstorp, Kalmar, Hässleholm, Händelö, Tekniska Verken, Sysav, Mälarenergi, Nyköping, Karlskoga, Skövde, Sundsvall

- Del 2 - Pilotförsök

- Testade jonbytare: Lewatit TP 207 och Resinex CH-23 (2+), Lewatit TP 214 (Hg), Bayoxide E33 och Lewatit FO 36 (As), Lewatit S 108 (avhårdare)

Pilotriggen

Diameter: 75 mm

Höjd: 1500 mm

Massavolym: 3,5 liter

Flöde: 35 liter/h

Förfilter: 10 μm



Pilotförsöket

- 80 cm bäddhöjd → inga randeffekter
- Kondensat från avfallsförbränningsanläggning och samförbränningsanläggning
- Provtagning före/efter alla jonbytare
- Analys av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn mm
- Analysproblem vid låga halter

Analysproblem

	Detektions- gräns µg/liter	Händelö- kondensat µg/l	Sysav- kondensat µg/l	Dricksvatten- normer µg/liter
As	0,5	1,4	3,6	
Cd	0,05	<0,05	7,7	5
Cr	1	1,6	2,0	50
Cu	1	2,7	27	2000
Hg	0,02	4,0	13	1
Ni	0,5	2,6	0,9	20
Pb	0,5	1,9	50	10
Zn	5	120	2200	-

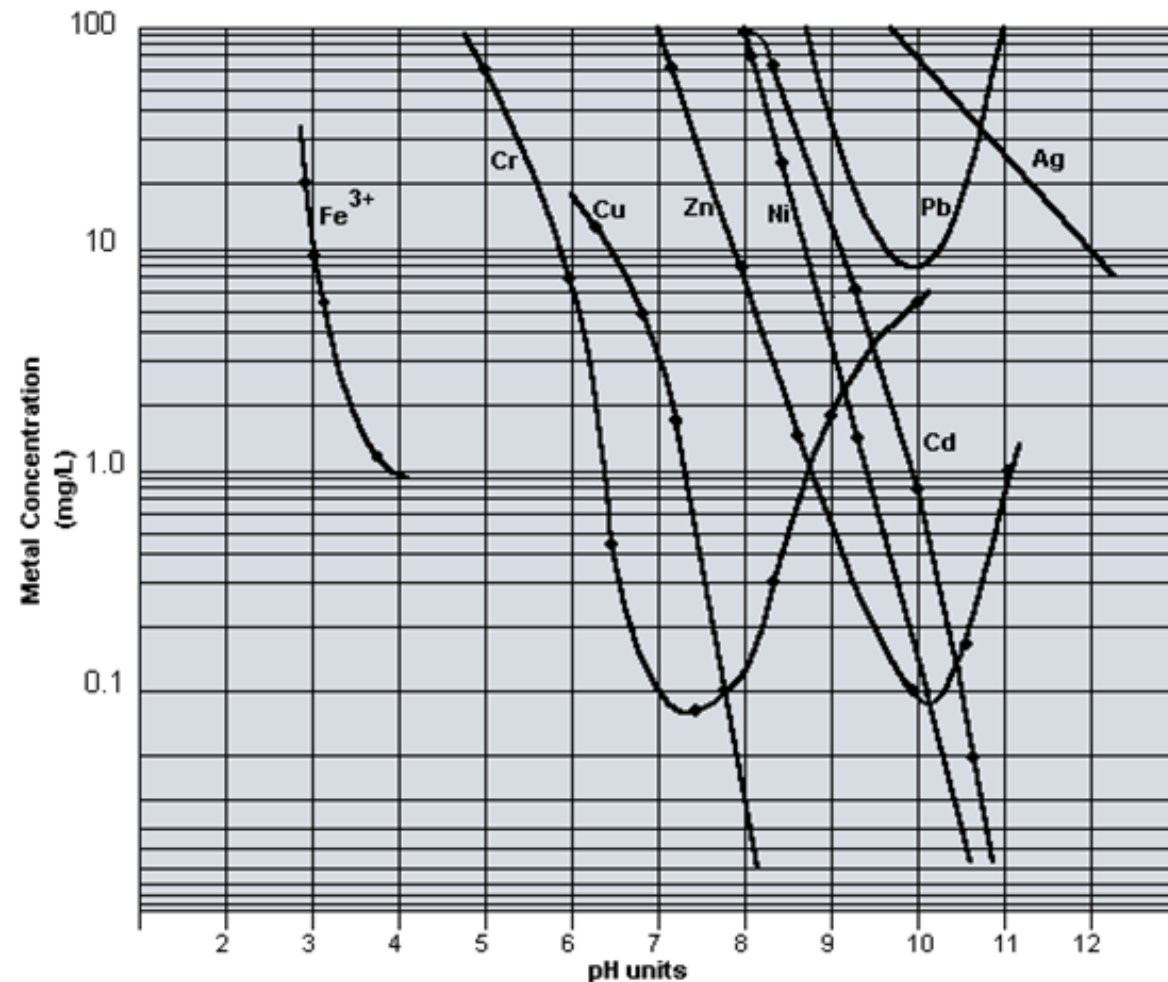
Undersökt pH-intervall

Pilotförsöks-pH:

Max pH 8 för att inte riskera OH-utfällning

Min pH 4 för att alla Tungmetaller ska fastna

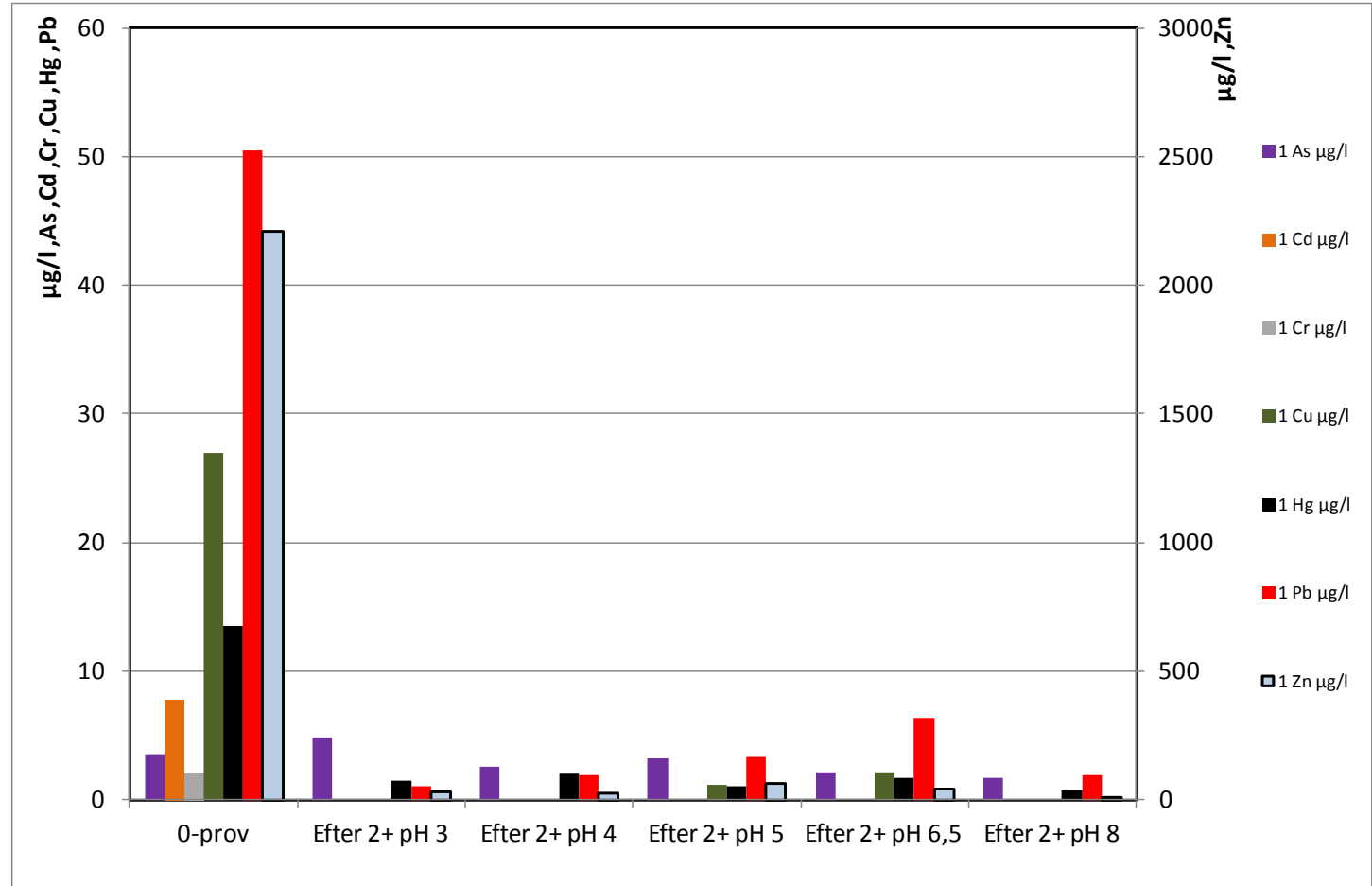
As-jonbytare min pH 5 för att inte järnoxid ska lösas upp



Jonbytarnas pH-beroende

Inget alls!

(inom intervallet pH 4-8)



Jonbytarnas selektivitet (teori)

Avhärtningsjonbytare:

$\text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{3+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+.$

2+-selektiv tungmetalljonbytare:

$\text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Hg}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cd}^{2+} >> \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Ba}^{2+} >>> \text{Na}^+ \text{ m fl alkalimetaller.}$

Hg-selektiv tungmetalljonbytare:

$\text{Hg}^{2+} > \text{Ag}^+ > \text{Au}^+ > \text{Pt}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Ni}^{2+}.$

As-selektiv massa:

Järnoxid som är selektiv för As-oxider (AsO_4^{3-} och AsO_3^{3-})

Jonbytarnas avskiljningsgrad (praktik)

2+-selektiv tungmetalljonbytare:

90-100% av 2+-tungmetaller (Cd, Cu, Pb och Zn)

40-90% av Hg

10-90% av As

Cd efter jonbytare $<0,05 \mu\text{g/liter}$ ($\sim 10 \mu\text{g/liter}$ före jonbytare)

Hg efter jonbytare $1-2 \mu\text{g/liter}$ ($\sim 10 \mu\text{g/liter}$ före jonbytare)

As efter jonbytare $1-3 \mu\text{g/liter}$ ($4 \mu\text{g/liter}$ före jonbytare)

Jonbytarnas avskiljningsgrad (praktik)

Hg-selektiv tungmetalljonbytare:

90-100% av Hg

90-100% av 2+-tungmetaller (Cd, Cu, Pb, dock ej Zn)

10-70% av As

Hg efter jonbytare 0,2-0,3 µg/liter (ibland <0,02 µg/liter)

Cd efter jonbytare <0,05 µg/liter

Jonbytarnas avskiljningsgrad (praktik)

As-selektiv massa:

90% av As

90-100% av 2+-tungmetaller (Cd, Cu, Pb och Zn)

50-70% av Hg

As efter jonbytare $<0,5 \mu\text{g/liter}$ ($4 \mu\text{g/liter}$ före jonbytare)

Cd efter jonbytare $<0,05 \mu\text{g/liter}$ ($\sim 10 \mu\text{g/liter}$ före jonbytare)

Jonbytarnas avskiljningsgrad (praktik)

Avhärtningsjonbytare:

90-100% av 2+-tungmetaller (Cd, Cu, Pb och Zn)

60-90% av Hg

20-40% av As

(rökgaskondensaten innehöll <1 mg/l Ca, dvs tungmetallerna hade inte så stor konkurrens från Ca → god möjlighet till inbindning av tungmetaller till jonbytaren i stället)

Jonbytarnas kapacitet (teori)

	Av leverantör angiven kapacitet	Kapacitet omräknad till g Zn ²⁺ /liter (M _w =65 g/mol)
2+-jonbytare		
Lewatit TP 207	2,2 ekvivalenter/liter	70 g Zn/liter
Resinex CH-23	0,6 ekvivalenter Cu/liter	20 g Zn/liter
Purolite S930	45 g Cu/liter (=1,4 ekv Cu/liter)	45 g Zn/liter
Hg-jonbytare		
Lewatit TP 214	1 ekvivalent/liter	30 g Zn/liter
Purolite S920	200 g Hg/liter (=2 ekvivalenter Hg ²⁺ /liter)	60 g Zn/liter
Tulsion CH-97	150 g Hg/liter (=1,5 ekvivalenter Hg ²⁺ /liter)	45 g Zn/liter
As-massa/jonbytare		
Bayoxide E33	2% As	*
Lewatit FO 36	3,5-4 g As/liter	**
Avhärtningsjonbytare		
Lewatit S 108	2,2 ekvivalenter/liter	70 g Zn/liter

*Info från Kati Koskela, Lanxess

**Info från Stefan Andersson, Lanxess

Jonbytarnas kapacitet (praktik)

Jonbytarna analyserades efter pilotförsöken

- De innehöll bara kring 0,1-1 g tungmetaller per liter massa
- Detta är långt från mättnad (tumregel för 2+-jonbytare: 20 g/l)
- Det mesta var Zn, eftersom kondensaten innehöll mest Zn

Kondensat före jonbytare:

- Händelökondensat: 100 µg/l Zn, 1-10 µg/l övriga tungmetaller
- Sysavkondensat: 2000 µg/l Zn, 50 µg/l Pb, 1-10 µg/l övriga

Jonbytarnas kapacitet (praktik)

Mälarenergi har analyserat mättad Hg-jonbytare

- Jonbytarmassan innehöll 5-7 g tungmetaller per kg TS
- Tungmetallerna var huvudsakligen Hg och Cu

Fler analyser mottages tacksamt!

barbara.goldschmidt@grontmij.com

Ange jonbytartyp/namn och provtagningsställe (uppe/nere i kolonnen?), livslängd samt kondensat (bio/avfall?)

Jonbytarnas kapacitet (praktik)

Och slutligen:

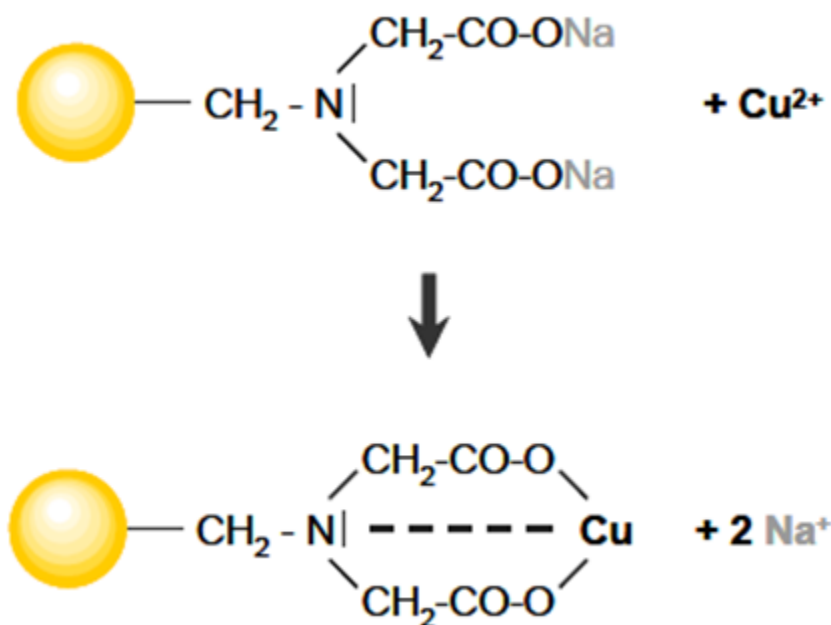
Igenslamning på grund av otillräcklig förfiltrering kan förkorta jonbytarmassans livslängd

Tungmetalljonbytare och TMT 15

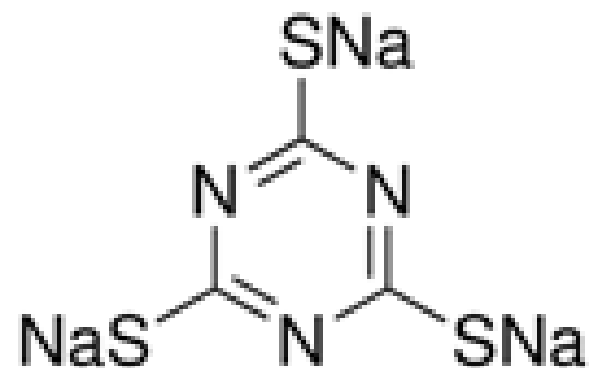
2+-jonbytare som polisfilter efter fällningssteg

→ konkurrens mellan två starka komplexbindare

IDA



TMT 15



Tungmetalljonbytare och TMT 15

Resultat från pilotförsöken:

- TMT 15 störde tungmetallinbindningen till 2+-jonbytare
- TMT 15 störde inte tungmetallinbindningen till As-jonbytare

Vid låga resthalter av TMT 15 kan tungmetall-jonbytare fungera som polisfilter trots detta

- om tungmetallhalterna är så höga att TMT 15 inte "räcker till" för att hindra all inbindning
- om man väljer As-jonbytare i stället för 2+-jonbytare

Tungmetalljonbytare för rening av rökgaskondensat

Rapport tillgänglig på www.energiforsk.se

Författare:

Barbara Goldschmidt, Per-Olof Johansson, Henrik Olsson, Magnus Svensson (Grontmij)

Deltagare i pilotförsöken:

Magnus Svensson (Grontmij), Eurowater, Alstom, Sysav, Händelöverket, Evonik

Intervjuade anläggningar:

Staffanstorp, Kalmar, Hässleholm, Händelö, Tekniska Verken, Sysav, Mälarenergi, Nyköping, Karlskoga, Skövde, Sundsvall

A wide-angle photograph of a long, multi-lane bridge stretching across a body of water towards the horizon. The sky is filled with soft, orange and yellow clouds, indicating a sunset or sunrise. The bridge's structure, including its supports and railings, is visible on the left side of the frame.

SWECO



Online-analys av heta påslag vid förbränning

Davidsson, K., Ryde, D.
SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



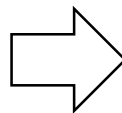
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Disposition

- Bakgrund
 - Påslag
 - Traditionella mätmetoder
 - Andra möjligheter
 - Mål
- Experiment
 - Sonden
 - Sintran
 - Försök (bränslen, exponeringstider, mätningar m.m.)
- Resultat
- Slutsatser

Bakgrund - påslag

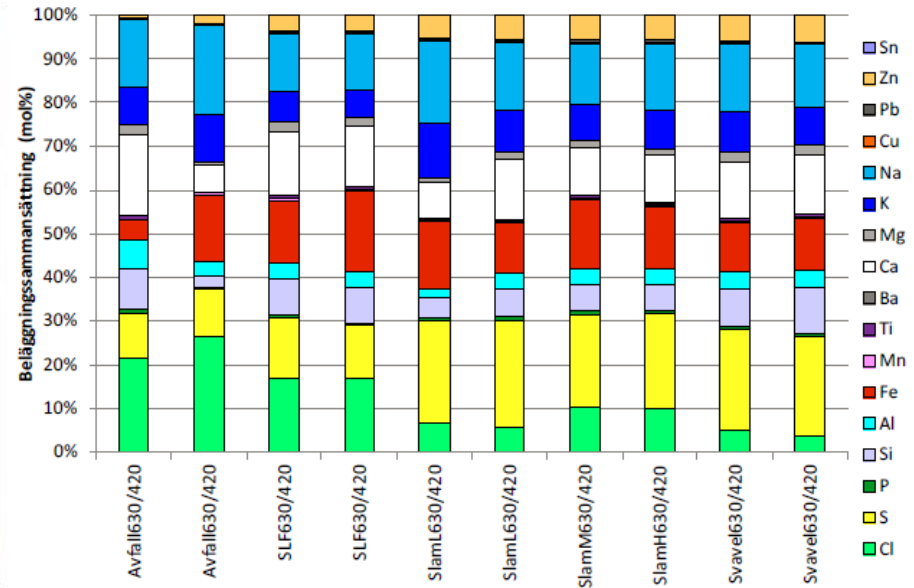
Påslag: alkalisalter i gasfas



- Korrosion
- Minskad värmeöverföring
- Ökat fläktarbete

Bakgrund – traditionell sond

Exponering av metallring – analys av påslag efter X h.



[Waste Refinery rapport 47]

- + Noggrann kemisk analys
- Upplösning över ringens yta och radiellt är svårt
- Upplösning över tid är mkt svårt/omöjligt

Bakgrund – andra möjligheter

Handhållen XRF (röntgenfluorescens)

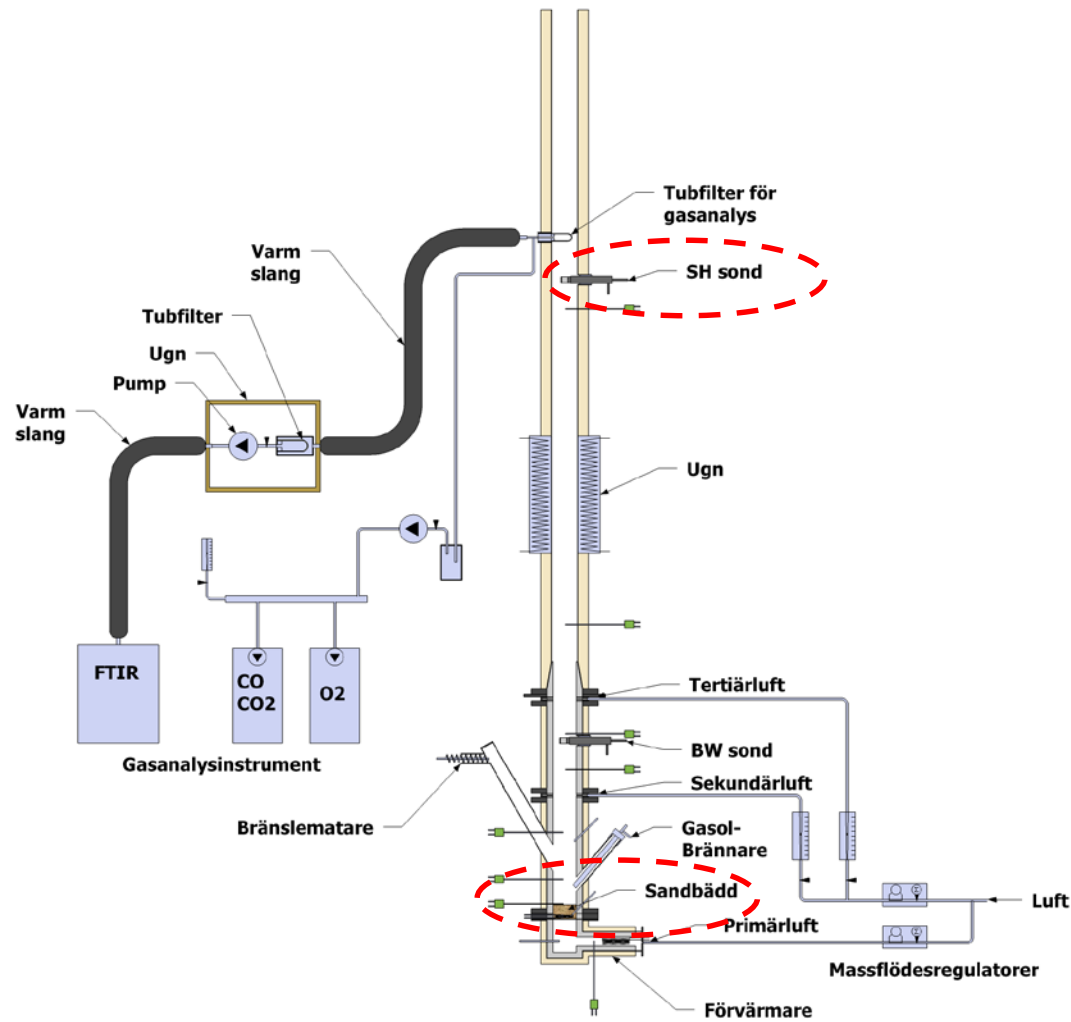


- + Tidsupplöst mätning
- + Snabb mätning, sekunder
- Mindre exakt än i lab
- Sonden måste tas ut

Bakgrund - mål

- att bestämma elementarsammansättningen för påslaget över tid
 - Sondtemperaturen få avvika max 50 °C.
 - Tidsupplösning 15 min i 6-7 h
 - XRF-mätning endast på vindsidan
- att föreslå mekanismer som förklarar elementarsammansättningen

Experiment - anläggningen

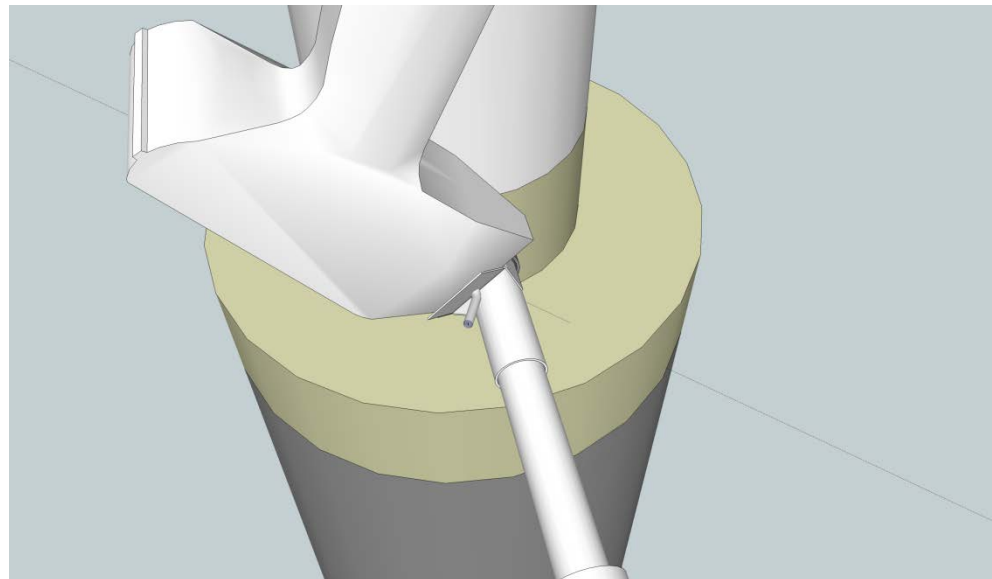
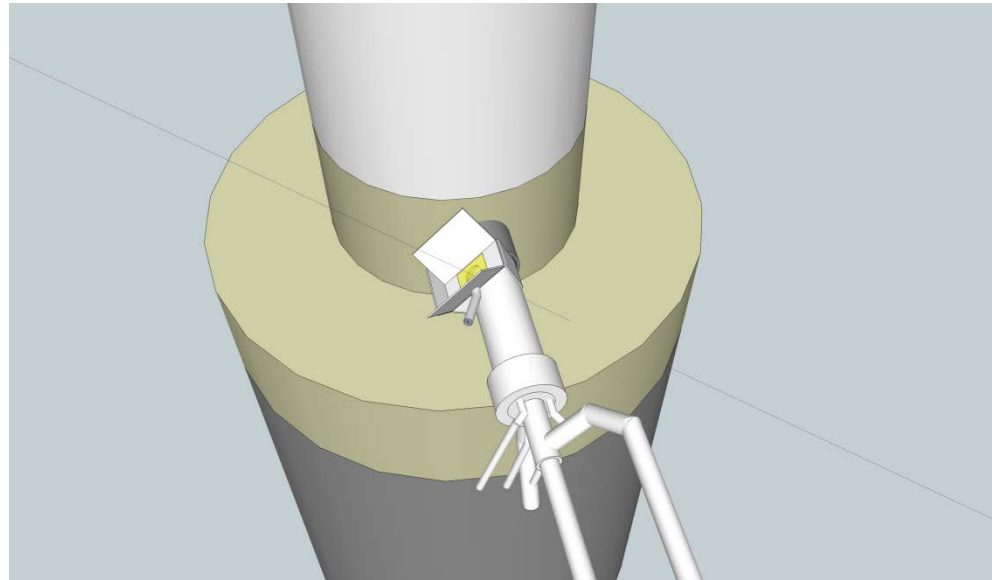


Experiment - sonden

Hylsa



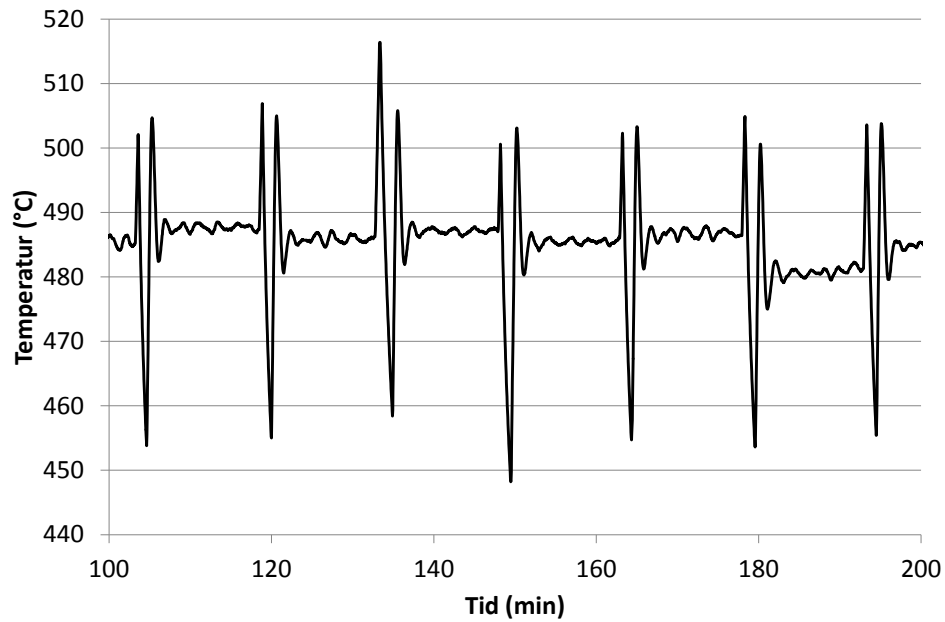
Hylsa med sond



Experiment - försöksmatris

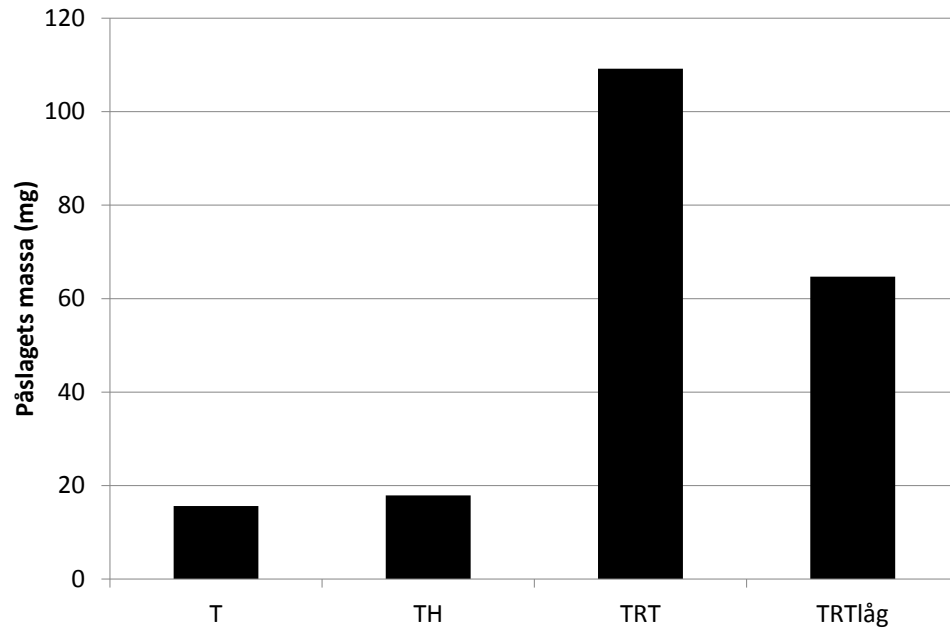
bränsle	provets yttemperatur (°C)
träpellets	500
träpellets + 5% halmpellets	500
träpellets + 50% returträpellets	500
träpellets + 50% returträpellets	300

Resultat - temperaturfluktuationen



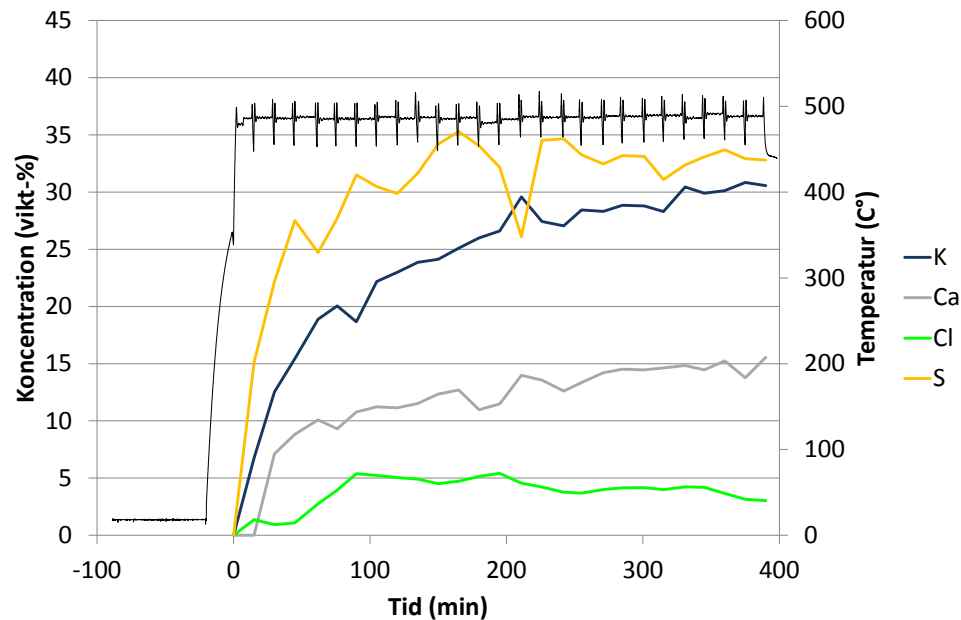
< 50 °C

Resultat – påslagen



Resultat – tidsupplöst mätning

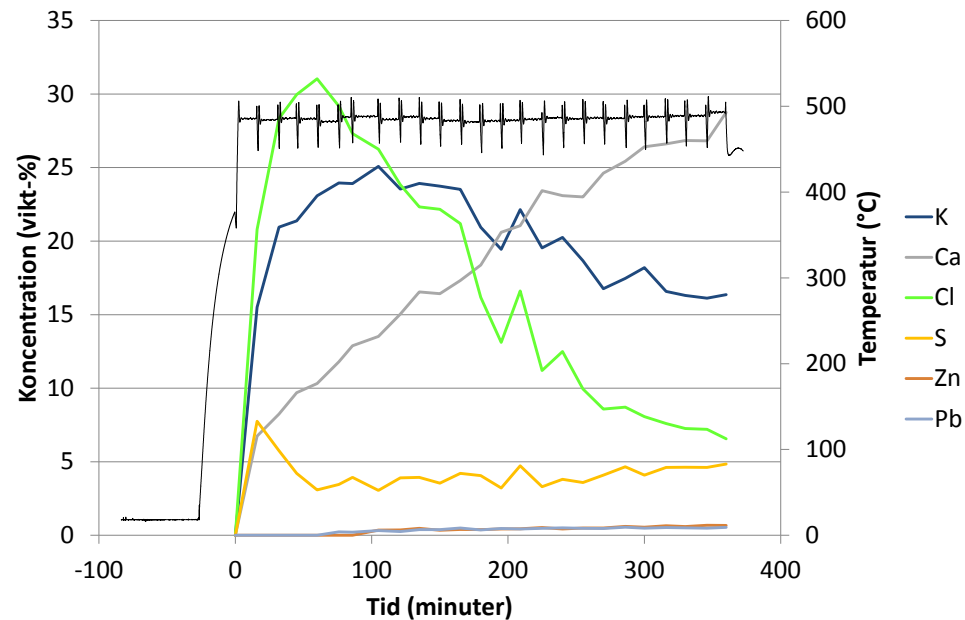
trä 500 °C



- lite Cl, träbränsle
- Mkt S, stämmer med labanalys
- Ca-påslag fördröjt

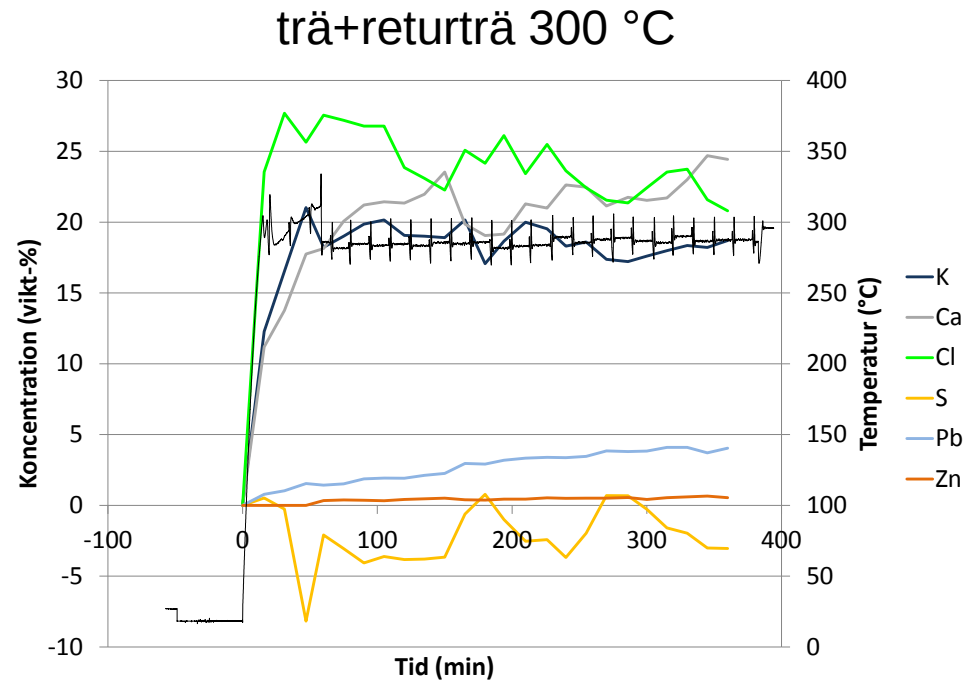
Resultat – tidsupplöst mätning

trä+returträ 500 °C



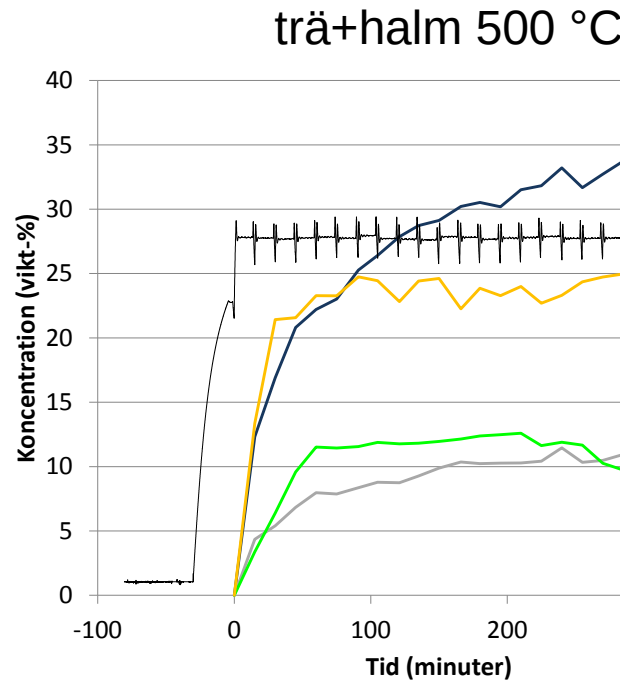
- mkt K och Cl
- Cl närmast ytan
- Ca tillväxer långsammare

Resultat – tidsupplöst mätning



- temperaturen spelar roll
- mkt K, Cl och Ca
- Pb
- inget S

Resultat - tidsupplöst mätning



- påslagets utveckling väntad (jfr. fallet trä 500 °C)
- Cl ångas bort snabbt vid temperaturhöjning

Slutsatser – själva metoden

- Det fungerar.
- Tidsupplösningen tillräcklig för processer över timmar: online.
- Tidsupplösningen otillräcklig för de första 15 min.
- Koncentrationen uppmätt med XRF måste tolkas
 - Kunskap om instrumentets funktion

Slutsatser - mekanismer

Trä

1. K-förening
2. Ca (dvs. flygaska) fastnar i påslaget

De andra bränslena

- Ovanstående mekanism kan vara fallet.
- Cl närmast ytan – korrosion.

Cl kan avlägsnas från påslagen genom ökad temperatur

TYST KUNSKAP och KOMPETENS

Anna-Lisa Osvalder

Professor i Människa-maskinsystem

Univ. lektor i Ergonomi

Avdelning Design & Human Factors

Institutionen för Produkt- och
produktionsutveckling

CHALMERS, Göteborg

alos@chalmers.se



CHALMERS



MÄNNISKAN I KOMPLEXA TEKNISKA SYSTEM



PROCESS-
INDUSTRI



KÄRNKRAFT



INTENSIVVÅRD



OPERATION



FARTYG



FLYGLEDNING



FLYG



FORDONSMILJÖER



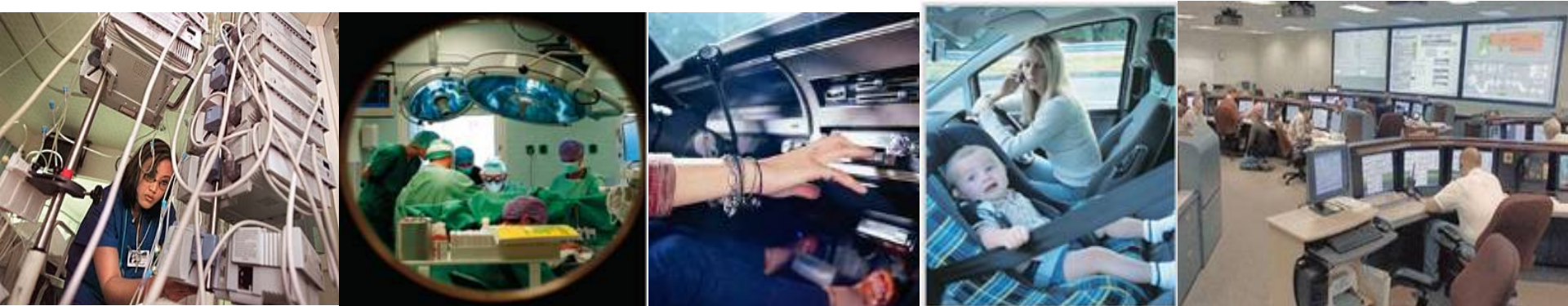
TRAFIKMILJÖER



Forskargruppen för Människa-maskinsystem

Utveckla metodik och kunskap om
relationen mellan **människa** och **teknik** för att kunna:

- Värdera teknik och system
- Förutse teknikens konsekvenser för människan i systemet
- Utveckla ergonomiska och användarvänliga produkter/system för ökad effektivitet, säkerhet och välbefinnande



Tyst kunskap och kompetens

Generellt om området &
specifikt för processtyrning

Anna-Lisa Osvalder, Chalmers



Projektet om tyst kunskap

- **Titel:** Utveckling av metod för att överföra erfarenheter från processtyrning
- **Syfte:** Uppnå effektivare och säkrare drift
- **Mål:** Metodik för att hitta tyst kunskap och överföra den till organisationen
- **Praktik:** Göteborg Energi – fjärrvärme
- **Metod:** Litteraturstudie
Organisation: Workshop, e-post, telefon
Kontrollrumsarbete:
observation, intervju, enkät



Kunskap och kompetens

Kunskap är en blandning av:

- Erfarenhet
- Sammanvägd information
- Insikt

Kunskap kan delas upp i:

- Explicit (uttalad) – att veta
- Implicit (outtalad) – att kunna
- Ofta sägs kunskap vara 'veta att' & kompetens 'veta hur' (inte beroende)



Explicit & Implicit kunskap

Explicit:

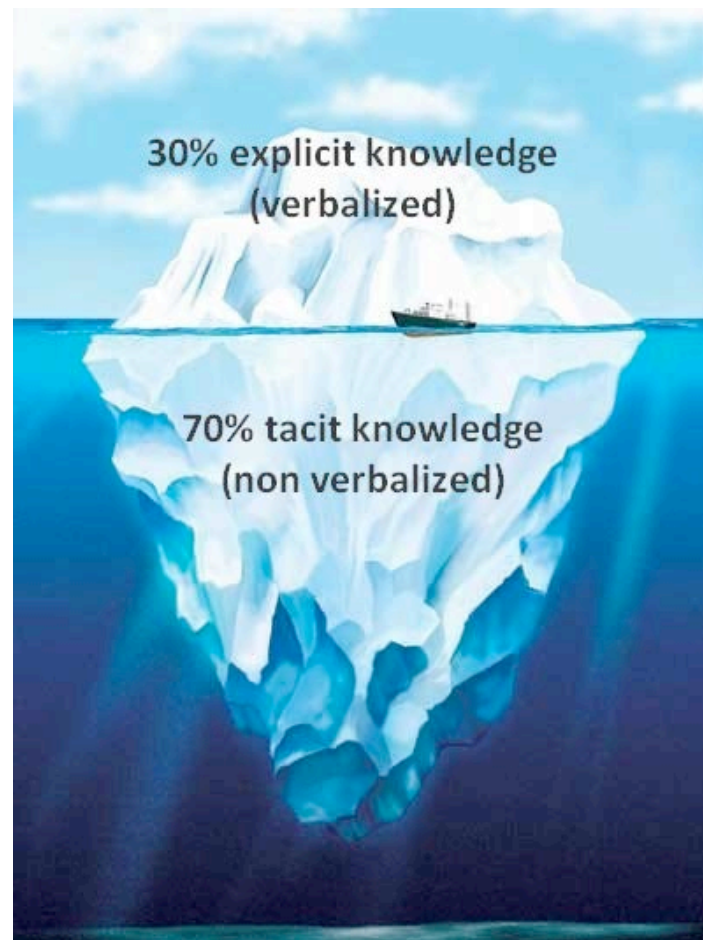
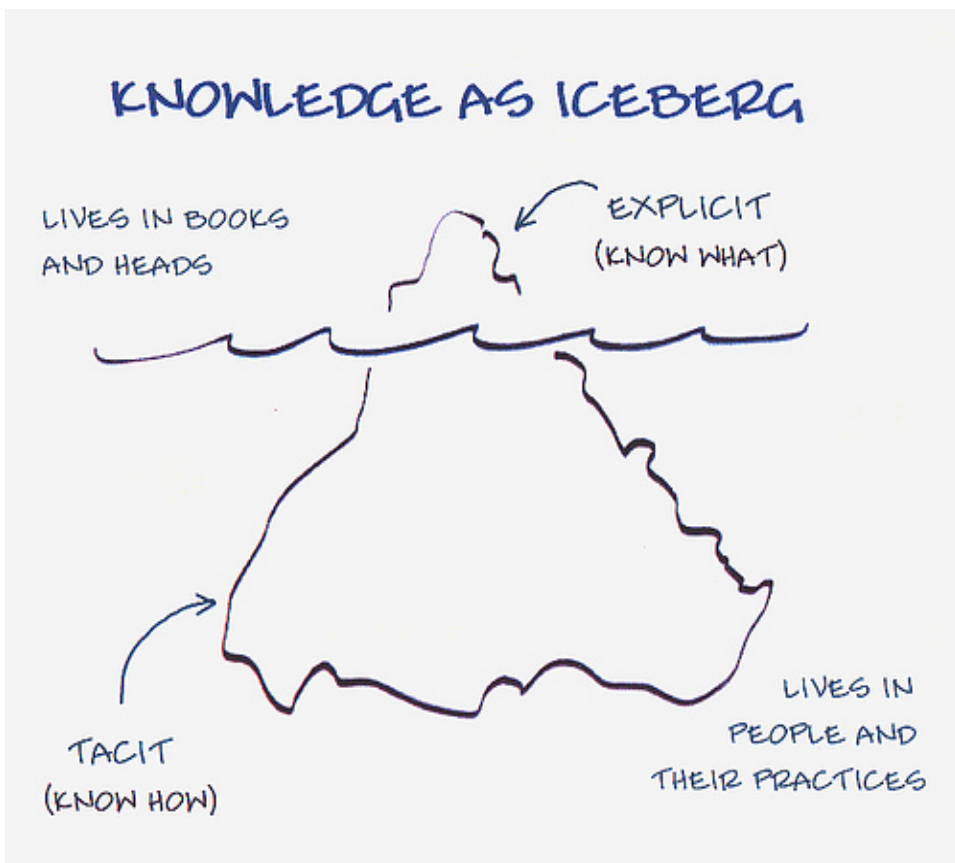
- Kan verbaliseras i tal och skrift
- Erhålls genom aktivt sökande & utbildning
- Medveten om vad man kan!

Implicit (tyst):

- Svår att förklara utan att visa
- Erhålls genom övning & erfarenhet
- Omedveten om vad man kan!

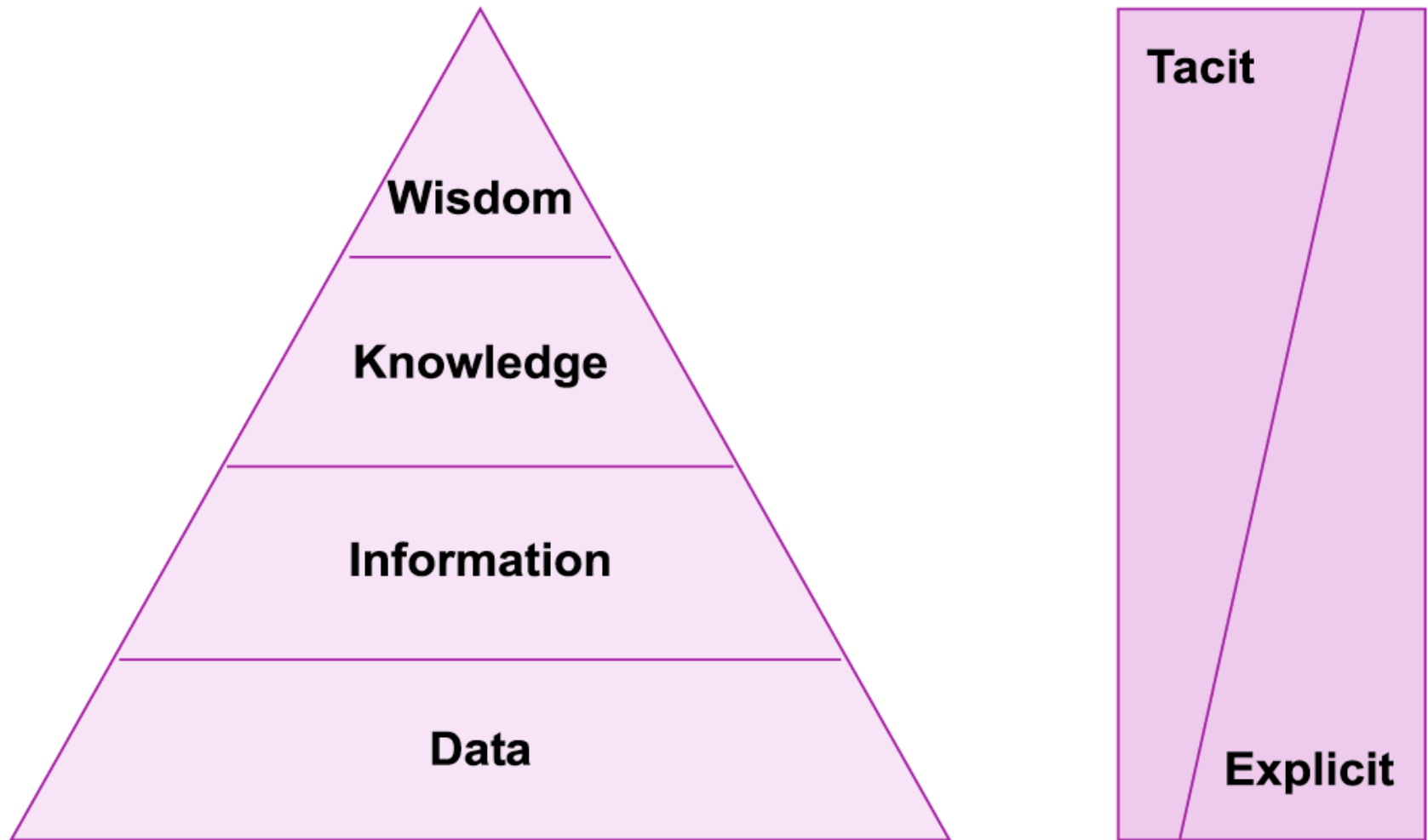


Kunskap som ett isberg



Implicit kunskap	Explicit kunskap
Tyst	Uttalad
Dold	Öppen
Underförstådd	Definierad
Informell	Formell
Praktisk	Teoretisk
Veta hur	Veta att
Kunna göra	Veta hur man gör
Sunt förnuft	Akademisk
Individuell	Icke individuell
Personlig	Formell utbildning
Komplex	Enkel
Intuition	Fakta
Lokal	Spridd
Procedurer	Deklarativ
Ej kodad	Kodad

Från explicit till implicit kunskap



Understanding: The basis of the conversion process

Tyst & Dold kunskap

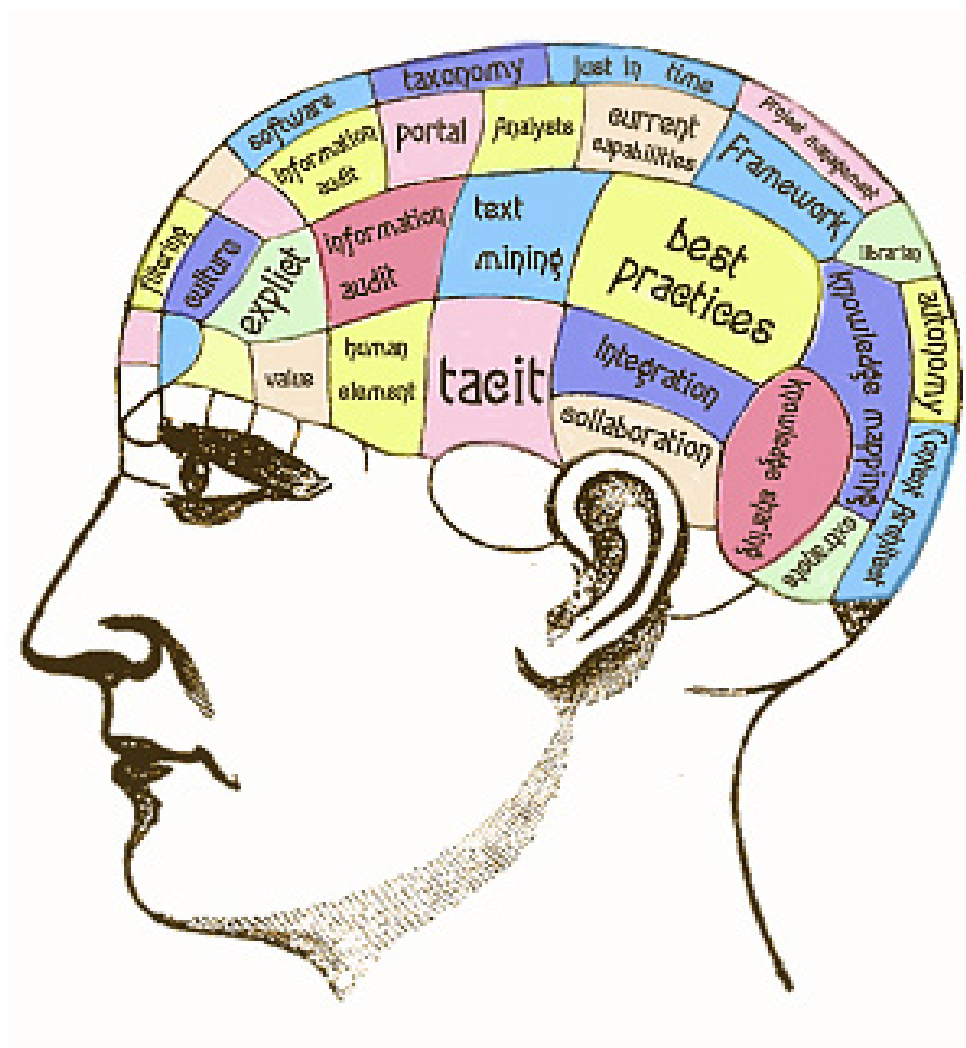
Tyst: Kunskap som individen inte **kan** uttrycka

Dold: Kunskap man inte **vill** uttrycka

- Egen vinning
- Om offentlig medför det negativa konsekvenser
- Hittat genvägar som bryter mot regler



Mer om tyst kunskap



Tyst kunskap



- Allt som en person vet minus det som kan uttryckas i tal & skrift
- Förvärvas genom handling, utförande, reflexion
- Kontextspecifik & personlig
- Två dimensioner: Kognitiv & teknisk (hur)
- Lagrad i episodiska (miljö) eller motoriska minnet
- Abstrakt kod (auditiv, visuell, haptisk) – svårt verbalisera
- Mentala modeller: paradigm, perspektiv, övertygelser, visioner
- Recognition Primed Decision Making via erfarenhet, intuition, magkänsla

Metoder för kunskapsöverföring



Lyckad kunskapsöverföring behöver:

- Förståelse från ledningen
- Tillåtande klimat
- Integrerad del i arbetsprocesser
- Sociala aktiviteter (fikapauser, aktiviteter utanför arbetstid)
- Personliga kontakter
- Mindre grupper
- Trygghet
- Nätverk
- Interaktion
- Förtroende
- Erfarenhet
- Reflektion
- Dialog
- Tillräcklig tid
- Intresse av inblandade parter
- Informationsteknologi
- Pedagogisk kompetens vad gäller överföringsmetoder

Explicit kunskapsöverföring

- Litteratur
- Handböcker
- Dokument
- Instruktioner
- Checklistor
- Incidentrapportering
- Registrering av onormala händelser med lösningar
- Registrering av lyckade knep och strategier
- Formell utbildning
- Fortbildning
- Nyrekrytering
- Föreläsningar
- Seminarier och konferenser
- Informationsblad



Implicit kunskapsöverföring

- Mentorskap
- Coaching
- Lärlingskap (teori, praktik och kontext sammanlänkade)
- Observation
- Simulatorträning (enskilt eller samarbete i grupp)
- Praktik: Verklig interaktion med systemet i rätt miljö
- Fokusgrupper
- Brainstorming-möten
- Arbetsrotation
- Rollspel (lärare-elev)
- Scenarioanalys av sällan förekommande händelser
- Diskussionsforum: hur löstes verkliga akuta händelser
- Community of practice (praktikgemenskap på arbetet)
- Informella sammanhang (korridorprat, fikapauser)
- Sociala nätverk

Projektet Tyst kunskap - Processindustri



Processtyrning

- **Kontrollrum:** Socio-tekniskt system – teknik, operatörer, organisatoriska element
- **Styrning** 24/7 i skift, erfarna operatörer
- **Komplex**, dynamisk process med variationer
- **Abstrakt**, ogenomskinlig process
- **Många informationsstöd** – fördröjd feedback
- **Krav på operatör:**
Rätt mental modell
Hög situationsmedvetenhet

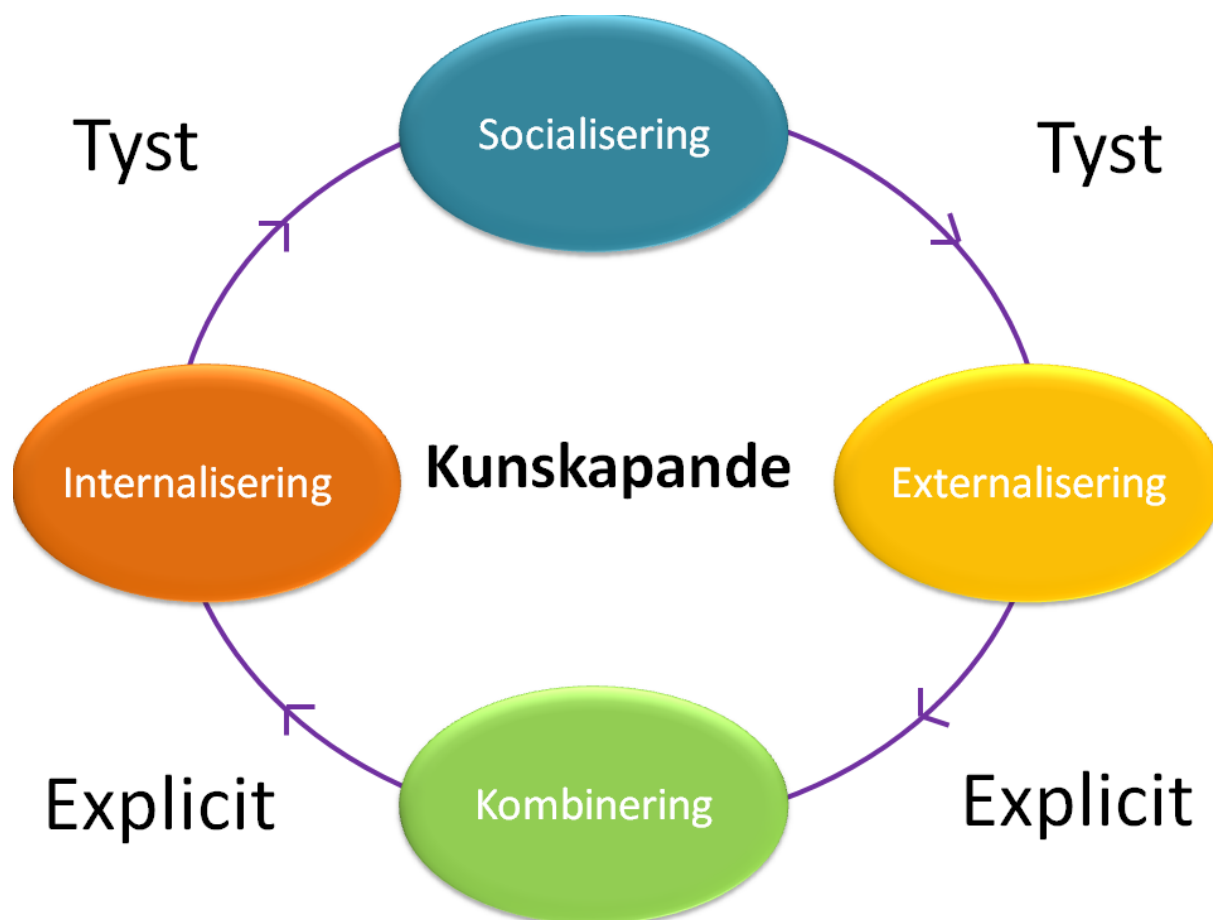


Resultat litteraturstudier

- Få organisationer använder formaliserade metoder för kunskapsöverföring.
- Sällsynt med utvärdering av kompetensöverföring och dess nytta
- Processindustri: endast kärnkraftsbranschen har infört kompetensöverföring
- Metod idag processindustri:
 - Lärlingskap och teamwork i skiftlag
 - Tar lång tid att utveckla expertis
 - Socialisering (ej för alla)



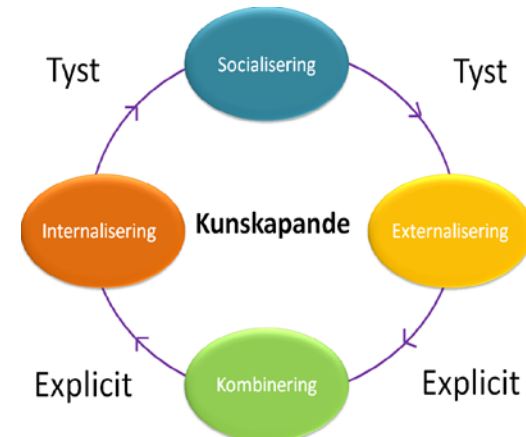
Modell: Kunskapsomvandling



Nonaka & Takeuchi (1995)

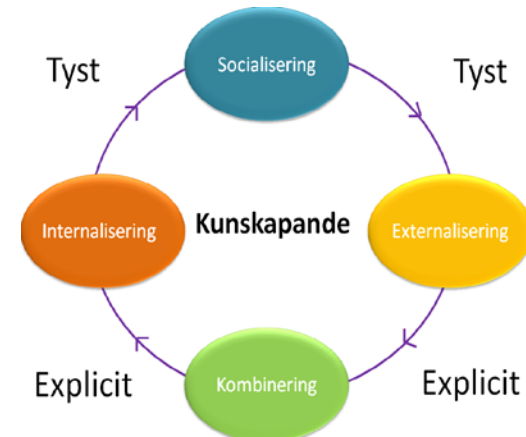
Socialisering

- Implicit kunskap överförs till implicit kunskap. Kunskap skapas genom utbyte av erfarenheter, genom att människor samarbetar kring arbetsuppgifter, informella möten eller samtal.
- När det gäller processtyrning pågår detta under arbete i skiftlagen i kontrollrummet eller vid lärlingskap.



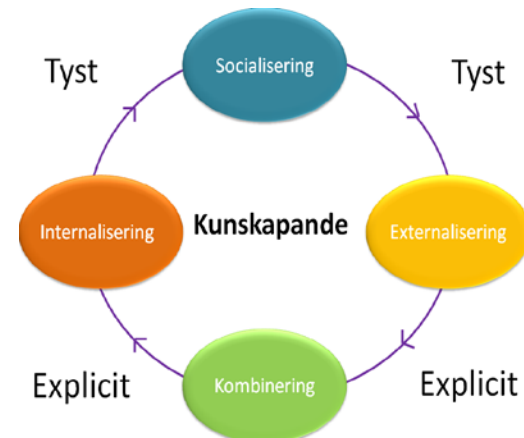
Externalisering

- Implicit kunskap övergår till explicit kunskap. Detta medför att tyst kunskap blir till uttalad kunskap, då den verbaliseras och dokumenteras på lämpligt sätt.
- Inom processtyrning kan detta göras genom att tänka högt metodiken används när man genomför arbete i kontrollrummet.



Kombinering

- Explicit kunskap övergår till ännu mer explicit kunskap. Sorterar/kombinerar/adderar befintliga kunskaper, så ny och ytterligare kunskap kan spridas genom dokument, checklistor, e-post etc. Nya perspektiv på kunskapen kan uppstå när flera kunskapskällor sammanfogas och analyseras.
- När det gäller processtyrning innebär detta att man skapar en helhetsbild av processen och undviker specialisering inom avgränsade områden.



Internalisering

- Explicit kunskap övergår till implicit kunskap. 'Learning by doing' via befintliga dokument, manualer och litteratur. Kunskapen förankras i beteenden & procedurer och då tar den ursprungliga kunskapen/dess källa form av implicit kunskap.
- Inom processtyrning handlar det om att manualer, dokument & litteratur använts i utbildning/vidareutbildning av operatörer



Fyra förutsättningar för lyckad kunskapsöverföring - processindustri

- Intresse och resurser från organisationen
- Möjlighet att genomföra inläring i verklig miljö (kontrollrumsliknande)
- Tillgång till sparad data från informations- och beslutsstöd vid driftsstörningar
- Motiverad erfaren driftspersonal med verbala förmågor och intresse av att dela med sig av dela sin kunskap till andra



Resultat intervju/enkät/observation

- Förlitar sig allra mest på egen och kollegors kompetens och (långa) erfarenhet
- Det finns mycket tyst kunskap och kompetens lagrad hos de enskilda operatörerna och i skiftlagen
- Denna kunskap finns inte tillgänglig för andra operatörer/skiftlag
- Ej heller dokumenterad och åtkomlig inom organisationen

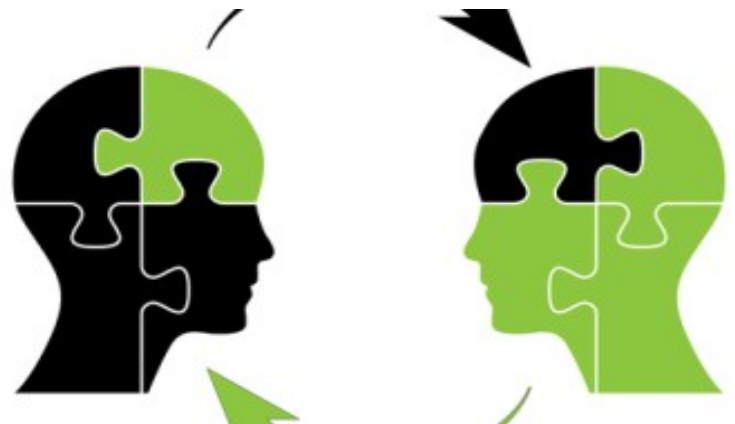


Olika beslutstöds bidrag till processtyrningen

Typ av stöd	Bidrag (%)
Andras och egen erfarenhet (veta hur)	27
Teoretisk kunskap om nätet (veta att)	15
Skärmbilder	19
Prognoser	11
Sinnesintag och intuition	10
Organisation (driftmöten)	10
Kultur (spontant utbyte av erfarenheter)	8
-----	-----
SUMMA:	-
	100

Metodik för kunskapsöverföring

1. Kartlägga arbetssituationen
2. Hitta kunskapen
3. Överföra kunskapen
4. Dokumentera kunskapen



Kartlägga arbetssituationen

1. Kartlägga situationen

- Arbetsuppgifter
- Expertis
- Informationskällor & beslutsstöd
- Driftstörningar och scenarier



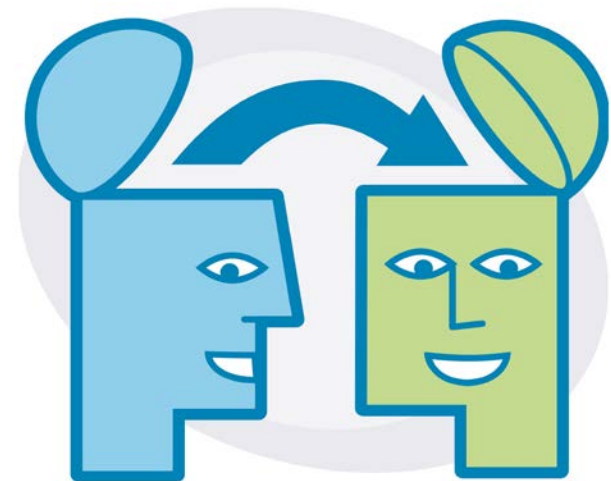
2. Metoder för att hitta tyst kunskap

- Fånga operatörens mentala modell och SA (situation awareness) över hur det dynamiska systemet fungerar
- Hitta ledtrådar & mönster som används i olika driftlägen för att predicera om framtid
- Vilka tumregler används vid styrningen?
- Observationer i kontrollrummet
- Tänka-högt metodik under arbetet
- Scenarioanalys av driftstörningsfall (workshop)



3. Metoder för att överföra tyst kunskap

- Scenarioanalys av driftstörningar i grupp
- Scenarioanalys via rollspel lärare/elev (erfaren operatör-nyanställd)
- Spontana metoder som inte kräver förberedelse:
 - lärlingskap
 - arbetsrotation i skiftlag
 - sociala aktiviteter
- Bara SOCIALISERING?
(tyst till tyst kunskap)

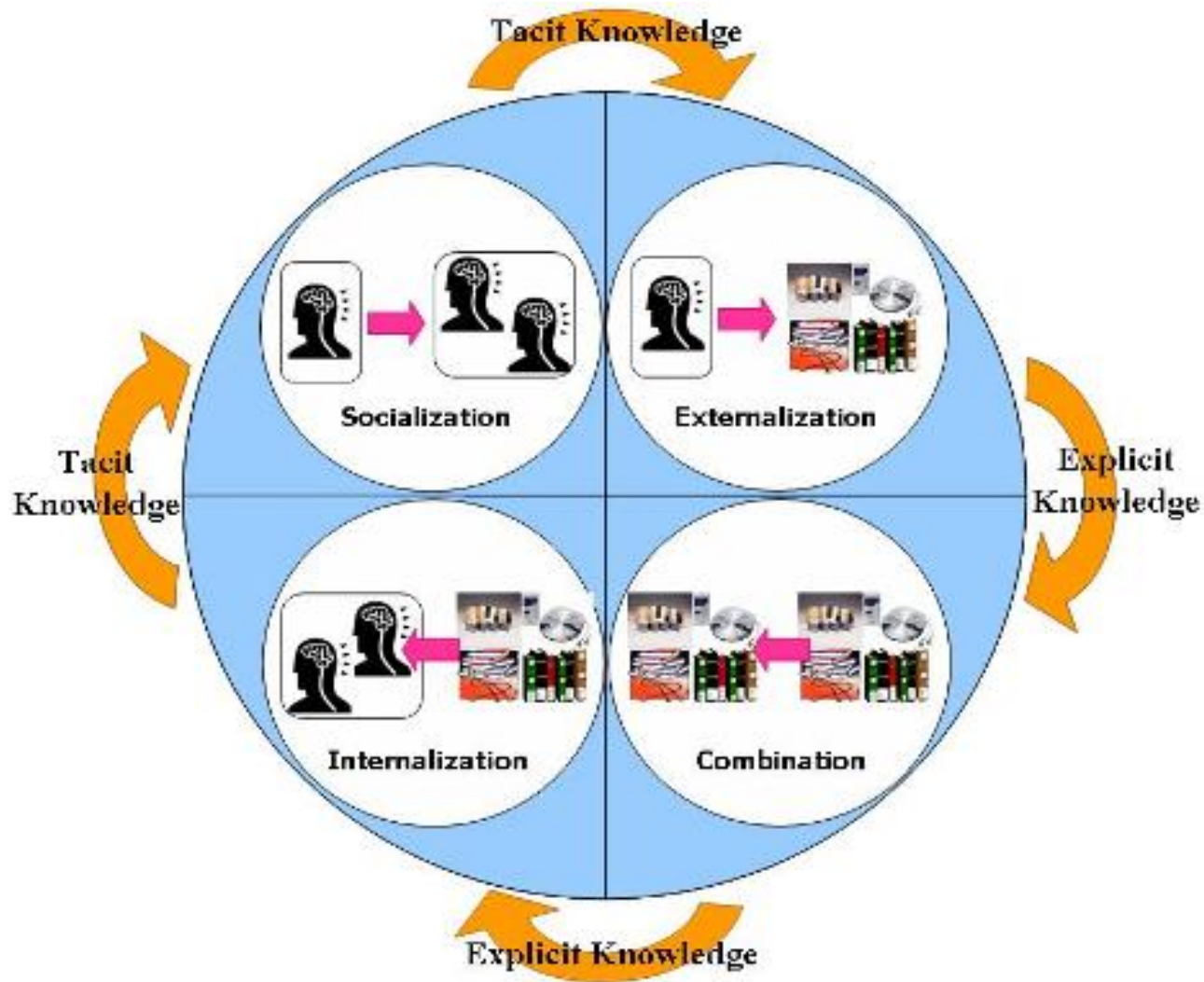


4. Metoder för att skapa explicit kunskap

- Utveckling av checklistor
- Registrering av tumregler och strategier för problemlösning
- Utveckling av sökbart incidentrapporterings-system med lyckade lösningsförslag
- **EXTERNALISERING**
(tyst till explicit kunskap)



Slutsats: Omvandling från implicit till explicit kunskap önskvärt!



Fortsatt arbete

1. I samarbete med företag tillämpa, utvärdera och vidareutveckla metoderna:

- Scenarioanalys
- Observation
- Tänka-högt metodiken
- Situationsmedvetenhet

... samt utvärdera vad organisationen lärt sig genom att använda metoderna.

2. Utveckla en praktisk metodhandbok för kunskaps-överföring riktad till organisationsnivå

Kunskap som medicin för att förstå situationen!

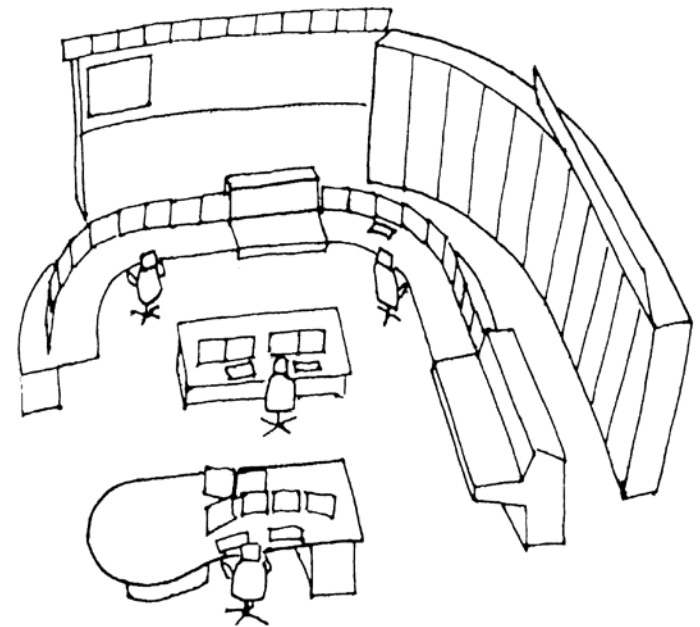


Ska ni bygga ett nytt kontrollrum eller göra ändringar i ert befintliga?

- Vill ni bli säkrare på att utformningen främjar effektiv och säker drift?
- Vill ni veta detta tidigare, innan det blir dyrt och svårt att ändra designen?
- Vill ni få hjälp att utvärdera kontrollrummet från ett användningsperspektiv?

➔ **Var med i en forskningsstudie om metoder för tidig utvärdering av kontrollrum!**

Kontakta doktorand Eva Simonsen på Chalmers: eva.simonsen@chalmers.se





Solvina

- Energy Excellence -
Our goal, your benefit

Lyckade Automationsprojekt!

Miniworkshop kring Kvalitetssäkring i Automationsprojekt

Miniworkshop



1. Bakgrund och metodik
2. Diskussion kring tillämpning
3. Summering

International capital project experience reported by e.g. Deloitte 2012:

http://deloitteblog.co.za/files/icp/Effective_Operational_Readiness.pdf show e.g. that

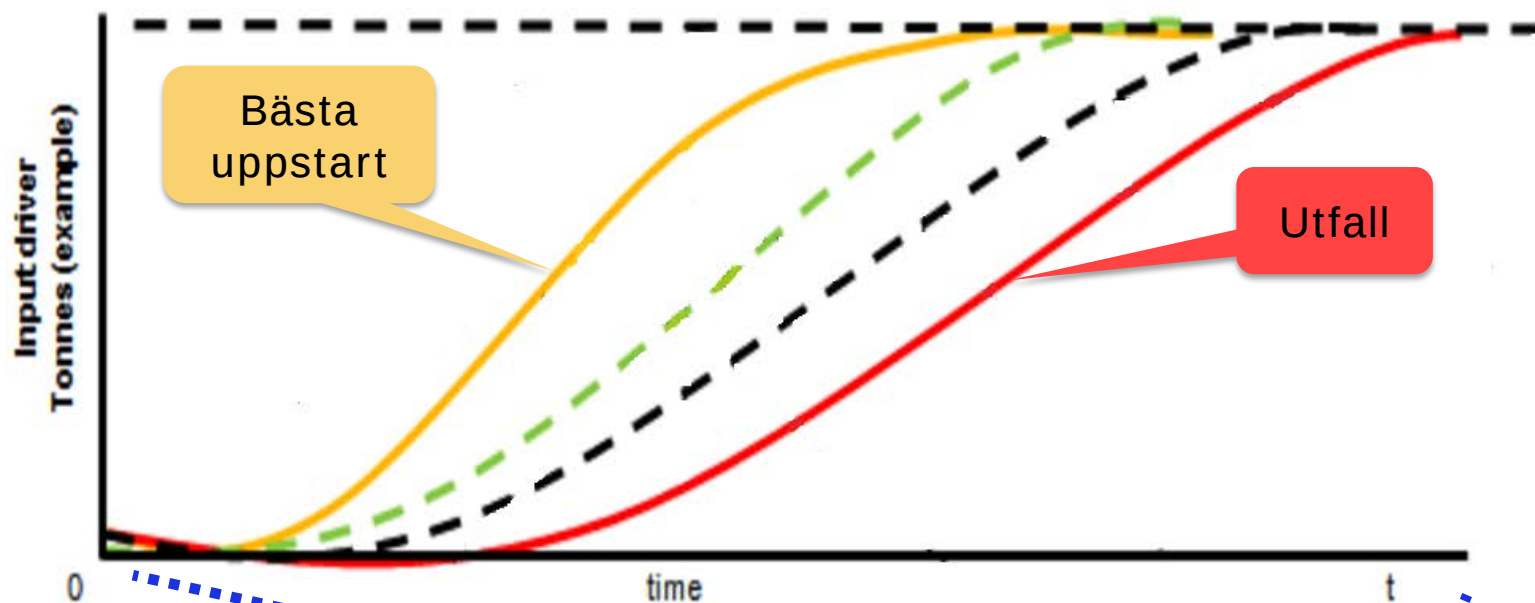
- about 30% of the net present value (NPV) is destroyed in the transition from execution into operations
- and often also a 1-2% increase of the life cycle cost and loss of approximately 10% of life cycle production has its origin in the early stages planning

Deloitte.

Effective Operational Readiness
of Large Capital Projects
Avoiding value leakage in the
transition from project execution
into operations



Ramp up scenario (Illustrative)

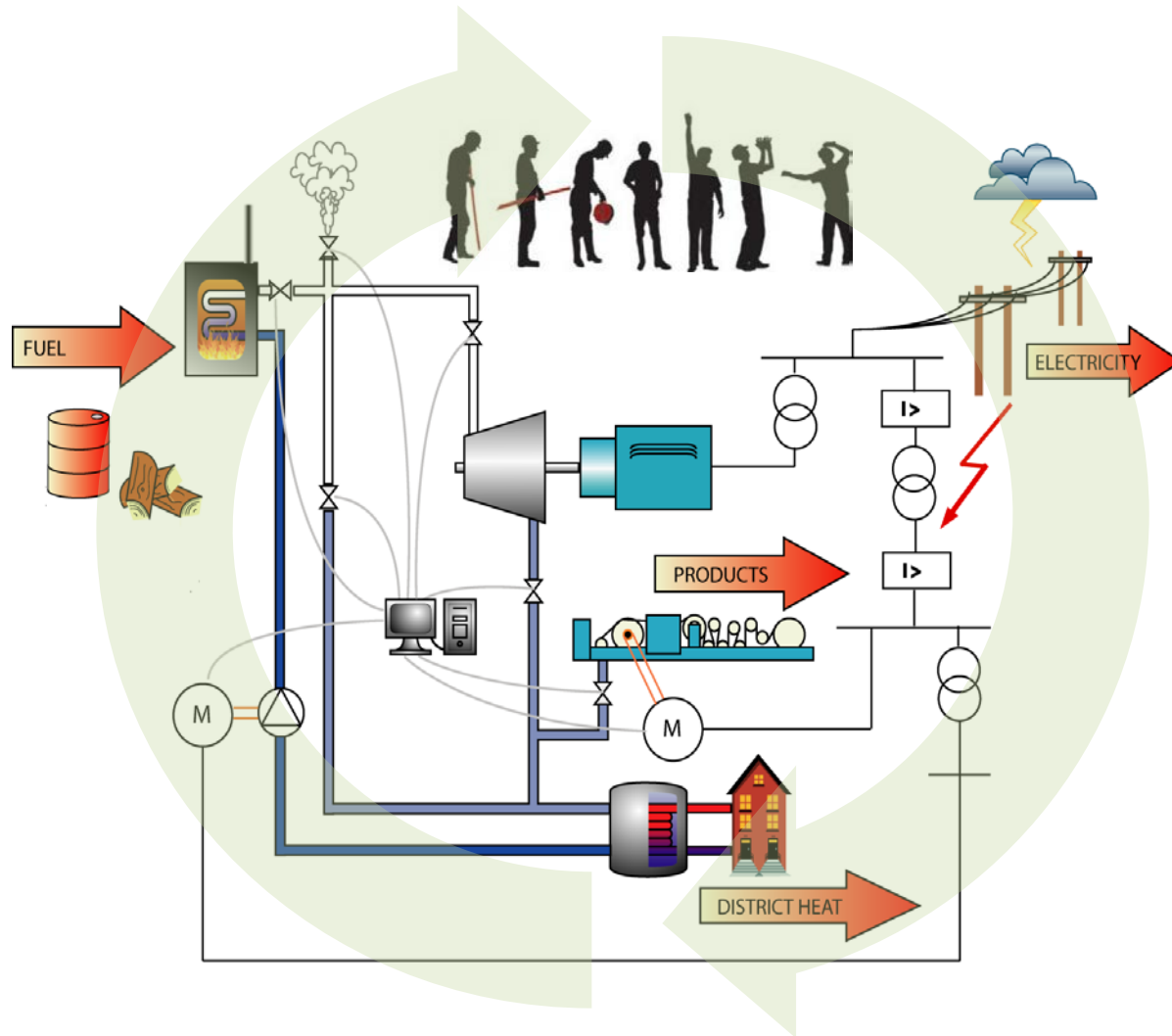


Project Life Cycle



Core business

Complex plants require a system level holistic perspective;
Process & Power in combination with Control Engineering is the Solvina speciality



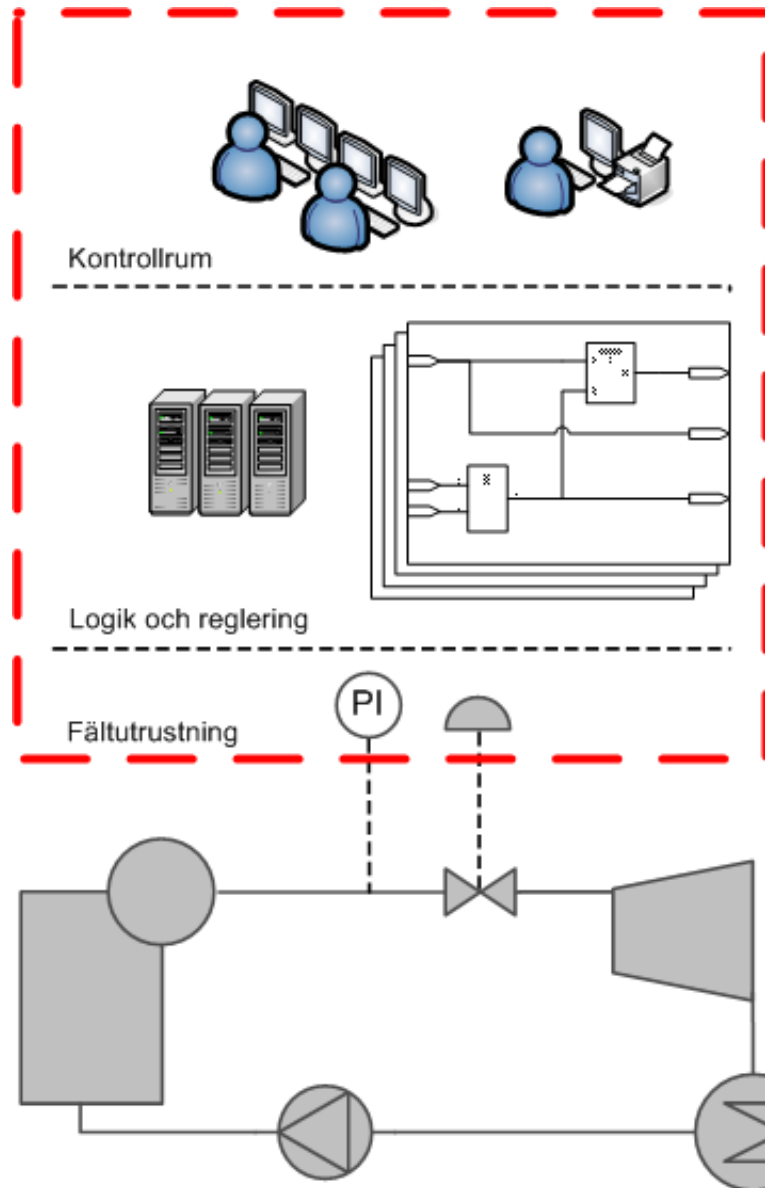
Analysis

Design

Test

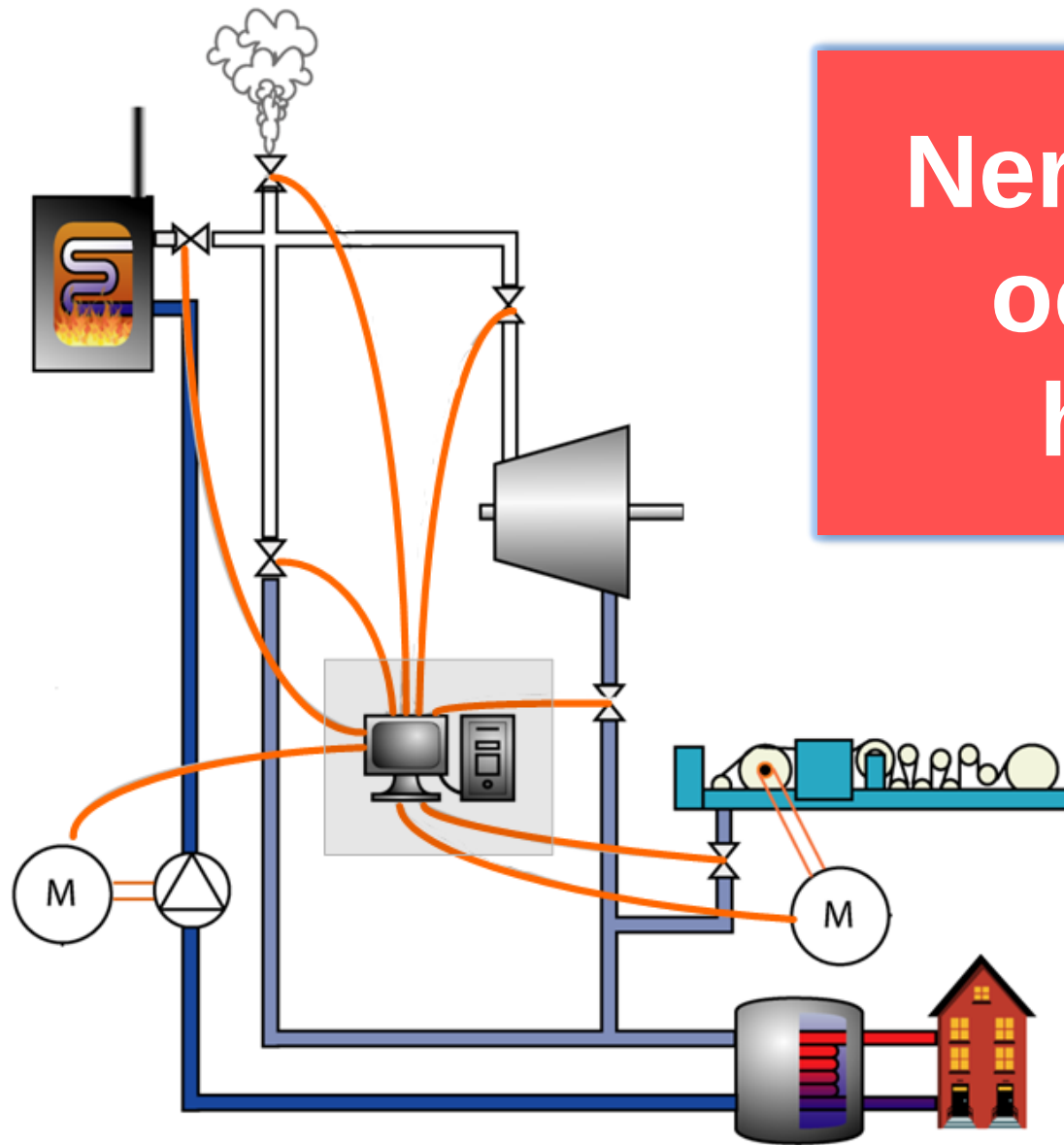
Management

Automationssystem



- Processtyrning
- Övervakning
- Säkerhetssystem

Automationssystemet



**Nervsystemet
och del av
hjärnan!**

Kvalitetsguide för automation

Energiforsk rapport 2015:164

- Metodik som Solvina har utvecklat och använt framgångsrikt inom kärnkraftsbranschen
- Anpassat och vidareutvecklat för **värme / kraftvärmebranschen**
 - Intervjuer med personer i branschen
 - 3 workshops

Erfarenheter från intervjuerna

- Kontrakt har skrivits för tidigt, med dåliga förutsättningar
- Brister i förståelse för automation från beställarsidan
- Övertro på leverantörens förmåga
- Underskattning av automationens omfattning
- Drift och underhåll har kommit in sent vilket lett till sena ändringar
- Brister i samordning av delleveranser

Erfarenheter från intervjuerna

- Brister i krav avseende trendning av signaler och larm
- IT-avdelningen som varit ansvarig för fjärrkommunikationslösningen har haft brister i förståelse för driftaspekter
- Brister i versionshantering och dålig ordning på backuper för system/delsystem
- Brister i detaljkrav mot leverantören, t ex kod som är svår att felsöka i och förvalta
- Missat separation för säkerhetsklassade funktioner

Erfarenheter från intervjuerna

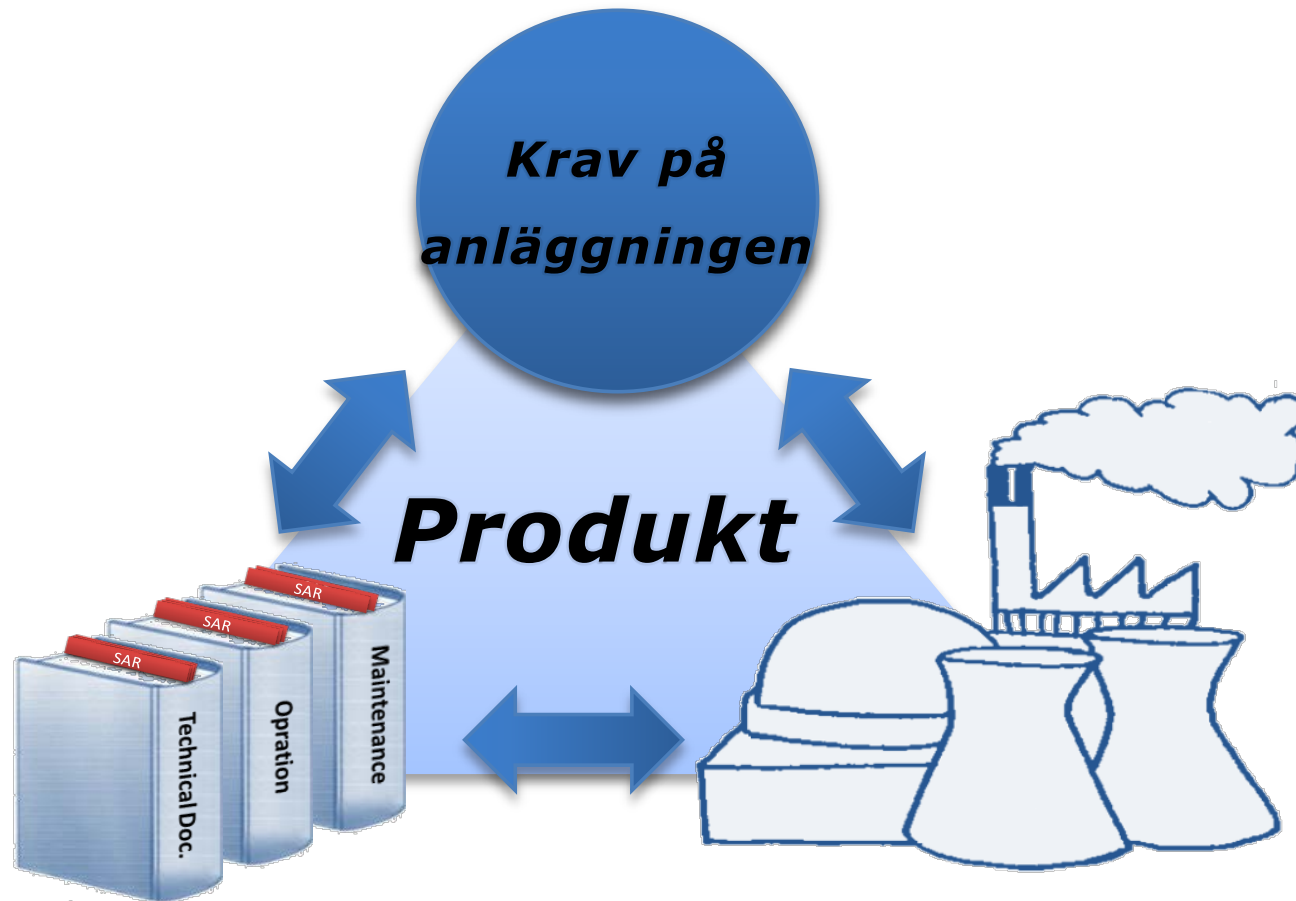
- Otillräcklig kompetens vid deltagande i FAT
- Granskningar har inte hunnits med, även då de ingått som kontraktpunkter
- Problem med integreringen av olika system har upptäckts i samband med drifttagning
- Brister i kompetens och rutiner för att förvalta systemet har upptäckts när garantitiden gått ut

Syfte med metodiken

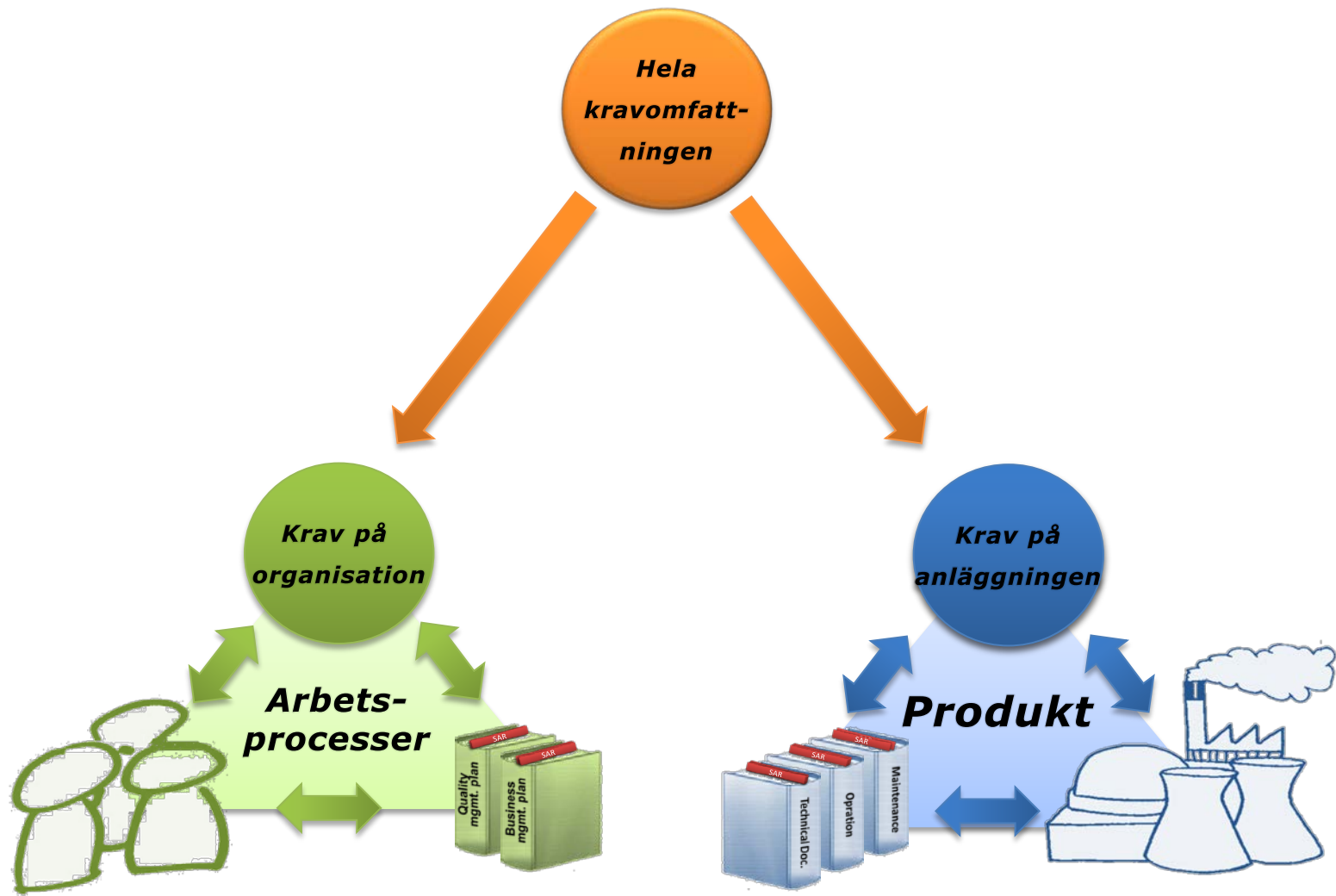
- Minimiera projektrisker
- Ge stöd för milstolpebeslut
såsom inför kontraktsskrivning och delbetalningar
- Minska kostnader
i projektet och i systemets livscykel

Arbetsmiljö i projekt!!!

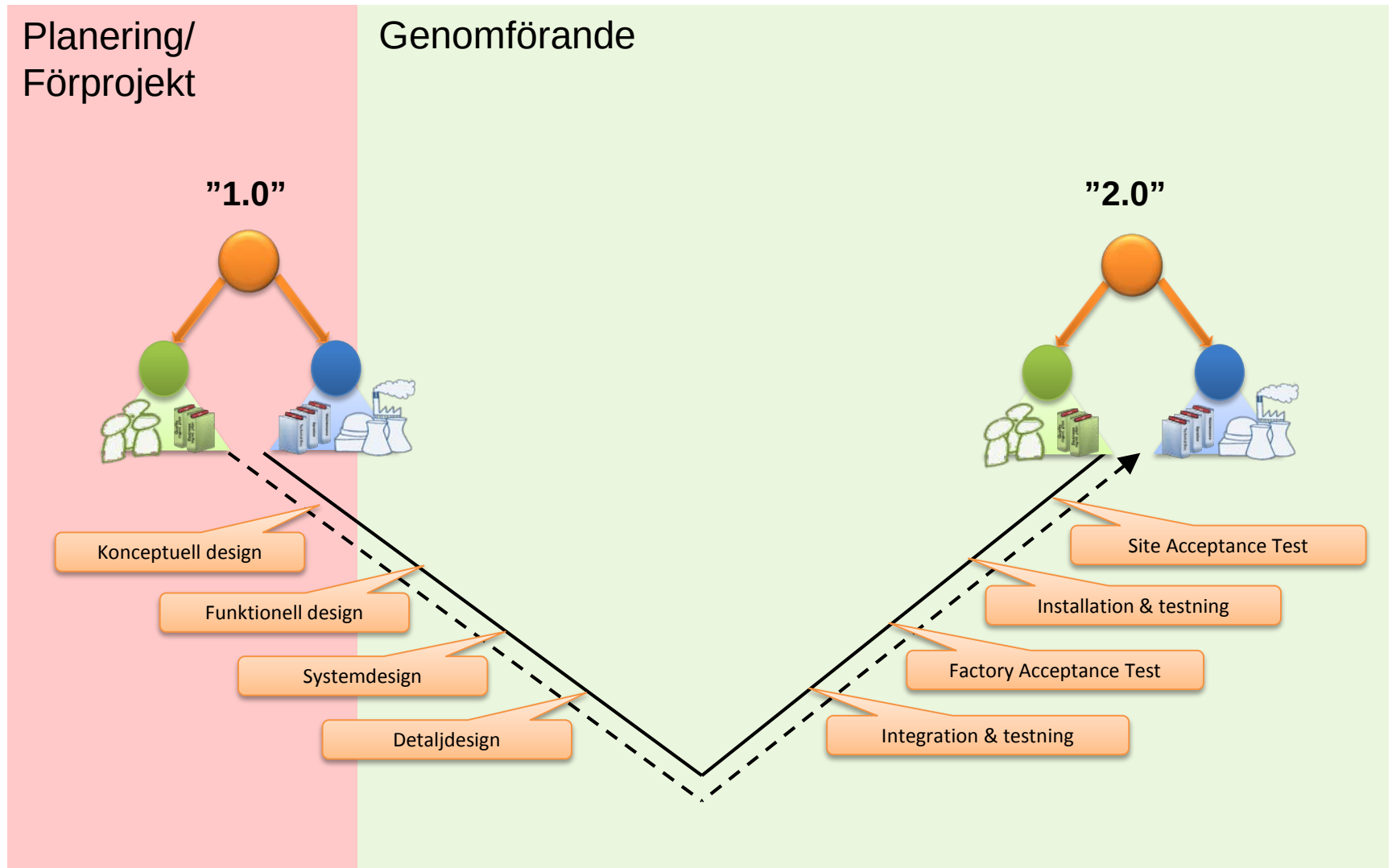
Balansmodell CM



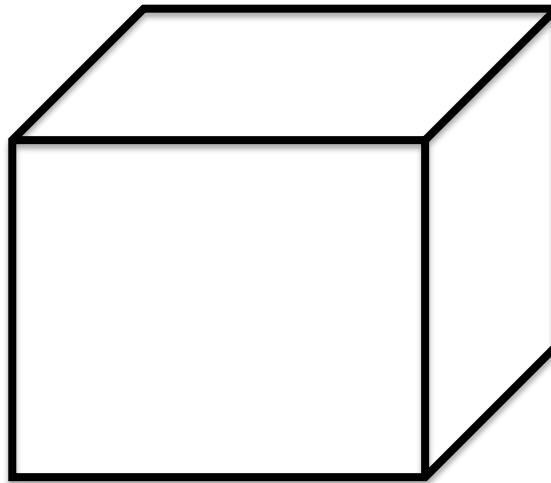
Hela omfattningen för CM

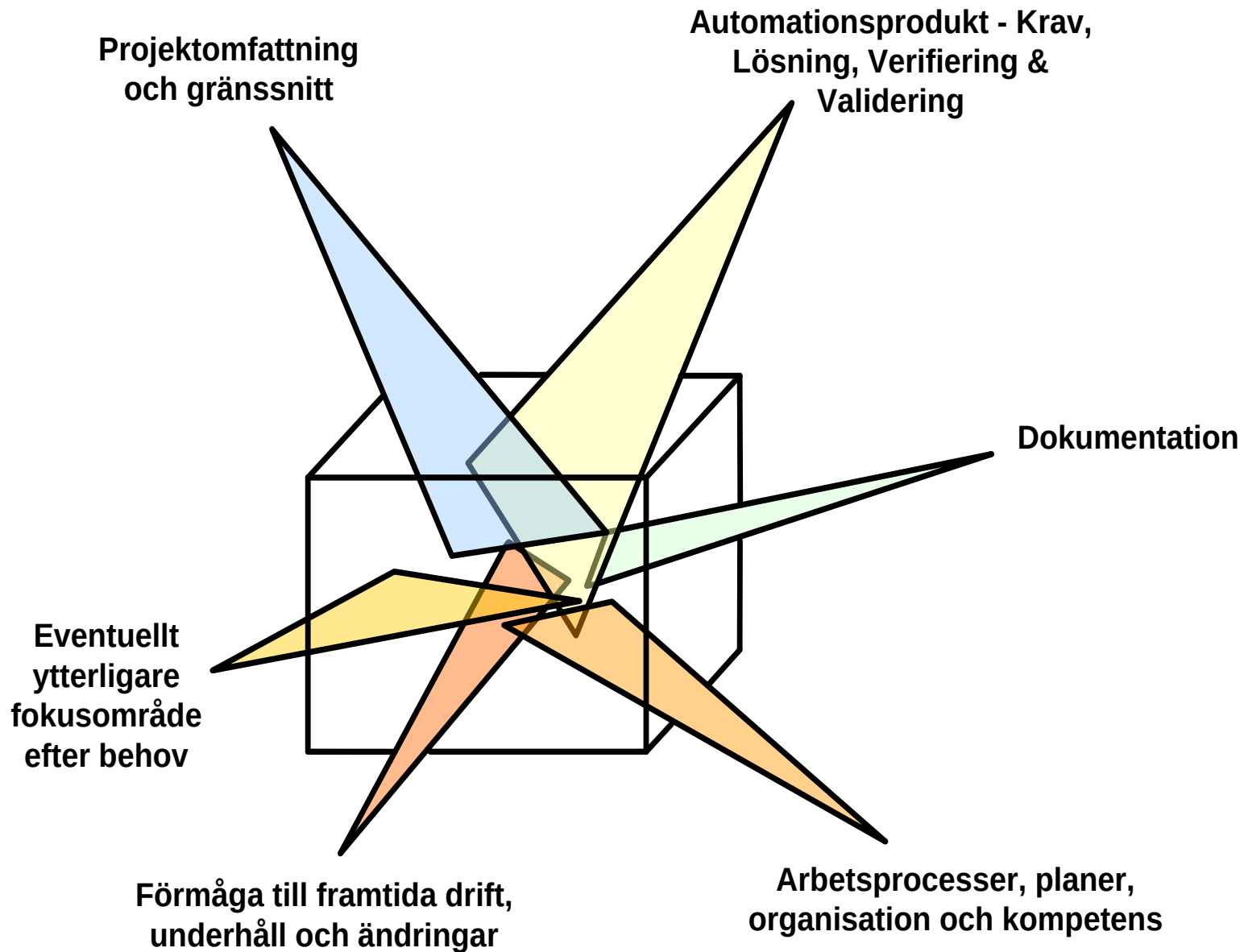


Förändringar, V-modellen



Projektet



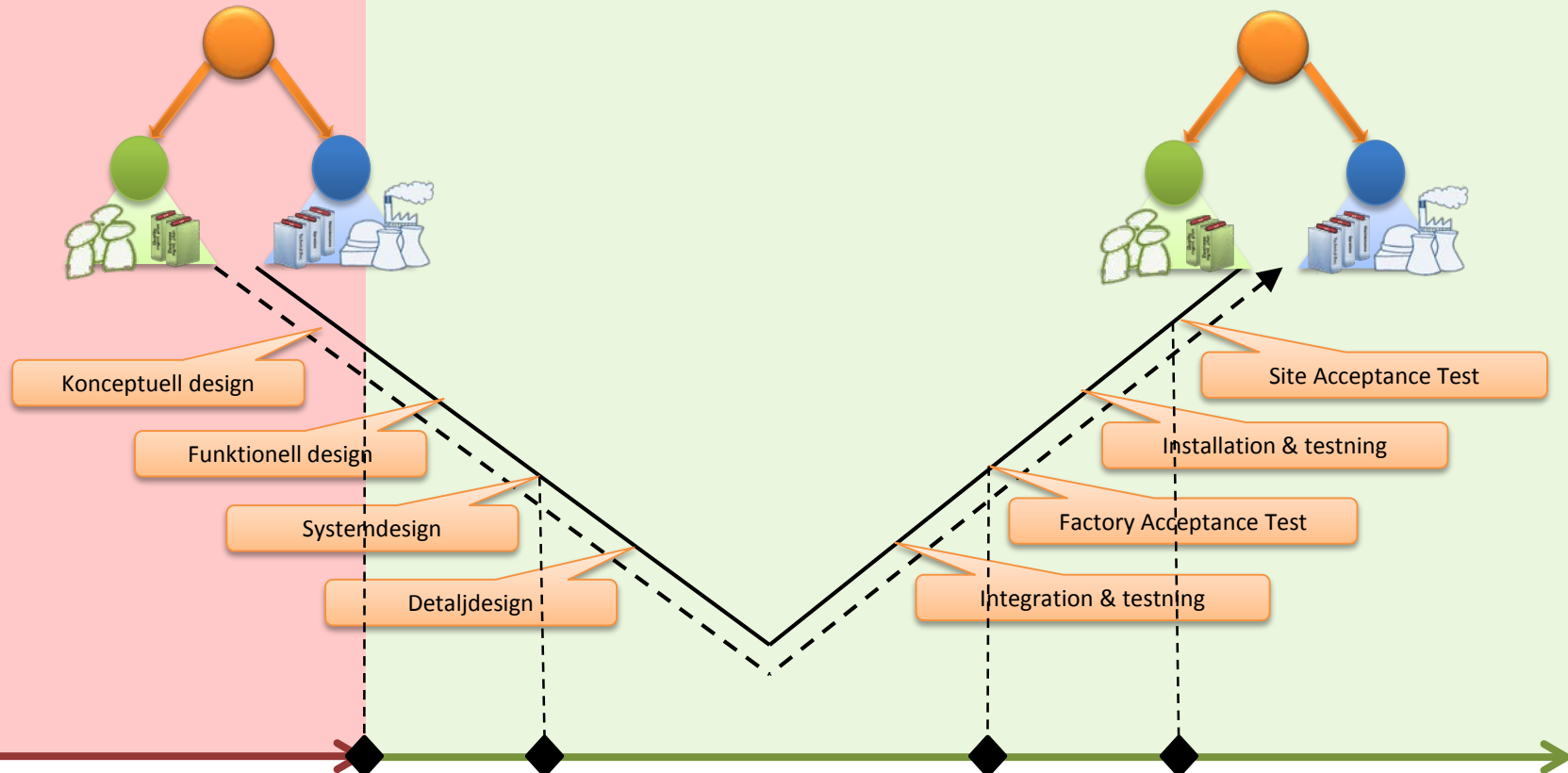


Planering/ Förprojekt

Genomförande

"1.0"

"2.0"



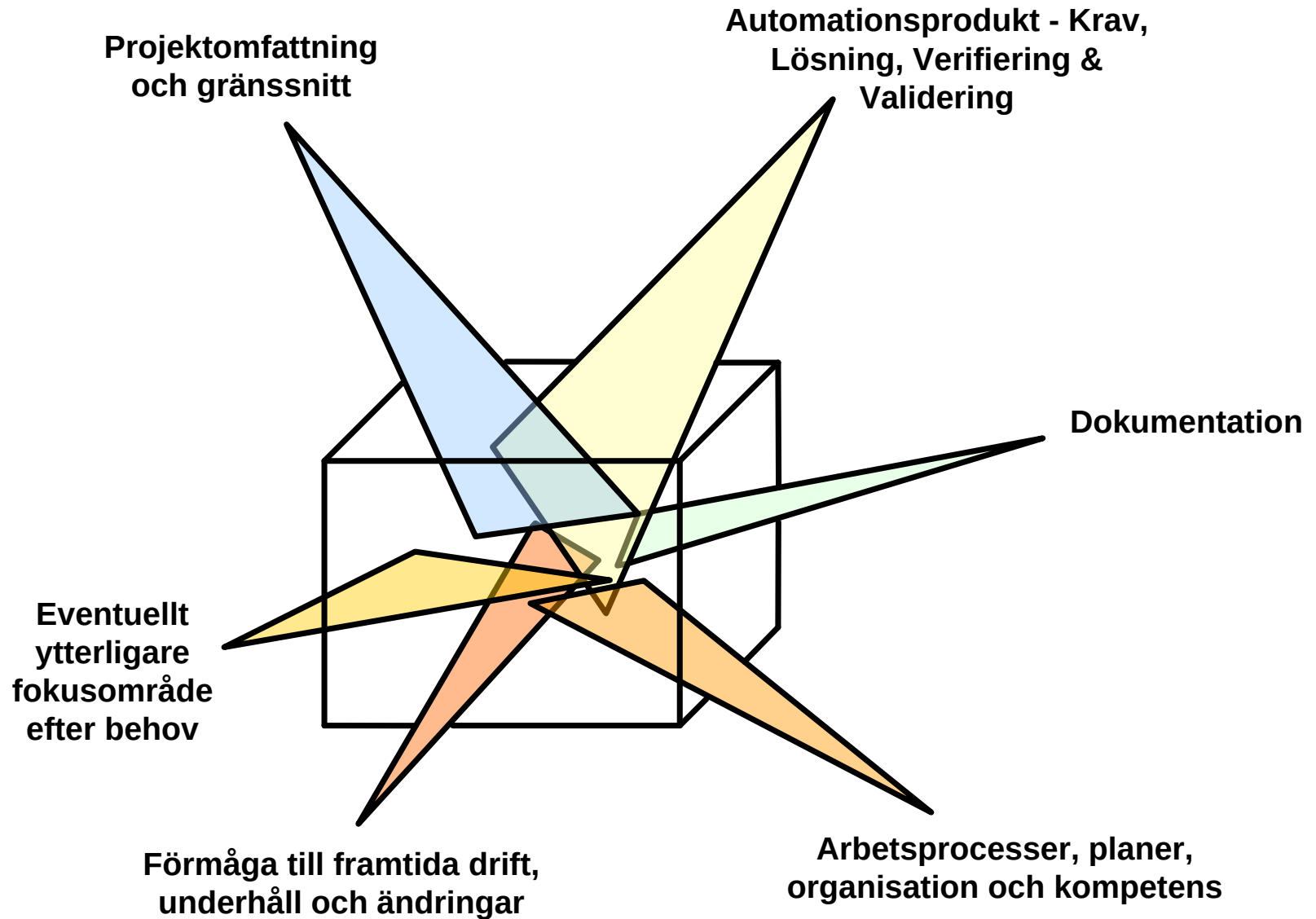
Planering/
Förprojekt

Grund-
läggande
Design

Detaljdesign inklusive FAT

Installation,
Drifttagning
& SAT

Fokusområdena



Planering/
Förprojekt

Grundläggande
design

Detaljdesign inkl.
FAT

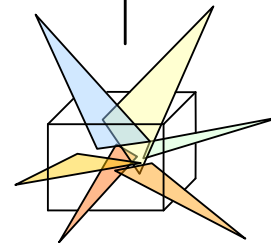
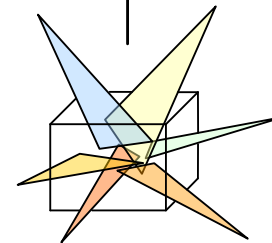
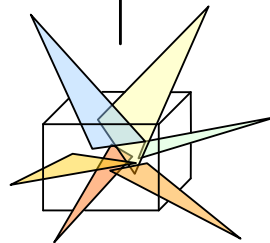
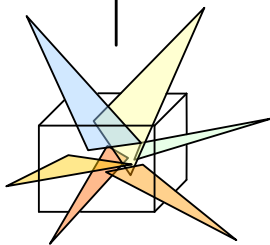
Installation,
Drifttagning och SAT

Omfattning, krav, planer
och organisation

Lösning rätt specificerad

Lösning rätt framme

Lösning rätt drifttagen



Metodikens grundpelare

■ Positiv övertygelse

- ta ställning och argumentera för att anläggningen är kvalitetssäkrad
- Komplett, korrekt och konsekvent – ”3K”
- ”3K” först när det är visat så

■ Anpassning av ambitionsnivå i proportion till viktighet

■ Överenskommelser mellan huvudintressenter

Guidens uppbyggnad

Sammanfattning och introduktion

Innehåll och läsanvisning

1. Automationens och automationsändringars sammanhang
2. Beskrivning av metodiken
3. Fokusområden
4. Genomförande
5. Referenskapitel

Bilaga 1 – Översikt över fokusområdenas tillämpning i projektlivscykeln

Bilaga 2 Lathundsfrågor/stöd för tillämpning

Bilaga 3 & 4 – Struktur och innehåll för plan och uppföljningsrapport

Tillämpning i projektlivscykeln

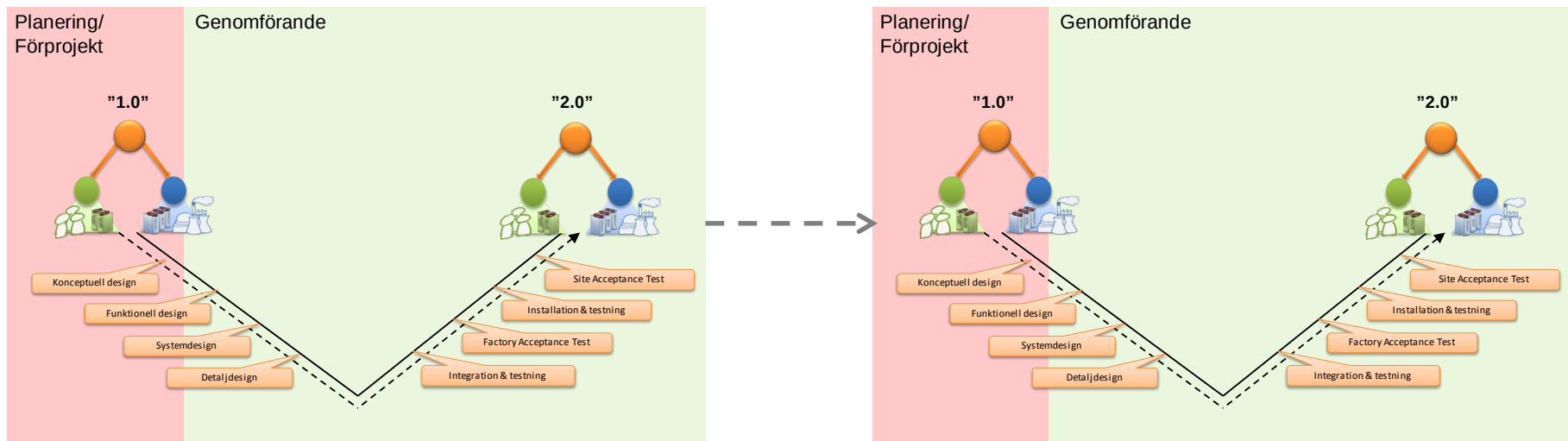


	Planering/Förprojekt	Grundläggande design	Detaljdesign inkl. FAT	Installation och SAT
Projektomfattning och gränssnitt	Värdera att projektomfattningen (avseende automationsprodukt, teknisk dokumentation, instruerande dokumentation) samt grundläggande begrepp är tydligt definierad och att den är överenskommen med alla intressenter.	Återbekräfta projektomfattningen, samt värdera eventuella ändringar.	Återbekräfta projektomfattningen, samt värdera eventuella ändringar.	Återbekräfta projektomfattningen, samt värdera eventuella ändringar.
Automationsprodukt – krav, design och V&V	Värdera att kraven (i kravspecifikationer) är kompletta, korrekta och konsekventa Lösning är ej i fokus. V&V är ej i fokus.	Återbekräfta tidigare slutsatser för kraven samt värdera nedbrutna krav med avseende på kompletthet, korrekthet och konsekventhet. Identifiera lösningens version och värdera att lösningsbeskrivningarna är kompletta, korrekta och konsekventa. Värdera, så långt det är möjligt för fasen, att V&V av lösningen är komplett, korrekt och konsekvent.	Återbekräfta tidigare slutsatser för kraven samt värdera nedbrutna krav med avseende på kompletthet, korrekthet och konsekventhet. Identifiera lösningens version och värdera att lösningsbeskrivningarna är kompletta, korrekta och konsekventa. Värdera, så långt det är möjligt för fasen, att V&V inklusive FAT av lösningen är komplett, korrekt och konsekvent.	Återbekräfta tidigare slutsatser för kraven samt värdera nedbrutna krav med avseende på kompletthet, korrekthet och konsekventhet. Identifiera lösningens version och värdera att lösningsbeskrivningarna är kompletta, korrekta och konsekventa. Värdera att V&V inklusive SAT av lösningen är komplett, korrekt och konsekvent. Inga oacceptabla antaganden kan kvarstå att bekräfta genom V&V.
Dokumentation	Identifiera den dokumentation som påverkas av projektet.	Värdera att den dokumentation som enligt plan ska finnas framme vid denna fasavstämning är komplett, korrekt och konsekvent.	Återbekräfta slutsatser från tidigare faser om dokumentation samt värdera eventuella ändringar som är gjorda i dokumentation som togs fram i tidigare faser. Värdera att den dokumentation som enligt plan ska finnas framme vid denna fasavstämning är komplett, korrekt och konsekvent.	Återbekräfta slutsatser från tidigare faser om dokumentation samt värdera eventuella ändringar som är gjorda i dokumentation som togs fram i tidigare faser. Värdera att den dokumentation som enligt plan ska finnas framme vid denna fasavstämning är komplett, korrekt och konsekvent.
Arbetsprocesser, planer, organisation, kompetens	Värdera att processer, planer, organisation och kompetens är tillräcklig (komplett, korrekt och konsekvent) för projektets genomförande. Värdera särskilt konfigurationsledning och täckningsgrad av planerad V&V. Värdera att processer och planer har följts samt att krav på organisation och kompetens har uppfyllts på så sätt som definierats för fasen. Motivera eventuella avvikelser.	Återbekräfta tidigare värdering av att processer, planer, organisation och kompetens är tillräcklig (komplett, korrekt och konsekvent) och värdera eventuella ändringar. Värdera att processer och planer har följts samt att krav på organisation och kompetens har uppfyllts på så sätt som definierats för fasen. Motivera eventuella avvikelser.	Återbekräfta tidigare värdering av att processer, planer, organisation och kompetens är tillräcklig (komplett, korrekt och konsekvent) och värdera eventuella ändringar. Värdera att processer och planer har följts samt att krav på organisation och kompetens har uppfyllts på så sätt som definierats för fasen. Motivera eventuella avvikelser.	Återbekräfta tidigare värdering av att processer, planer, organisation och kompetens är tillräcklig (komplett, korrekt och konsekvent) och värdera eventuella ändringar. Värdera att processer och planer har följts samt att krav på organisation och kompetens har uppfyllts på så sätt som definierats för fasen. Motivera eventuella avvikelser.
Drift, underhåll, ändringar	Ingen förväntad aktivitet.	Ingen förväntad aktivitet.	Identifiera den organisation och processer som behövs för normal drift, underhåll och ändringar efter projektets genomförande. Värdera framtagna planer med avseende på om de är tillräckliga för att hantera påverkan på befintliga processer och organisation.	Värdera om processer och organisation för drift, underhåll och ändringar är tillräckliga för att lämna över anläggningen till normal drift.

Översikt tillämpning

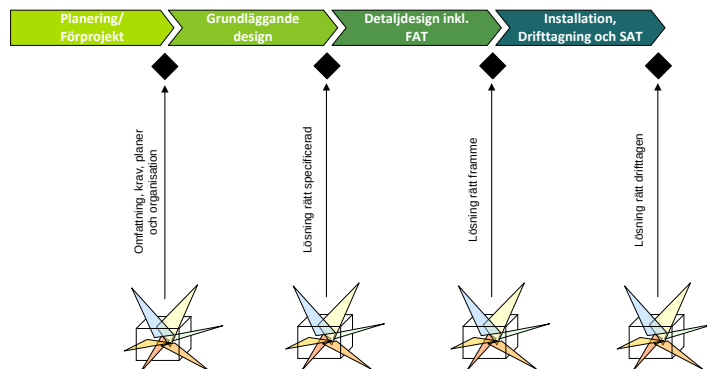
Fokusområden		Planering/ Förprojekt	Grundläggande design	Detaljdesign inkl. FAT	Installation, drifttagning och SAT
1	Omfattning och gränssnitt				
2.1	Produkt/anläggning - Krav				
2.2	Produkt/anläggning - Lösning				
2.3	Produkt/anläggning - Verifiering och Validering				
3	Anläggningsdokumentation				
4.1	Processer, planer, organisation, kompetens - Finns det?				
4.2	Processer, planer, organisation, kompetens - Har det följts?				
5	Framtida förmåga till drift, underhåll och ändringar				

Erfarenhetsåterföring!!!



Diskussion

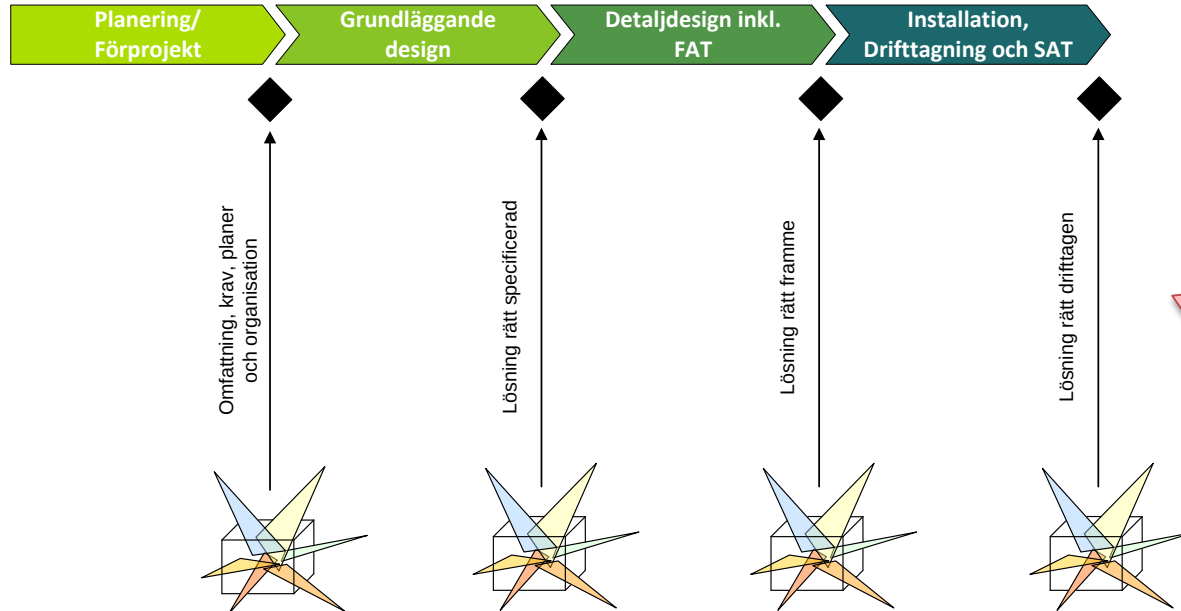
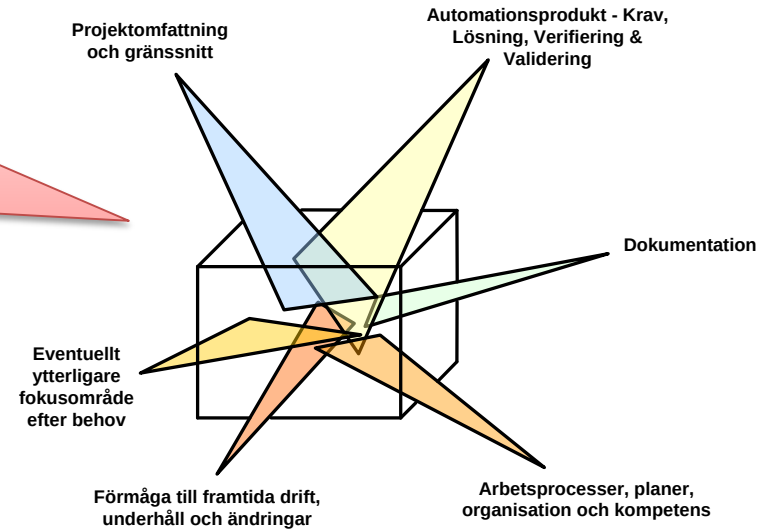
- Hur fungerar projektprocessen hos er? Kan den stärkas upp utifrån tänket i metodiken?
Automationsnivå/anläggningsnivå
- Vad har man för stöd för milstolpebeslut?
Ex.vis när planering/förprojekt är genomfört och beslut om upphandling ska tas
- Hur beskriver man omfattning och gränssnitt?
Funktionellt, fysiskt och geografiskt
Gränssnitt mellan leveranser, delprojekt, mot leverantör mm



Frågor?

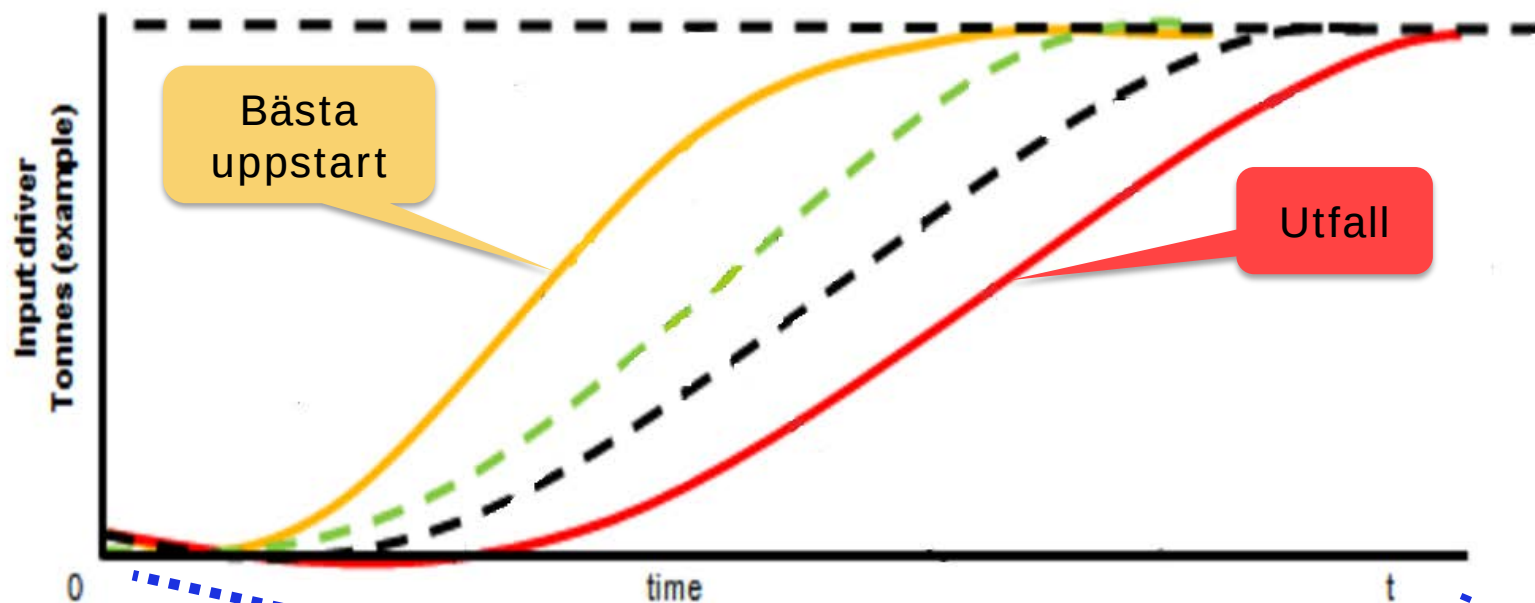


Projektet belyses
utifrån
fokusområden



I slutet av varje
projektfas går
projektet igenom
utifrån
fokusområdena för
att säkerställa att de
är tillräckligt
hanterade.

Ramp up scenario (Illustrative)



Project Life Cycle



Rekommendation

- **Använd metodiken!**
- **Börja med de delar som känns mest relevanta!**

- Projektaudits
- Support/coachning i projekt
 - Omfattning och gränssnitt
 - Krav-lösning-V&V
 - Arbetsprocesser – tidplan/milstolpar
 - Projektriskanalys
 - Projektteamsutbildning/seminarier
- Projektanalys

- Förstudie projektprocess

Analys av projektprocess med åtgärdsförslag
- Åtgärder/förstärkningar i projektprocess

Mallar, checklistor...

- Seminarier/utbildningar kring kvalitetssäkring

Tack för att du lyssnat och deltagit!

Johanna Holm

johanna.holm@solvina.se

Kvalitetsguide för automation

Energiforsk rapport 2015:164

Förbättrad överhettartemperaturreglering med framkoppling från fysikaliska processmodeller

Martin Råberg

SWECO



Projektet är ett samarbete mellan Sweco, Modelon och E.ON

Projektets huvudsyfte var att utvärdera modellinvertering av termohydrauliska processmodeller för användning i framkopplingar.

Återkoppling

Framkoppling

Tar hand om mätbara störningar innan de resulterat i en regleravvikelse

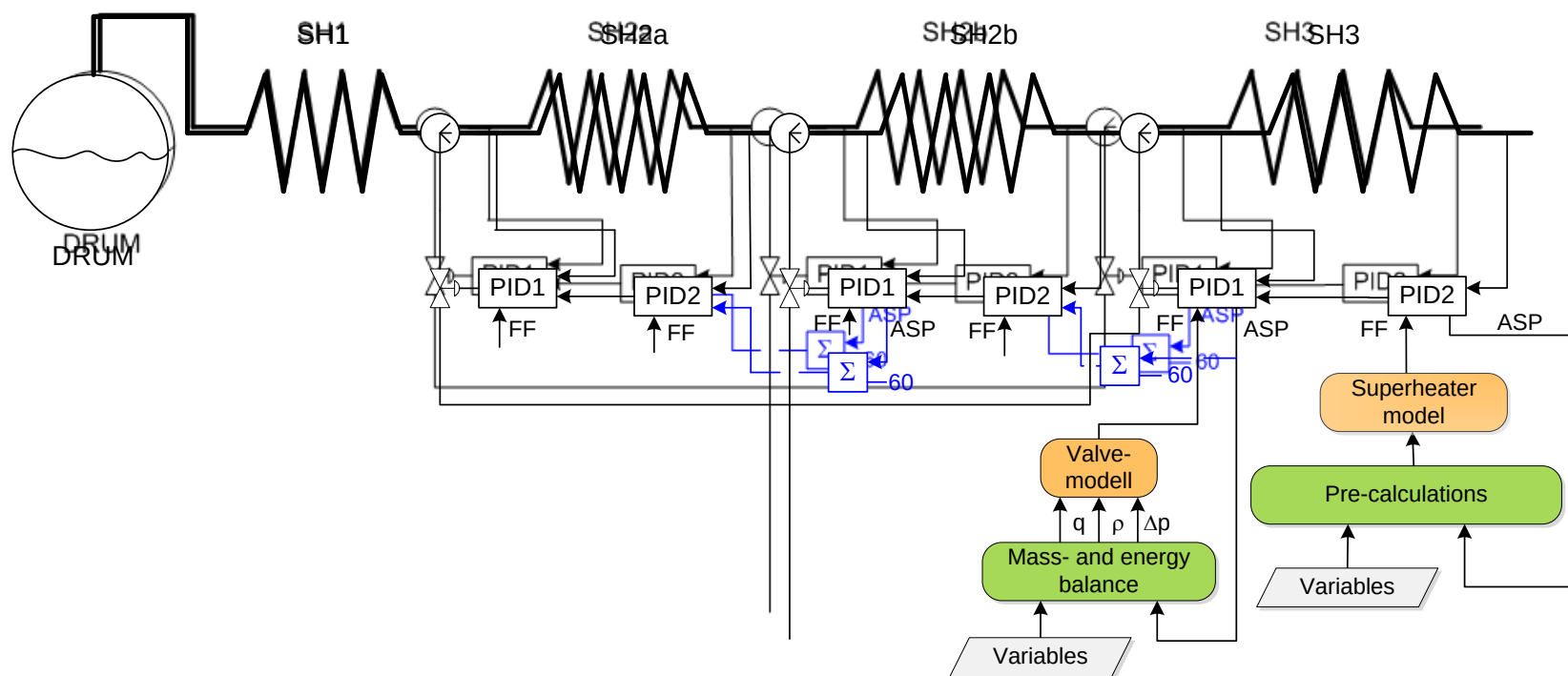
- Linjär empirisk
- Olinjär empirisk
- Olinjär fysikalisk med empirisk dynamik
- Inverterad dynamisk fysiklisk.

Modellinvertering

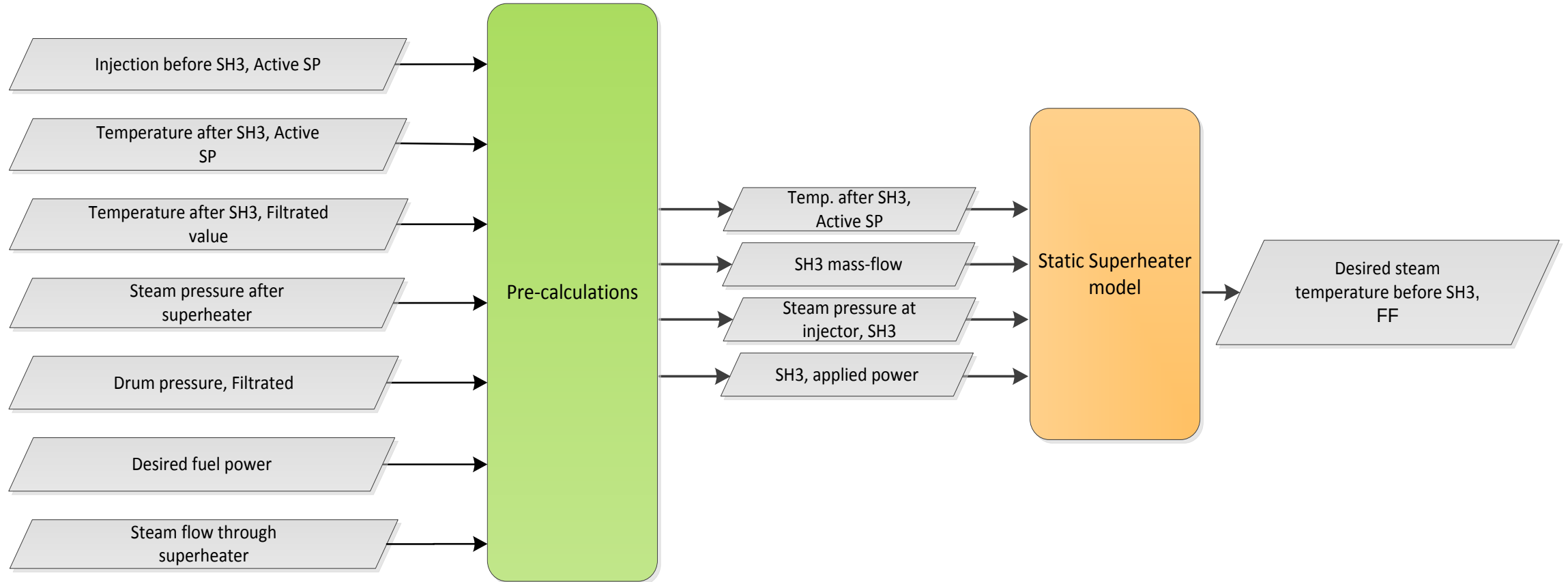
- Vad är modellinvertering?
- Ej inverterbara fenomen
- Val av modellerad dynamik
- Den inverterade modellens stabilitet
- Analys av den inverterade modellen för att förbereda den för implementering

Processen

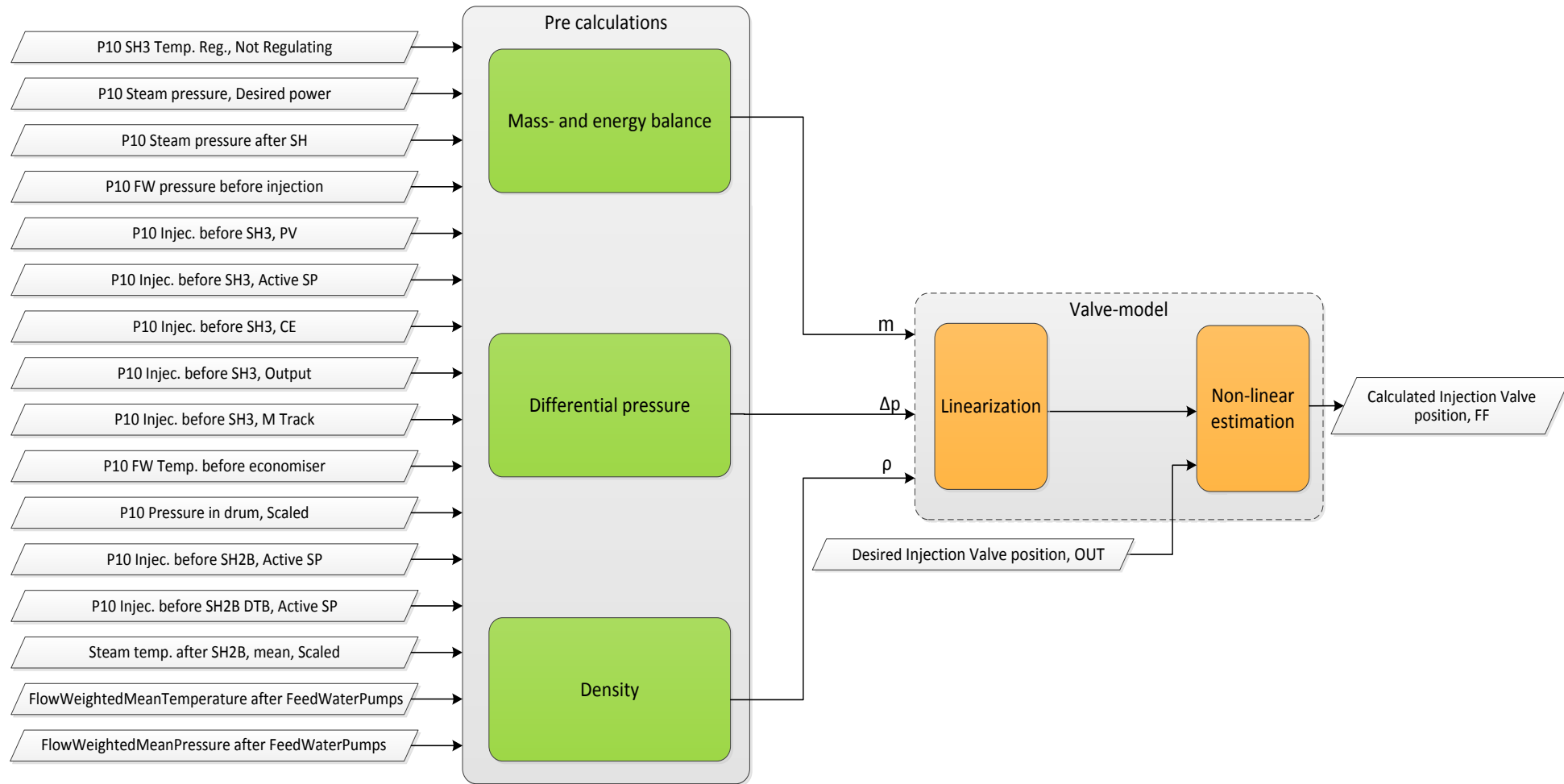
Projektet valde överhettarregleringen eftersom det vore rimligt att denna process skulle kunna bära investeringen som arbetet innebar.



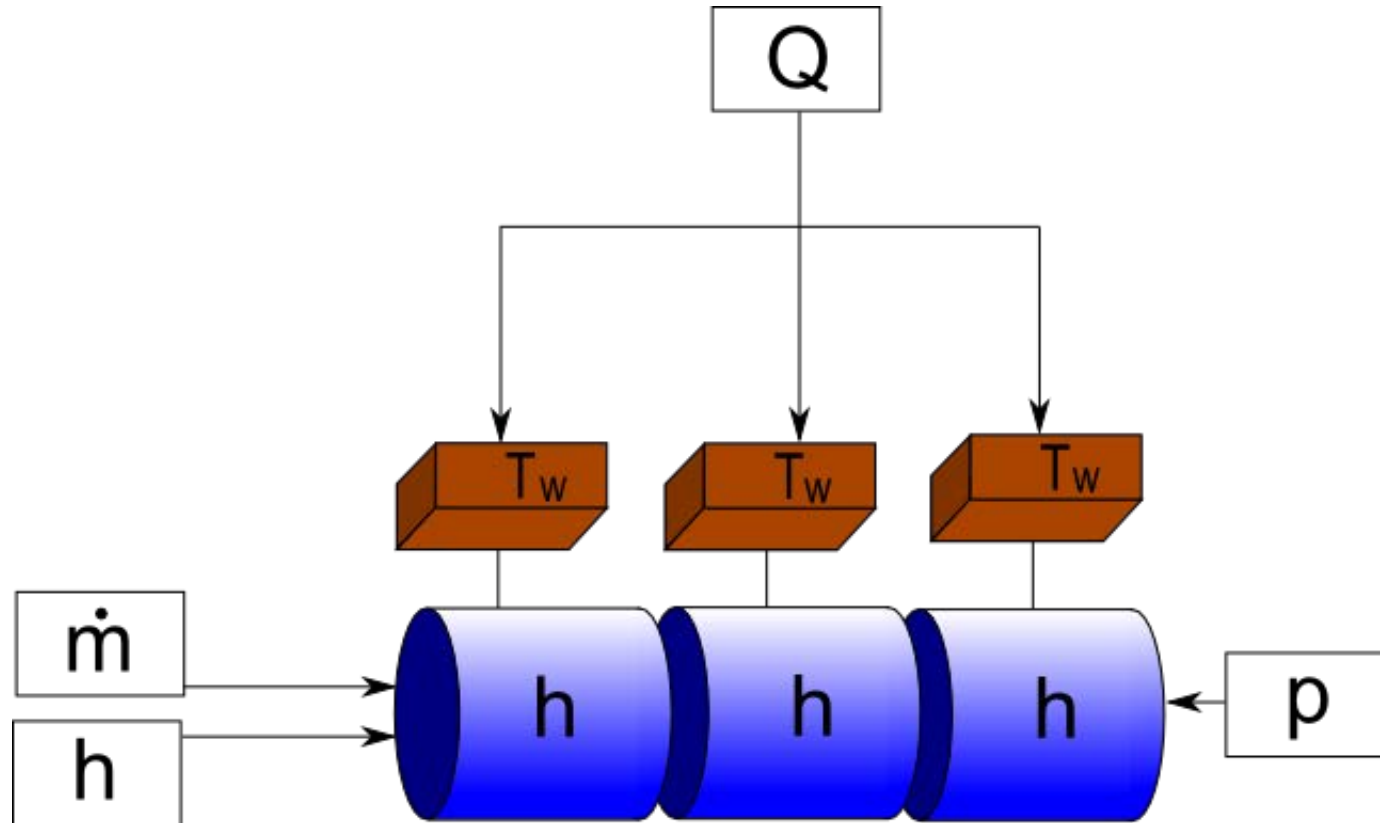
Implementation



Implementation



Modell



$$\dot{u}(t_n) = \frac{u(t_n) - u(t_{n-1})}{t_s}$$

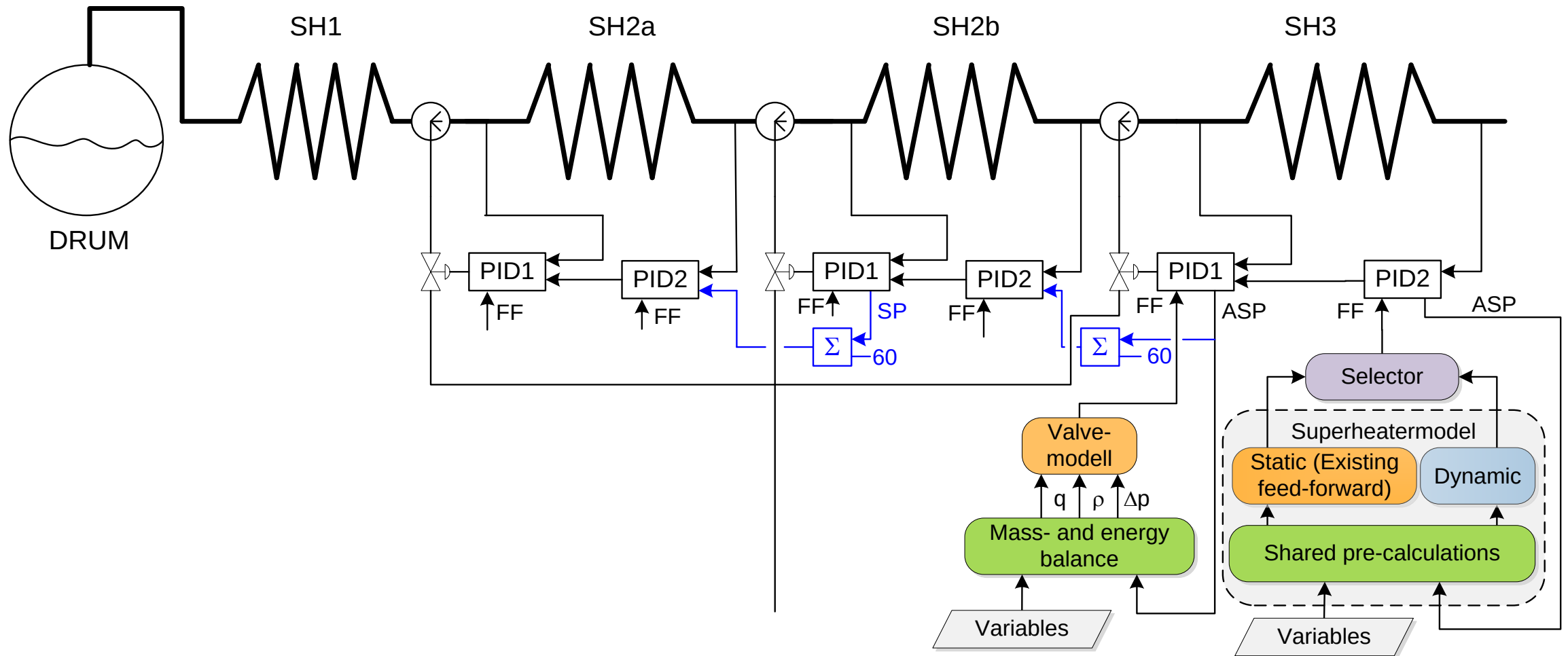
$$h_{in} = h(p, T_{out}) - \frac{Q_{w,s}}{\dot{m}} + d(p, T_{out})\dot{u}$$

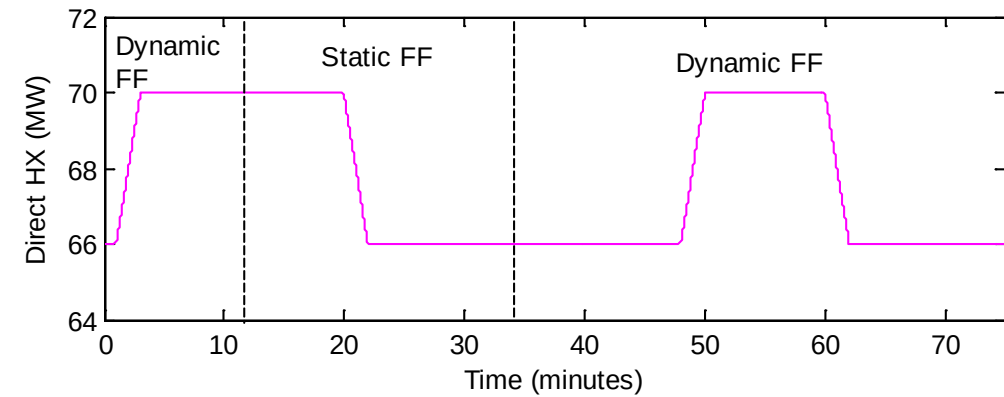
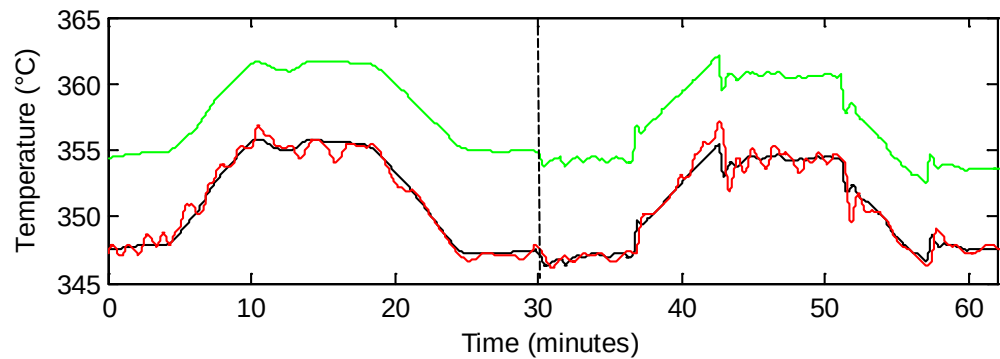
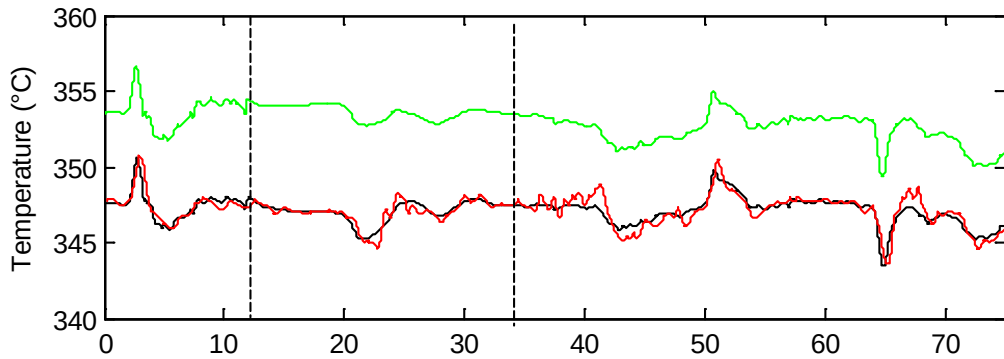
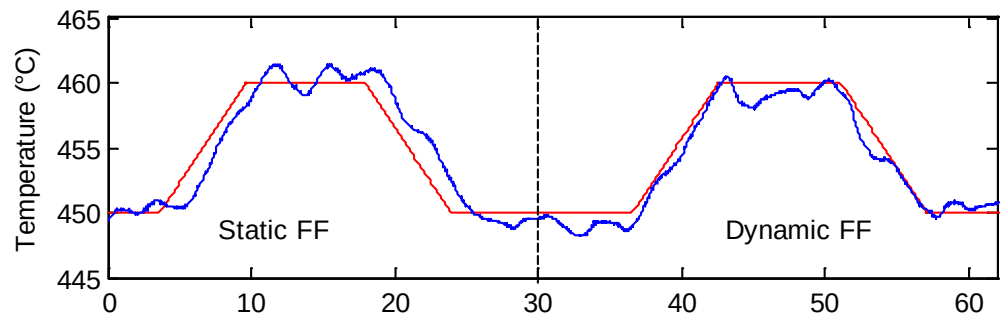
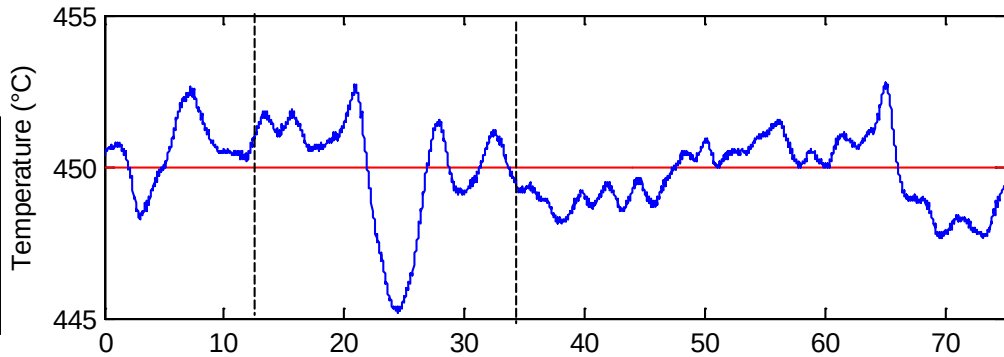
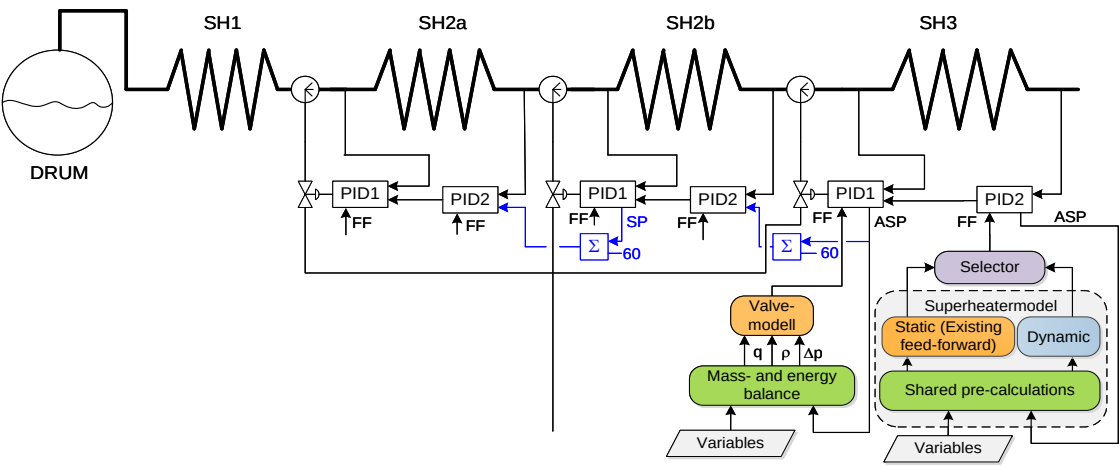
$$h_{in} = h(p, T_{out}) - \frac{Q_{w,s}}{\dot{m}}$$

$$\dot{T}_w = \frac{Q_{w,s} + Q}{m_w c_w}$$

$$T_w = T_{w,old} + t_s \dot{T}_w$$

Implementation





Erfarenheter

Fördelar;

- Fångar processdynamiken "korrekt".
- Resulterar i transparanta framkopplingar med fysikaliskt "korrekta" parametrar och variabler.
- Möjlighet till adaption av fysikaliskt svårdefinierade "parametrar" t.ex. värmeöverföring.
- Fångar processens olinjäritet och olinjära dynamiska beteende "korrekt" på ett enkelt och lättförståeligt sätt.
- Mycket bra reglerprestanda.

Nackdelar;

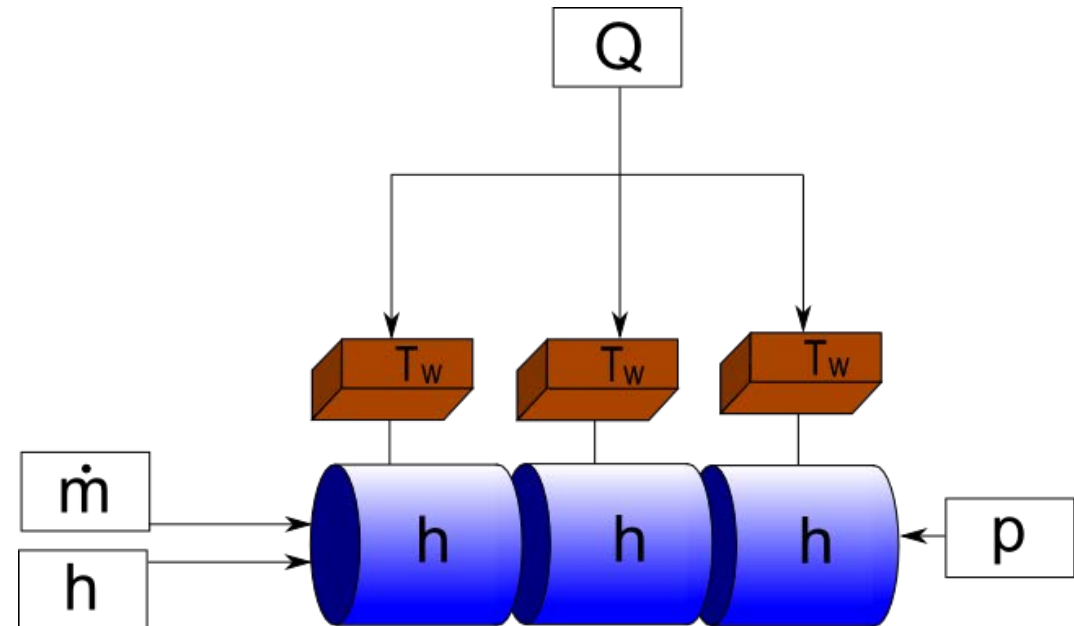
- Kräver djupare processförståelse.
- Kräver förståelse för processkomponenternas dynamik och processens reglering.
- Kräver mycket jobb före modelleringsarbetet så att den använda modellen fångar den väsentliga processdynamiken, men är enkel. Avgränsningar i processavsnittet som studeras snarare än approximationer.
- Kräver troligen ett antal iterationer i modelleringsarbetet innan önskad prestanda nås.

Resultat

- Baserat på testdata är den största regleravvikelsen 3°C. Eftersom testet inte var med turbinerna valdes en marginal på 10°C dvs 520°C. P.g.a. att turbinerna var i revision beräknades den potentiella vinsten m.h.a. ett statistiskt program, EES.
- Genom att vid 80 MW el @ 510°C och 100 bar öka temperaturen till 520°C vid oförändrad värmelast kunde 601 kW extra el genereras. Detta till en kostnad av endast 635 kW ökad pannlast. Vid en pannverkningsgrad på 90% motsvarar det 706 kW bränsle.
- För den aktuella anläggningen beräknades ett årligt värde på ca 120 kkr.
- Beroende på förhållandet mellan elpris, värmepris och bränslepris kan olika förhållande mellan el och värmeproduktion vara intressant. Minde förändringar i ångtemperatur kan justera denna balans i önskad riktning.

Resonemang

- Gaspanna VS Fastbränsle/Bio
- Fortsatt arbete



A wide-angle photograph of a long, multi-lane bridge stretching across a body of water towards the horizon. The sky is filled with soft, orange and yellow clouds, indicating a sunset or sunrise. The bridge's structure, including its supports and railings, is visible on the left side of the frame.

SWECO



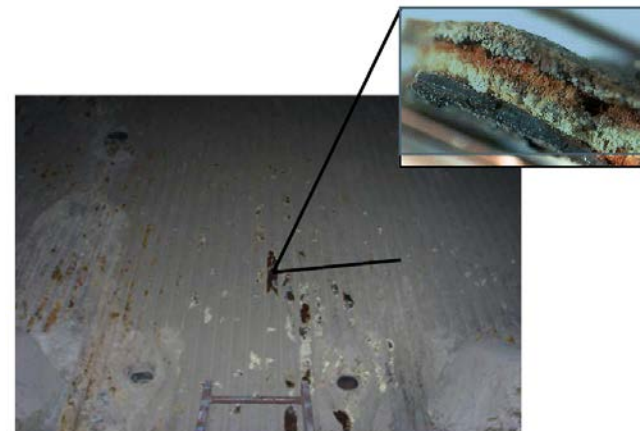
Additivs inverkan på lågtemperaturkorrosion
SEBRA Bränslebaserad el- och värmeproduktion
Stockholm 15 -16 juni 2016
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
◆ Anders Hjörnhede

Mål

Genom dosering av svavel och svavelföreningar till en fluidbäddtestrigg experimentellt bestämma i vilken omfattning lågtemperaturkorrosionen påverkas vid tillsatser av olika additivhalter

Additiv

- Svaveladditiv och alkalisorbenter.
- Syftet med båda typerna är att förhindra bildandet av alkaliklorid genom att bilda mindre aggressiva ämnen.
- Svavel som tillsätts reagerar med korrosiva alkaliklorider och bildar alkalisulfater och gasformigt väteklorid.
- $2 \text{KCl(g)} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \leftrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(\text{s}) + 2 \text{HCl(g)}$
- $2 \text{KCl(g)} + \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(\text{s}) + 2 \text{HCl(g)}$



Lågtemperaturkorrosion

- Korrosionsangrepp på ekonomiser, luftförvärmare och på andra ytor med en relativt låg temperatur
- Orsakerna till detta är flera men bl.a. så understigs syradaggpunkten, T_d ...
- Den utkondenserade gasen är oftast mycket korrosiv, vilket hänger samman med faktorer som exempelvis fukthalt i rökgaserna, bränslekvalité och tillsatser.
- I en helt ren rökgas, som inte innehåller några föroreningar beror daggpunkten enbart på vattenånghalten. Ju högre fukthalt i rökgasen, desto högre blir daggpunktstemperaturen för vatten. Vid en fukthalt i bränslet på 50% ligger daggpunkten i området 60-70°C.
- Om rökgasen innehåller lättlösliga salter kommer kondensering att ske vid högre temperatur. Bränsle som innehåller svavel kan bilda svavelsyra enligt:
$$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{g}, \text{aq})$$

Delikvescenta salter - Delikvescent korrosion

- I pannor som förbränner korrosivt bränsle kan stoft som innehåller salter med delikvescenta egenskaper bildas.
- Delikvescenta salter är hygroskopiska i den mening att de bildar en elektrolyt som potentiellt orsakar omfattande korrosion
- Den delikvescenta korrosionen skiljer sig från daggpunktkorrosion genom att salter som innehåller halogener, vanligen klorider, övergår från gasfas till fast fas och består rökgasen av tillräckligt hög fukthalter, vilken den vanligtvis gör, bildas en mättad saltlösning som utgör den korrosiva elektrolyten.
- Doseras svavel eller svavelföreningar kompliceras bilden ytterligare genom att korrosionen inte bara påverkas av daggpunkten utan också av den s.k. delikvescenta korrosionen.
- Värt att notera är att salter med delikvescenta egenskaper bildas företrädesvis av Ca, Mg och Zn men inte med K eller Na

Mätning av lågtemperaturkorrosion

- Vid studier av lågtemperaturkorrosion är egentligen syradaggpunkter inte helt relevanta eftersom de endast indirekt ger information om korrosionen och korrosionsprocessen.
- Bestämning av syradaggpunkt identifierar ej heller den delikvescenta korrosionen
- Korrosionssonder detekterar således den korrosion som uppstår p.g.a. de delikvescenta egenskaperna hos bildade salter, samt den korrosion som uppstår p.g.a. syradaggpunktens underskridande.
- Korrosionssonderna detekterar ej daggpunkt men kan indirekt användas för detta.

Utrustning: Realtidskorrosionssensorer

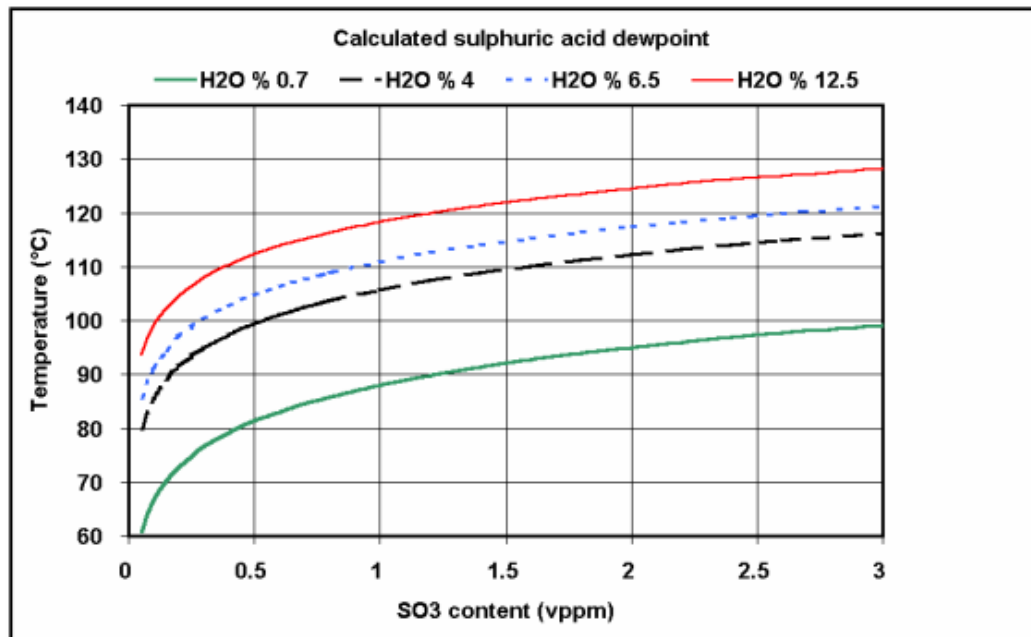
- Korrosionshastigheten på godtycklig legering mäts var 30:e sekund
- Linjär polarisationsresistans och elektrokemiskt brus (electrochemical noise)
- Allmätkorrosion och gropfrätning
- Från mikrometer till decimeter per år
- Korrosion i sopbilar, kraftvärmeverk <300C, kylsystem, bottenaska från avfallseldade pannor, dricksvatten

Utrustning: ERC SO₃-Quickspot-mätinstrument

- SO₃-Quickspot-mätinstrumentet är dock förhållandevis okänsligt och ger ett grovt värde på SO₃-halten.
- Daggpunkten (Td) för SO₃ kan beräknas enligt Verhoffs metod:

$$Td = 1000 / \{2.276 - 0.0294 \ln(PH_2O) - 0.0858 * \ln(PSO_3) + 0.0062 * \ln(PH_2O * PSO_3)\}$$

Syradaggpunkttemperaturer



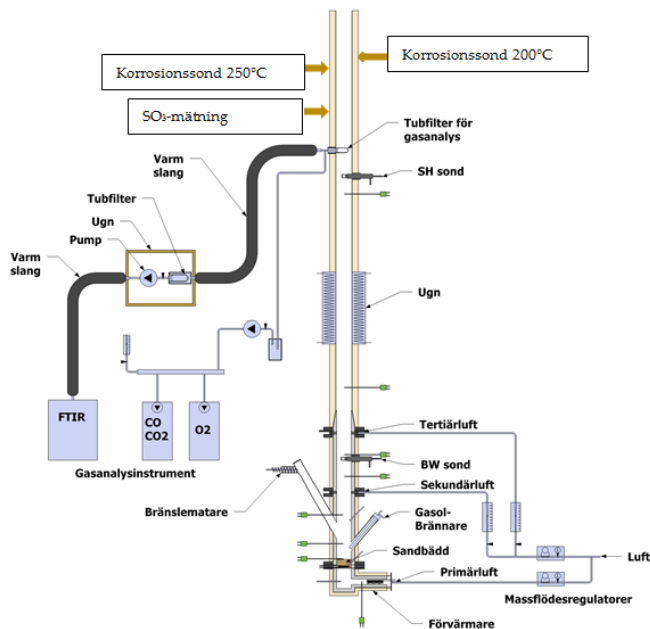
Bränsleanalyser

Parameter	enhet	Trä	RT-flis
Fukthalt	vikt-%	7,0	7,4
Aska	vikt-%TS	0,3	8,6
effektivt värmevärde	MJ/kgTS	18,93	18,54
Svavel	vikt-% TS	<0,01	0,1
Kväve		0,06	1,8
Väte		5,9	5,6
Kol		48,9	45,9
Syre		44,8	38
Klor		<0,01	0,26
Kisel	vikt-% TS	0,010	2,31
Kalcium		0,066	0,72
Aluminium		0,023	0,28
Järn		0,004	0,4
Kalium		0,028	0,17
Magnesium		0,013	0,10
Mangan		0,008	0,01
Natrium		0,001	0,22
Fosfor		0,005	0,02
Titan		0,000	0,16

Försök 8-fall

Träflis (referens)	RT-flis (referens)
Träflis + 1% svavel	RT-flis + 1% svavel
Träflis + 3% svavel	RT-flis + 3% svavel
Träflis + 12,4% ammoniumsulfat (motsvarar 3% svavel)	RT-flis + 12,4% ammoniumsulfat (motsvarar 3% svavel)

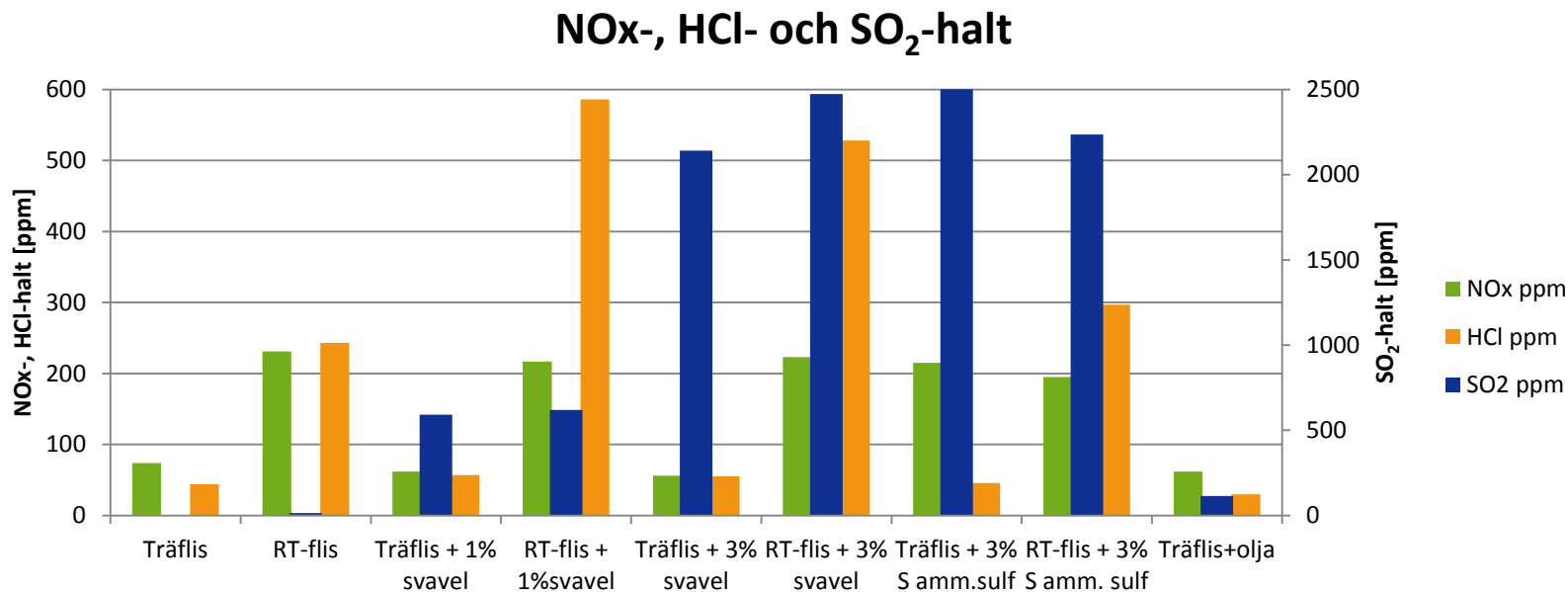
Fluidbäddrigg



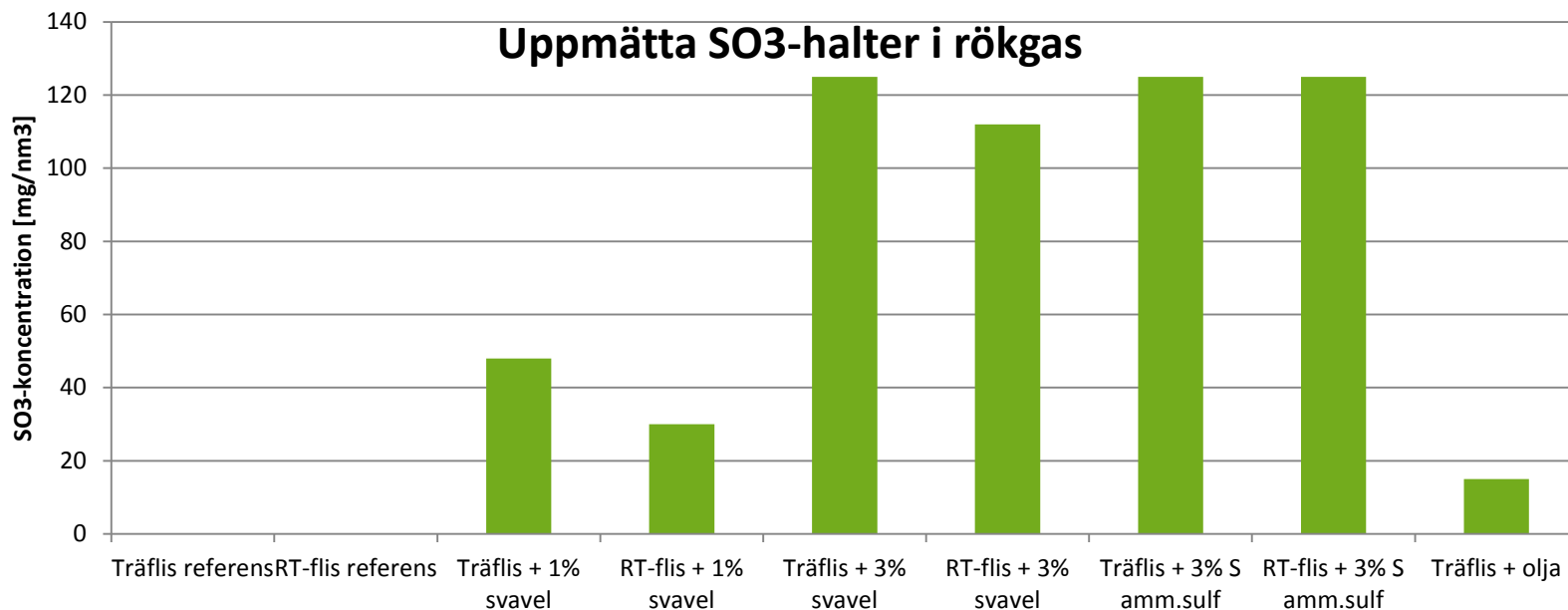
Korrosionssond



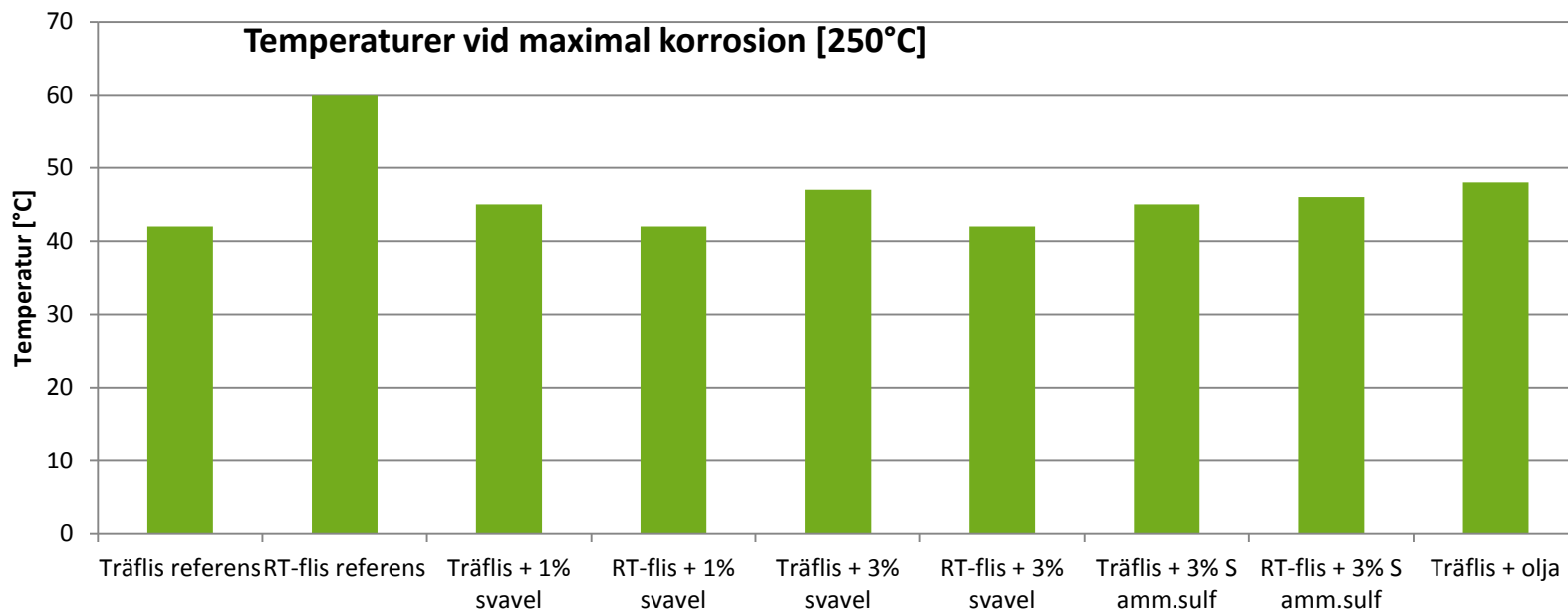
Uppmätta NOx-, HCl- och SO₂-halter



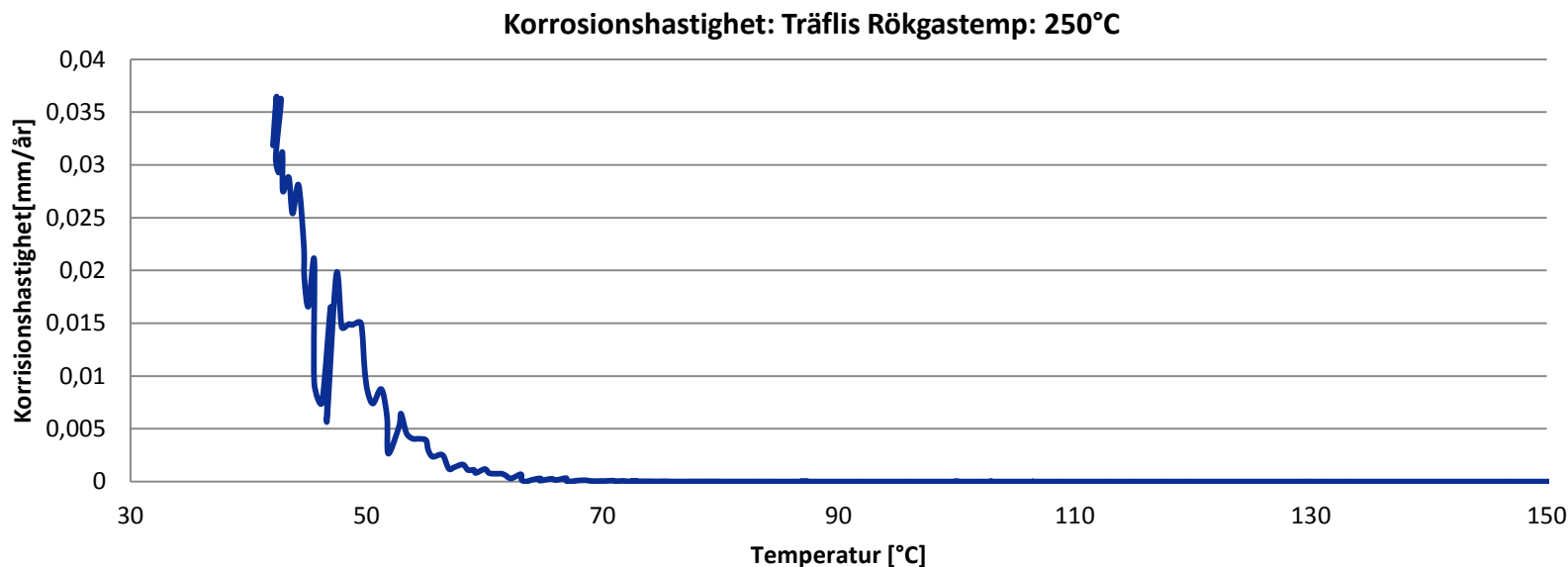
Uppmätta SO₃-halter i rökgas



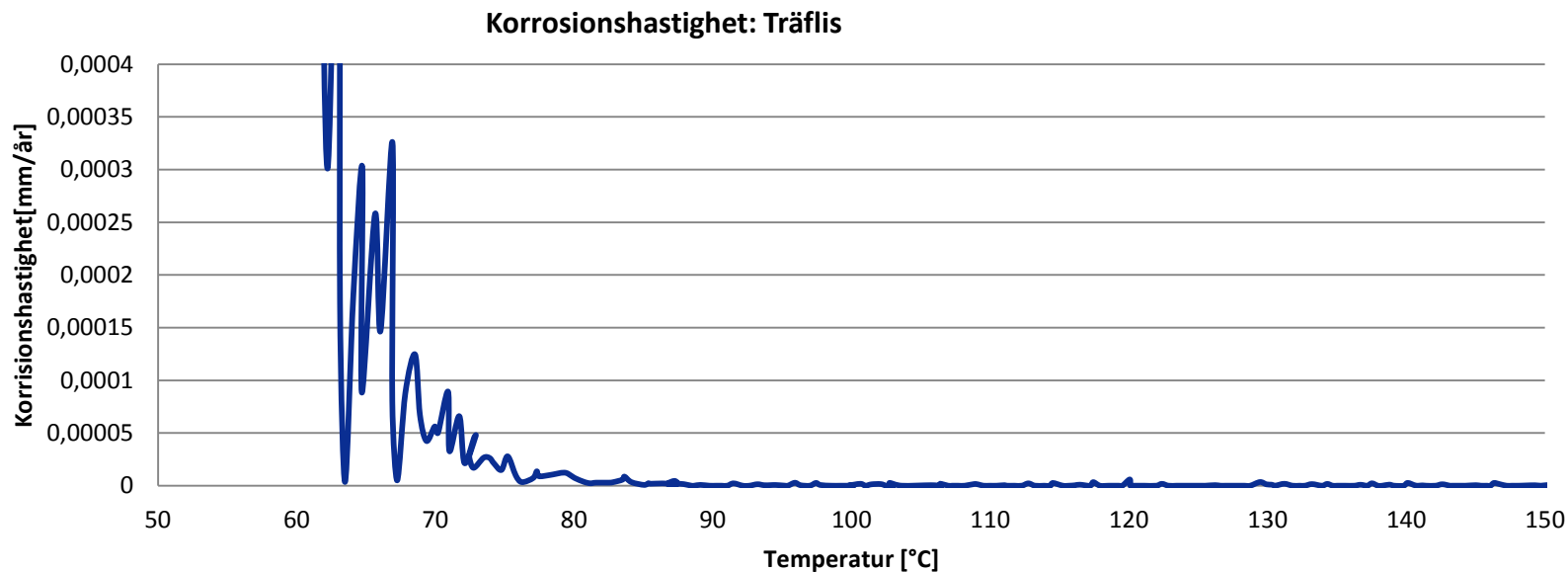
Temperaturer vid maximal korrosionshastighet [250°C]



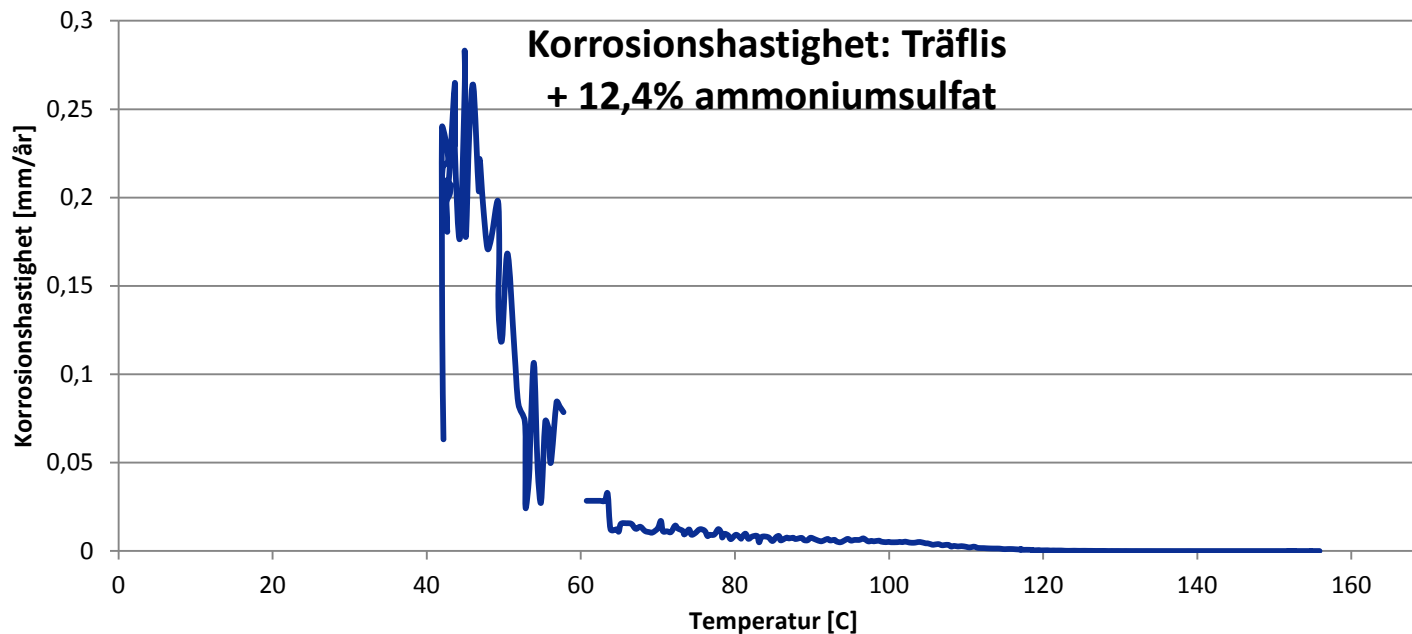
Korrosionshastighet: Träflis Rökgastemp: 250°C



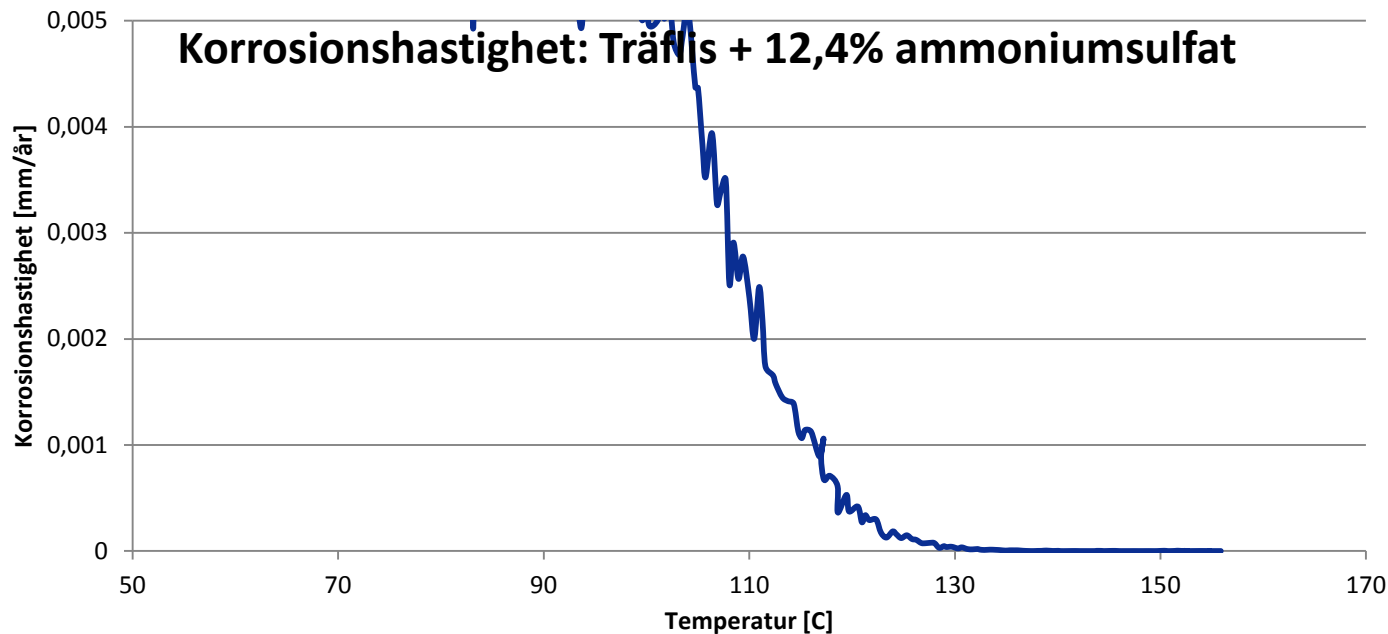
Korrosionshastighet: Träflis



Korrosionshastighet: Träflis + 12,4% ammoniumsulfat



Korrosionshastighet: Träflis + 12,4% ammoniumsulfat

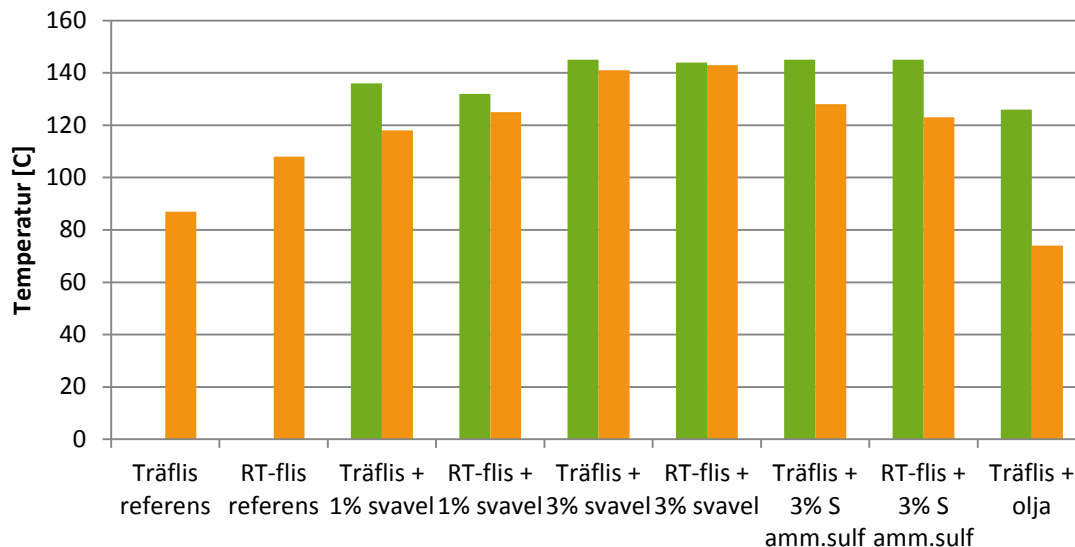


Korrosionssond efter exponering



Daggpunkt och korrosion

Daggpunkt, korrosion

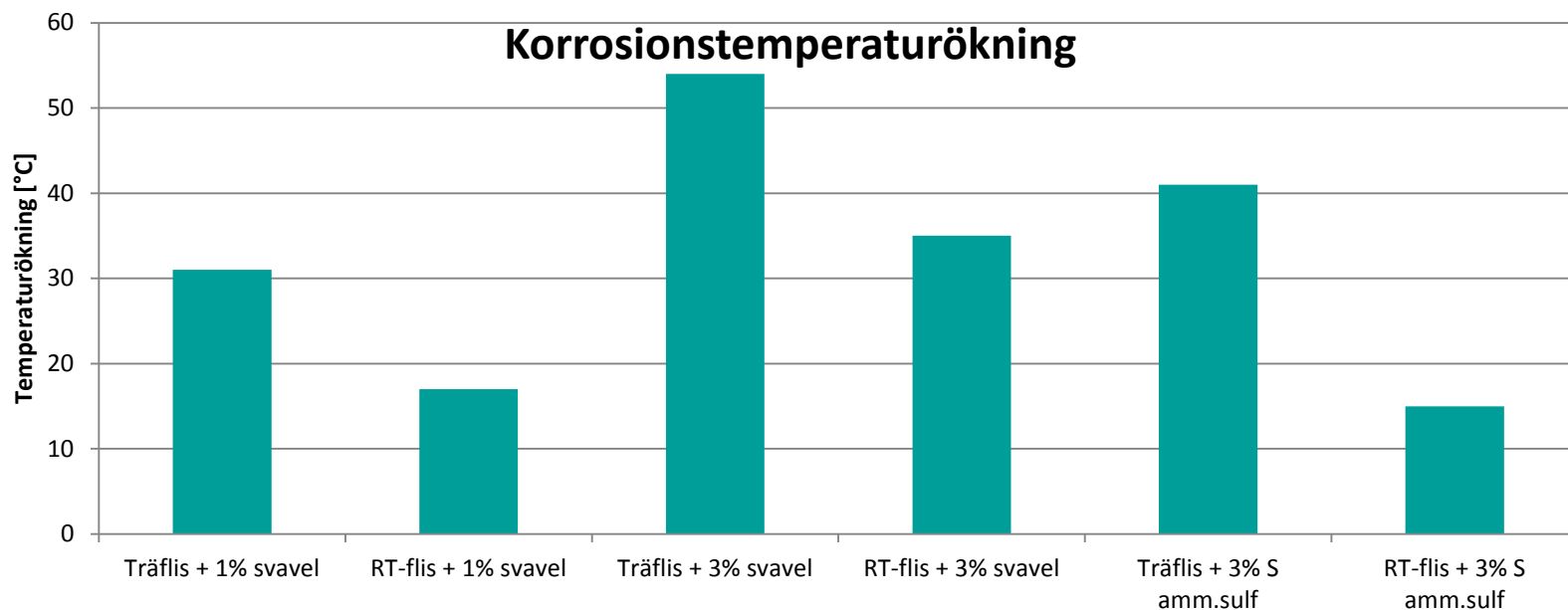


Rökgastemperatur:
250C och 200C
Temperaturramper:
160-40C (250C)
och 120 - 40C (200C)

■ Beräknad daggpunkt (SO3-halt)

■ 1:a Korrosion 250C

Korrosionstemperaturökning



Slutsatser

- Vid tillsättande av svaveladditiv, eller likande föreningar kan korrosionsmekanismen ändras från hygroskopisk – delikvescent korrosion till korrosion som beror på syradaggpunktens underskridande eftersom bränsle utan svavelinnehåll ej kan ha en syradaggpunkt.
- Daggpunktstemperaturen stiger signifikant av svaveltillsats, men dock inte lika mycket vid ammoniumsulfattillsats i bränslet
- Korrosionshastigheten är förhållandevis låg strax under syradaggpunkten
- Använd realtidskorrosionssond för att mäta lågtemperaturkorrosionsrisken



Inspektion och OFP av GAP – ny handbok och skadeatlas

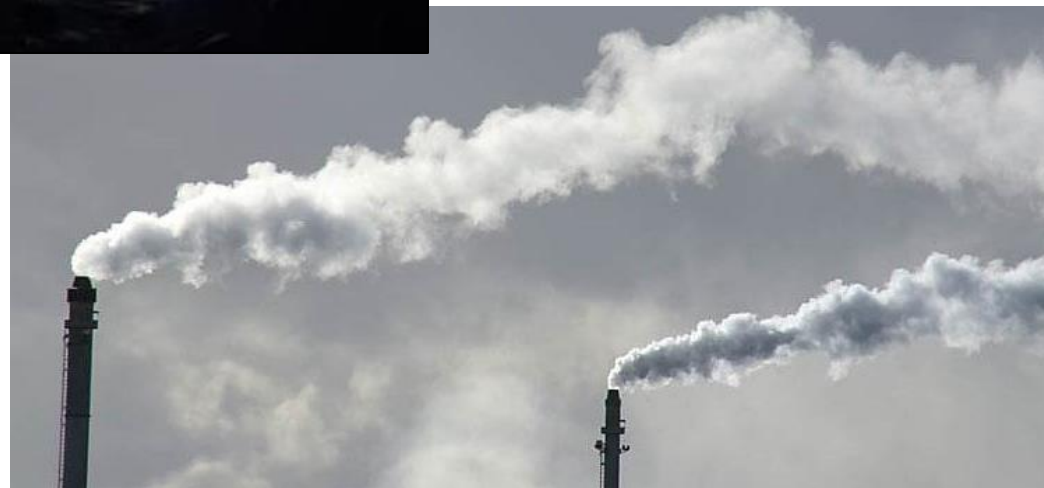
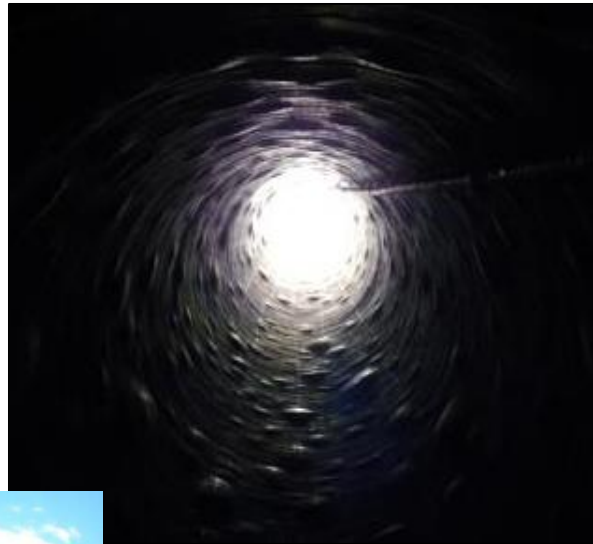
Energiforsks konferens 2016

Piperska muren

Caroline Ankerfors

caroline.ankerfors@swerea.se

Vad är GAP och var finns det?



Vad är OFP?

- Visuell inspektion
- Penetrantprovning
- Barcolhårdhet
- Ultraljudsprovning
- Röntgen
- Termografi
- Mikrovågteknik
- Spektroskopiska metoder
- Akustisk emission



Visuell inspektion – en OFP!

- Inspektioner i fält
- Knacka, känna
- Mäta
- Kontrollera
- Dokumentera





Ibland är det svårt med
visuell inspektion....

Andra OFP-metoder behövs!

OFP - Oförstörande provning

OFP (av GAP) är krav enligt regelverk, exempel:

- Europeiska Tryckkärlsdirektivet (PED), (97/23/EC) samt enligt Svenska regelverk för tillverkningskontroll (AFS 1999:4 and 2005:2)
- AFS 2005:3 för krav vid återkommande besiktning.

Konventionella OFP-metoder som i första hand är utvecklade för metalliska material har begränsningar och är ofta olämpliga för plaster och kompositmaterial.



Bakgrund till "OFP-projektet"

- Det finns lagkrav på OFP i Sverige
- Lämpliga OFP metoder saknas för GAP
 - Stort behov av metodutveckling för GAP och andra polymera material
- Olika åsikter om skador på GAP-utrustning vid inspektioner
 - Olika bedömningar är ett problem, t.ex. under garantibesiktningar. Samsyn i branschen behövs!
 - Kritiska skador måste hittas och åtgärdas MEN onödiga reparationer är dyra.
 - Hur bör skador bedömas?

Projektstart: 2014-01-01

Slutrapportering: 2015-12-15

Projektmål:

Skapa samsyn i branschen

- underlätta och förbättra inspektion och statusbedömning av utrustningar i GAP

HANDBOK

En generell handledning för
GAP, inspektion och OFP

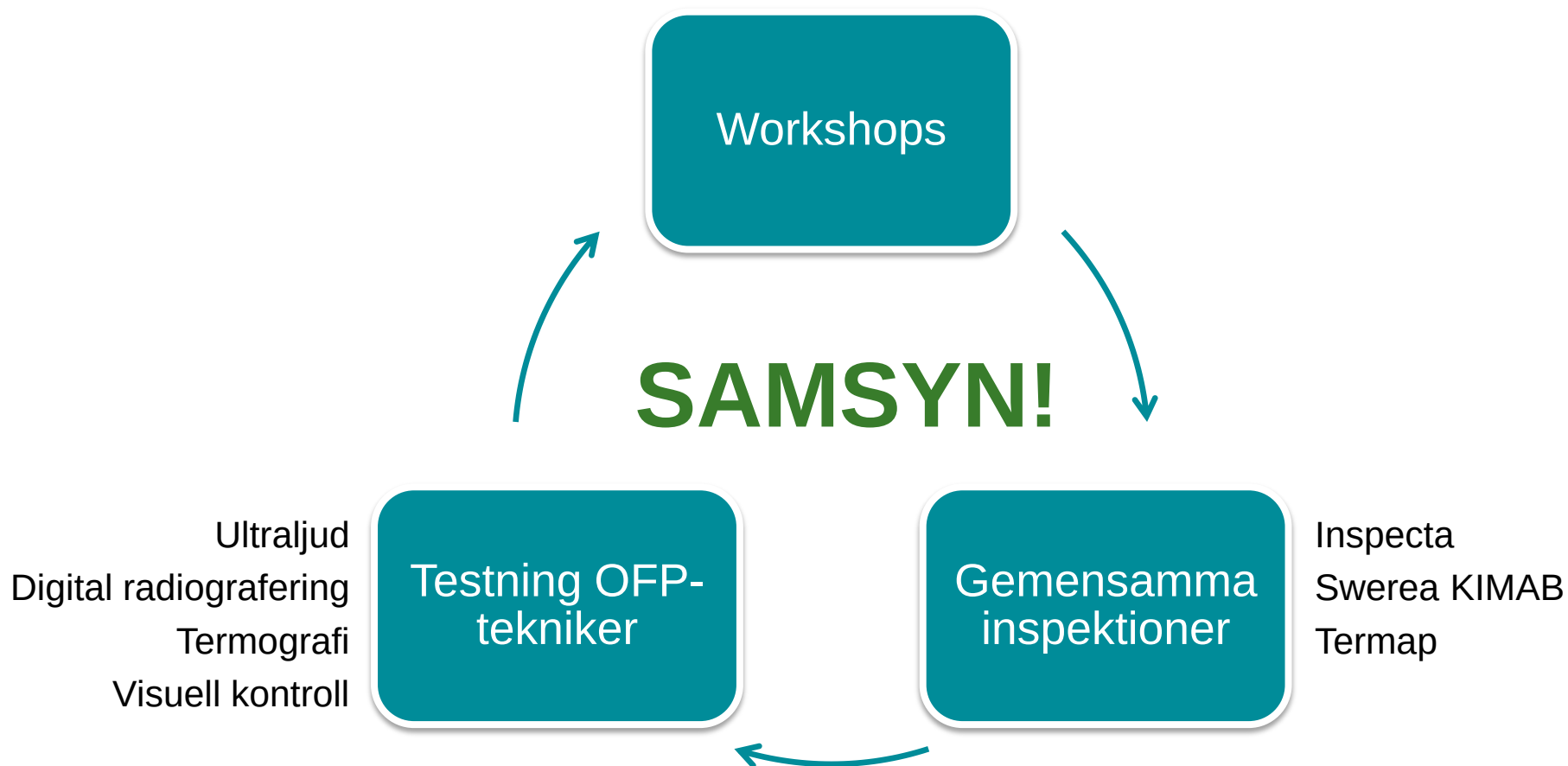
Ett verktyg för inspektion och
OFP av nytta för inspektörer och
andra

SKADEATLAS

Bild – tolkning – rekommenderad
OFP-metod

Litet format, så att den enkelt
kan användas i fält

Projektets aktiviteter



Workshops



Hetech AB

JKMC-Safe Control Boiler Service



swerea|KIMAB

Inspecta

Gemensamma inspektioner

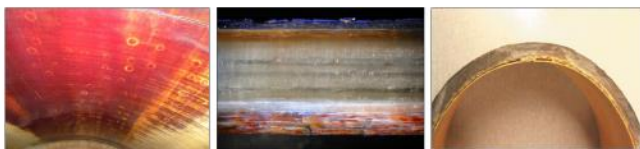


Slutprodukterna

Skadeatlas GAP

Utgiven December 2015

swerea | KIMAB
Inspecta



HANDBOK FÖR INSPEKTION AV GLASFIBERARMERAD PLAST

RAPPORT 2015:180

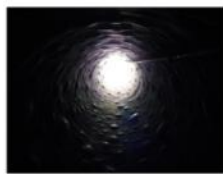
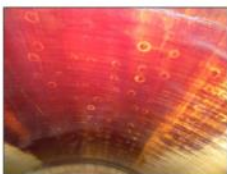


 Energiforsk

Skadeatlas

Benämning, bild, orsak och uppkomst

Blåsor



Blåsor uppkomma då vatten (fukt) tränger in i laminatet för att där späda eventuella lägmolekyler ämnen i en s.k. osmotisk process. Den indiffererande fukten kondenserar till vatten, ansamlas och bildar fickor eller håligheter i laminatet. Förekomsten av kondensat i håligheter i laminatet kan i sin tur leda till att ytterligare vattenlösliga ämnen i eller kring glasfibern löses upp och en blåsa av saltlösning bildas. Ytterligare vatten diffunderar in i laminatet för att späda ut saltlösningen (en s.k. osmotisk cell har bildats). Blåsan växer då det ökade trycket inne i blåsan blir högre än hållfastheten i det omgivande laminatet. Vanligtvis växer blåsorna till en viss diameter då det uppstår jämvikt mellan hållfastheten i laminatet och storleken på blåsan. Blåsorna är i regel ytnära och återfinns strax under spärrskiktet, men syns och känns tydligt på ytan.

Blåsornas tillväxt är i regel snabb i början, men avtar med tiden. Blåsorna är till en början vätskefyllda, men kan med tiden torka ut. Hos torra blåsor väntas ingen fortsatt tillväxt. Faktorer som tros vara viktiga för uppkomst och tillväxt av blåsor är hög temperatur, temperaturväxlingar samt temperaturgradient i laminatets tjockleksriktning.

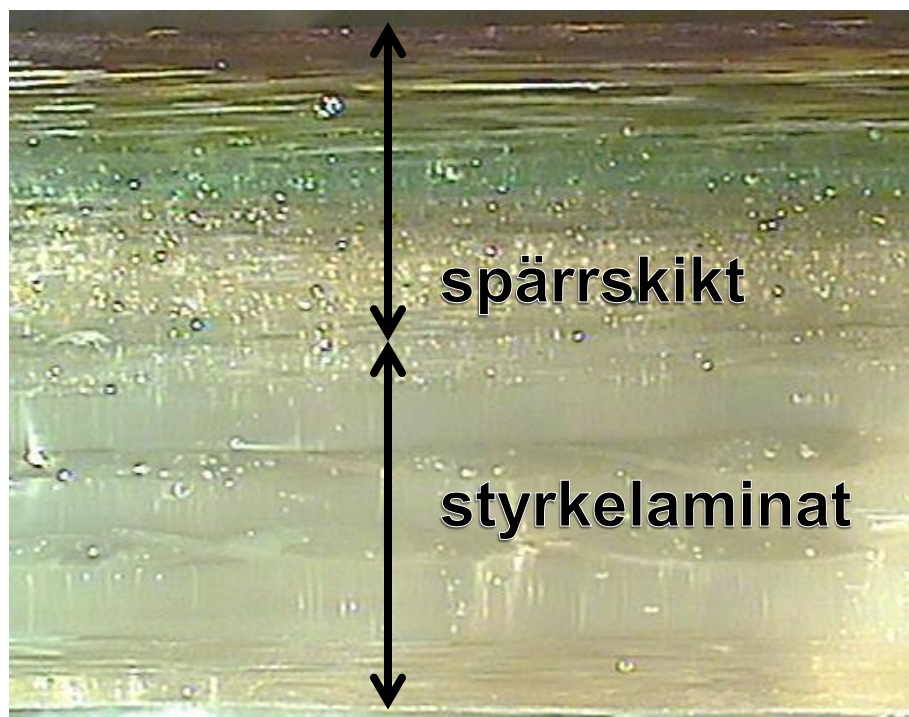
Så länge ytskiktet är intakt och styrkelaminatet är skyddat anses blåsor i regel inte orsaka några andra problem än rent estetiska. Blåsor i spärrskiktet saknar oftast teknisk betydelse. Vid kraftig, oväntad tillväxt hos objekt som varit i bruk i mer än ett par år, rekommenderas en utredning av orsaken som sannolikt hör samman med processförändringar.

- Benämning
- Beskrivning
- Förväntad utveckling
- Lämplig OFP-metod
- Acceptanskriterier
- Betydelse för hållfasthet
- Åtgärd/förslag på reparation

Blåsor

Benämning	Beskrivning av defekten	Förväntad utveckling	Lämplig OFP-metod	Acceptanskriterier	Betydelse för hållfasthet	Åtgärd/förslag på reparation
Blåsor, bölder Blisters	Ytnära blåsor av varierande storlek, från några cm i diameter och uppåt.	Tillväxten är oftast snabb de första åren, men avtar senare.	Visuell kontroll Blåsor ses oftast bäst i släpljus från ficklampa Ultraljud Fuktmätare kan ge indikation på vätskefyllda blåsor i laminatet	Blåsor under ett i övrigt intakt spärrskikt accepteras utan åtgärd Blåsor som orsakat genomgående skador i spärrskikt ska repareras En öppen blåsa accepteras ej	Liten Osäker	Blåsor lämnas normalt utan åtgärd, men registreras och följs upp när tillfälle ges. Vid kraftig oväntad tillväxt av antal eller storlek, rekommenderas en utredning av orsaken. Särskild bedömning/reparation Reparation, slipa ned till friskt laminat och bygg upp nytt

Glasfiberarmerad plast - GAP



Generell princip:
Komponenten är säker för
fortsatt drift så länge
styrkelaminatet är opåverkat

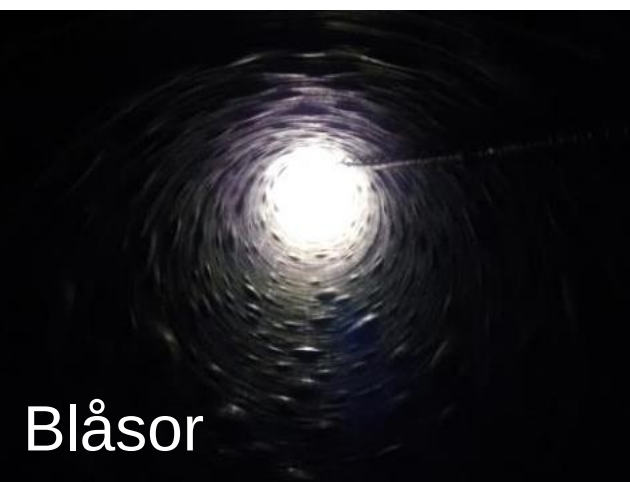
Spärrskiktet är ett “offerlager”

Spärrskikt = Corrosion barrier
Styrkelaminat = Structural laminate

Skador i GAP



Korrosion



Blåsor



Delamineringar



Sprickor



Missfärgning/
överhettning

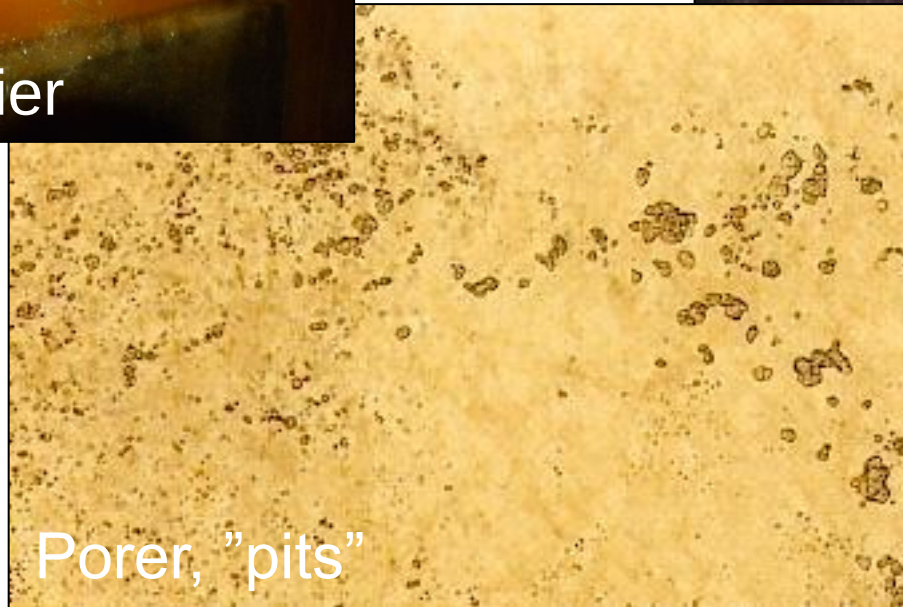


Slagskador



Erosion

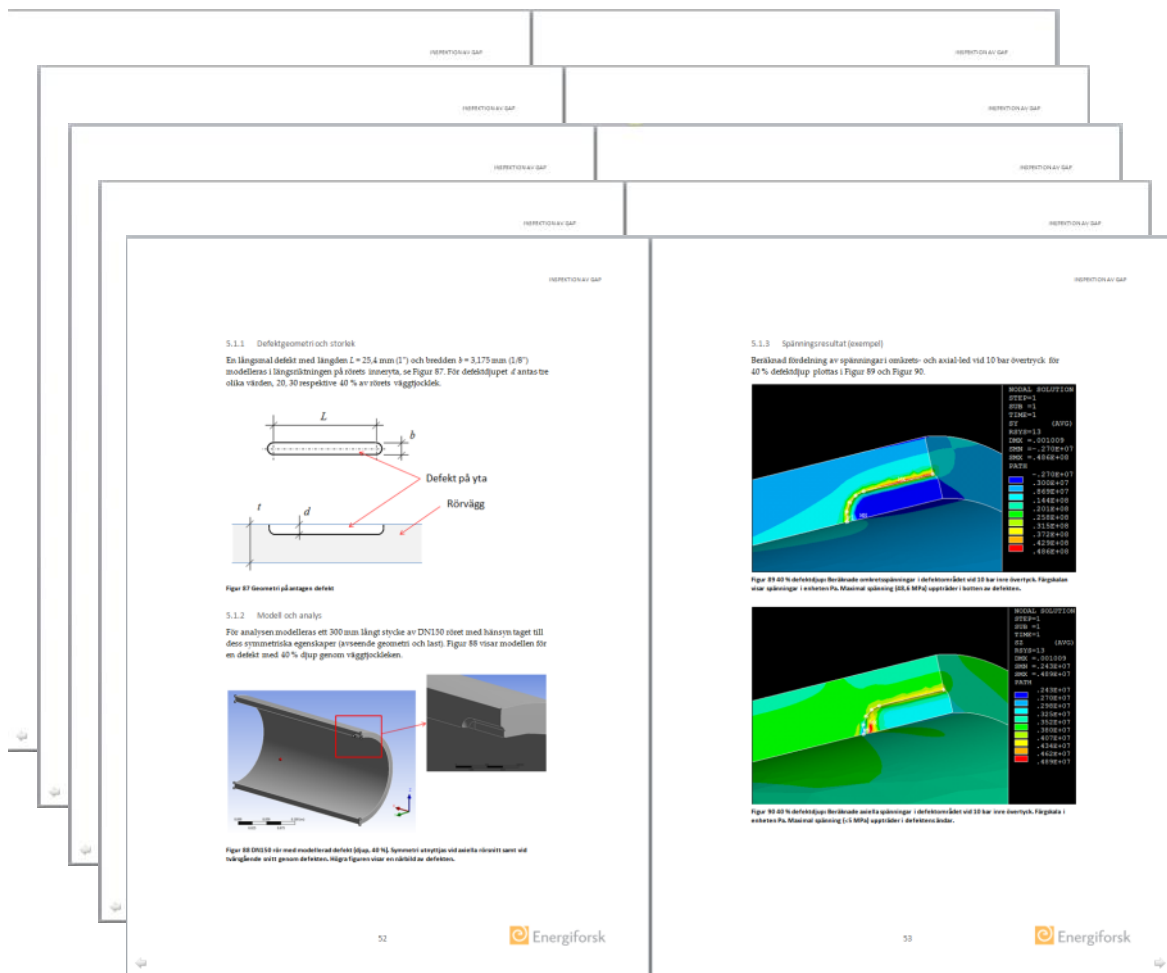
"Defekter" relaterade till tillverkningen



Handbok

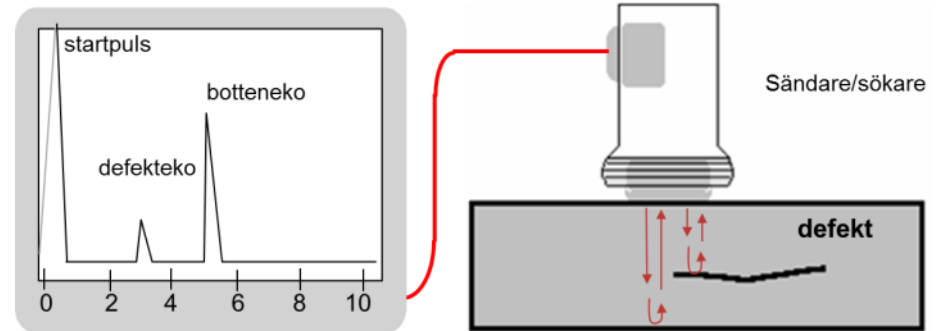
-Handledning för inspektion och OFP av GAP

- Introduktion GAP
 - Inkl. föreskrifter & standarder
- Inspektion
 - Förstörende provning
 - Oförstörende provning
- Skadetyper
- Om reparationer
- Beräkningar som verktyg

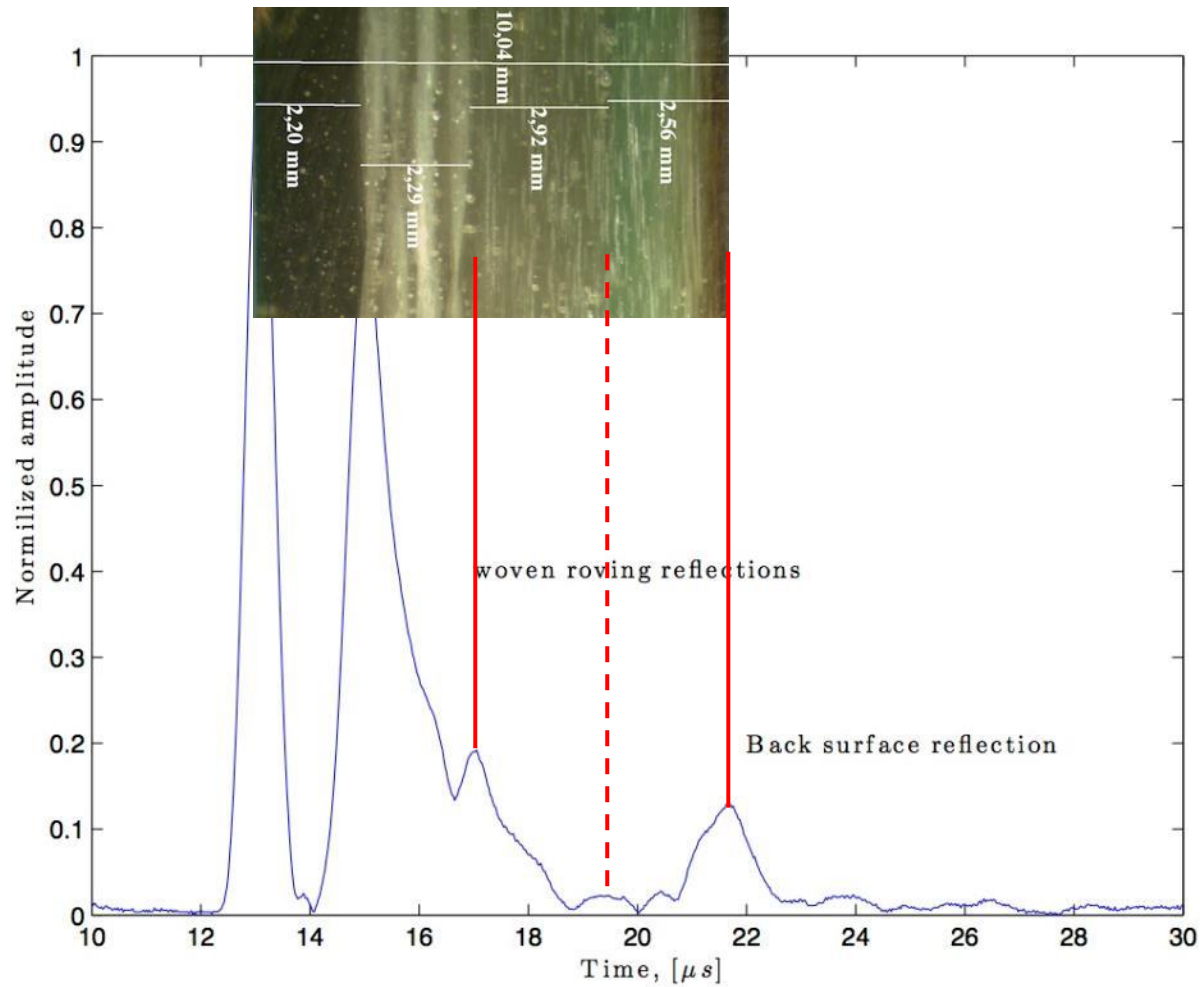


OFP-tekniker

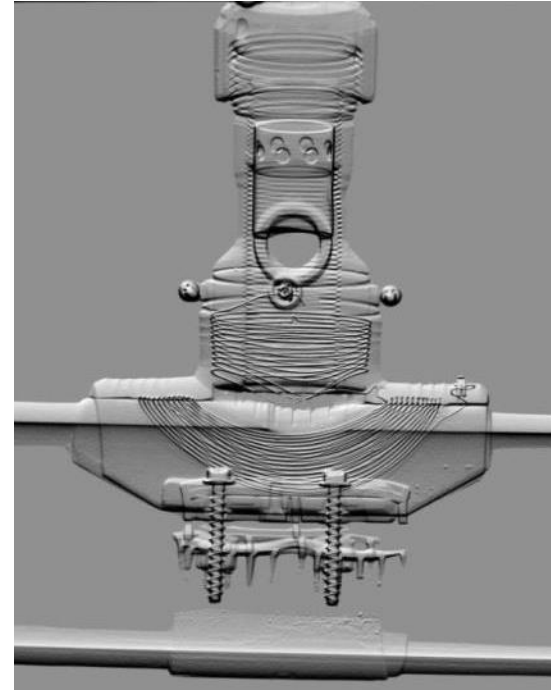
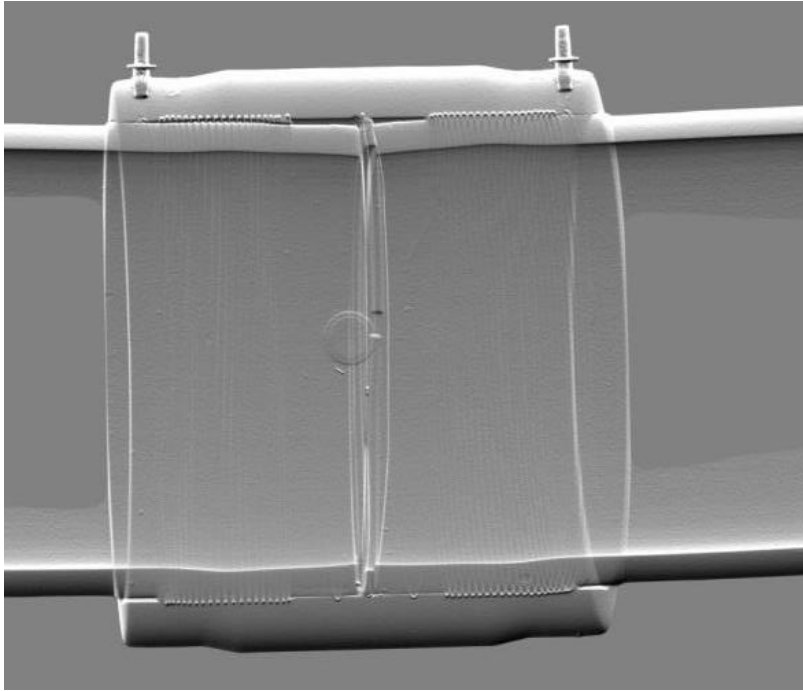
OFP-tekniker - Ultraljud



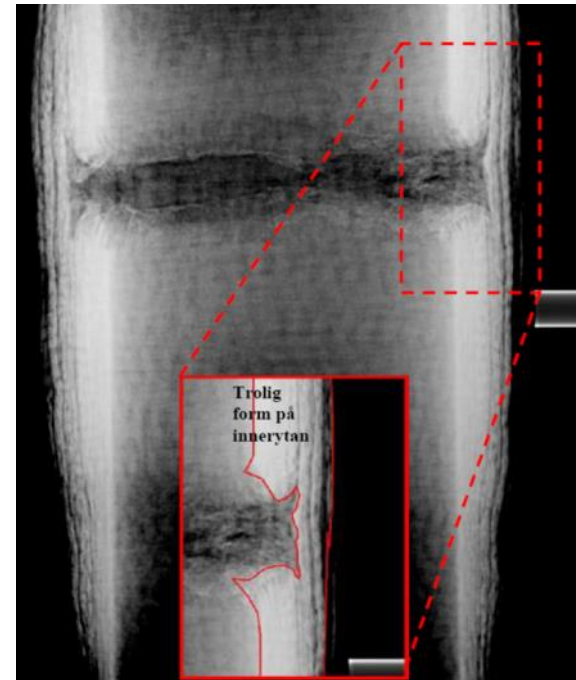
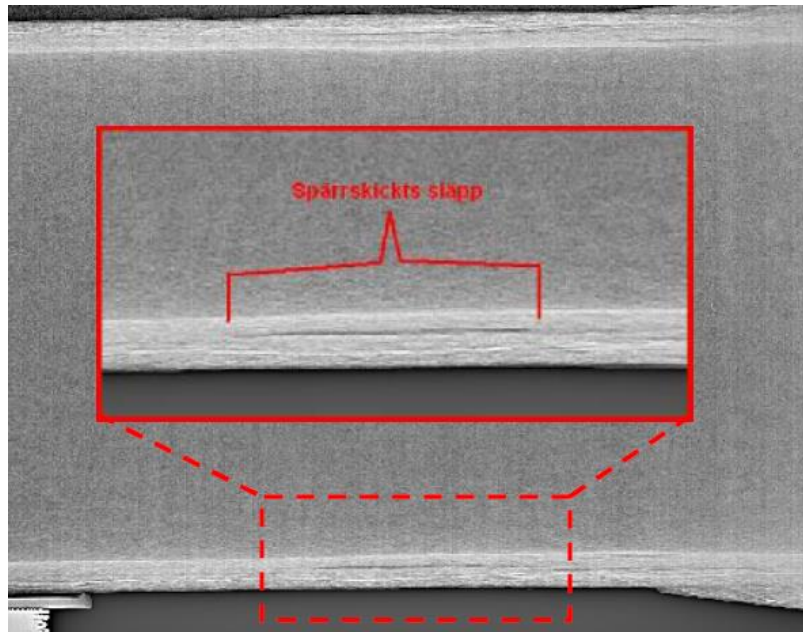
OFP-tekniker - Ultraljud



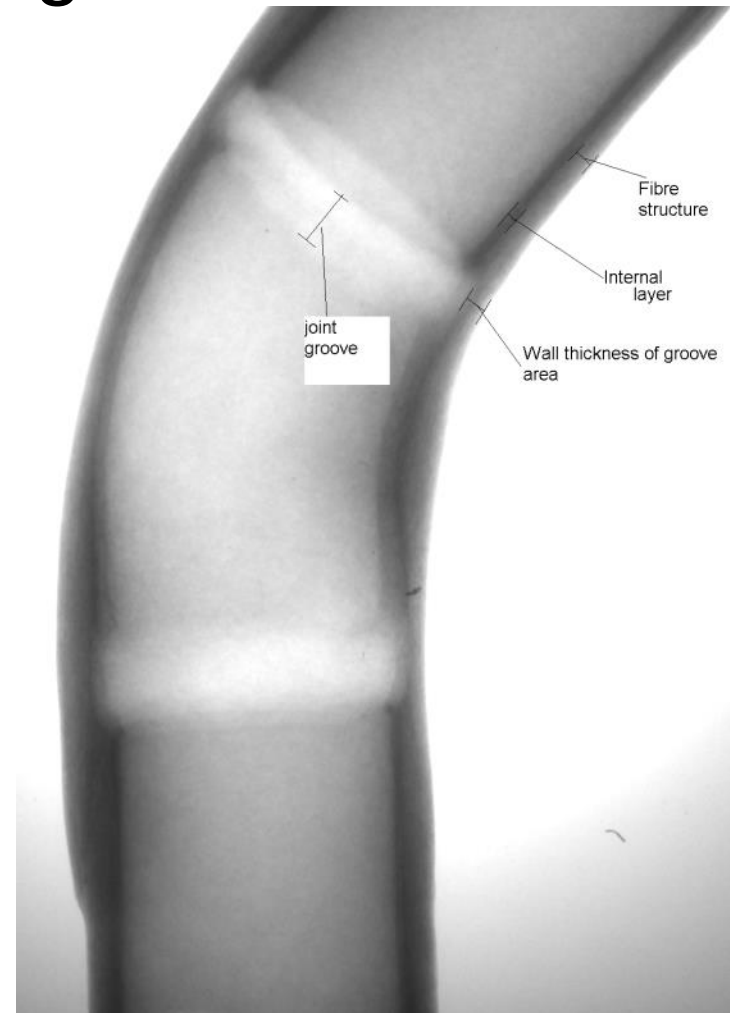
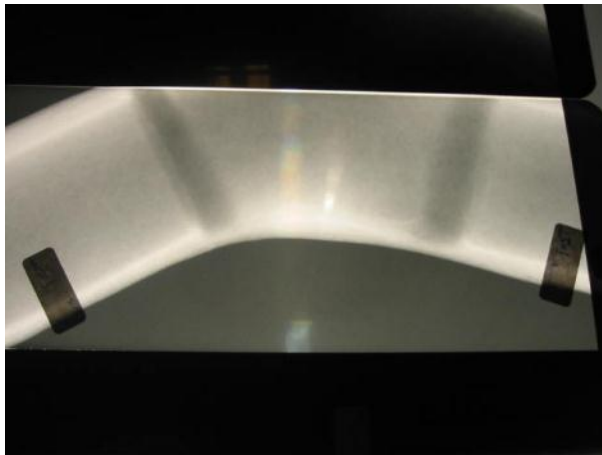
OFP-tekniker - Digitalröntgen



OFP-tekniker - Digitalröntgen



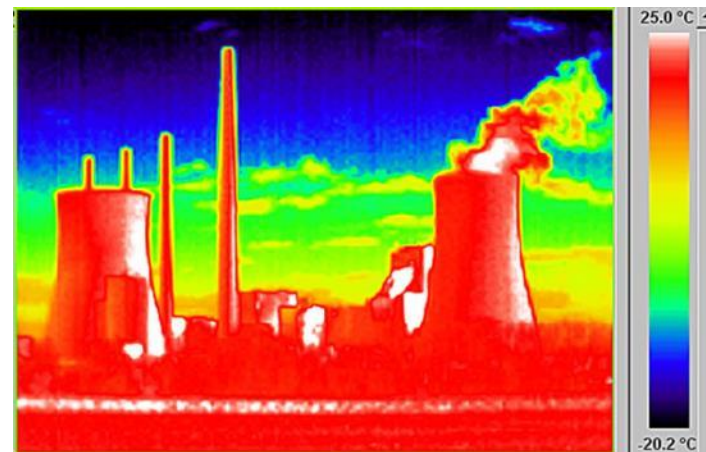
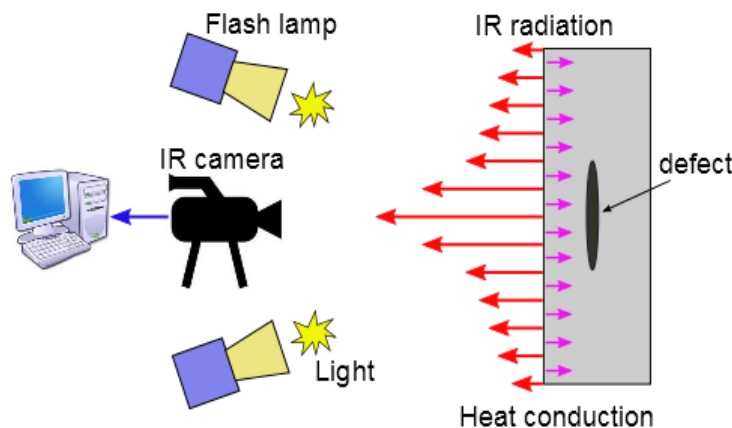
OFP-tekniker - Digitalröntgen



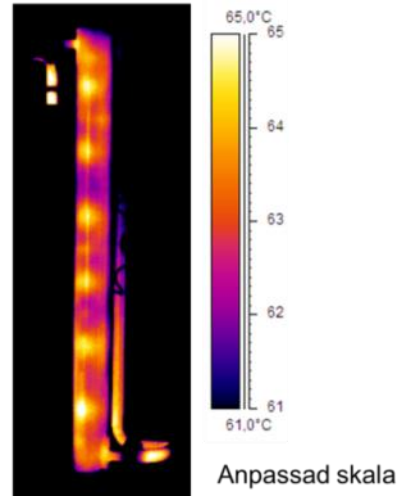
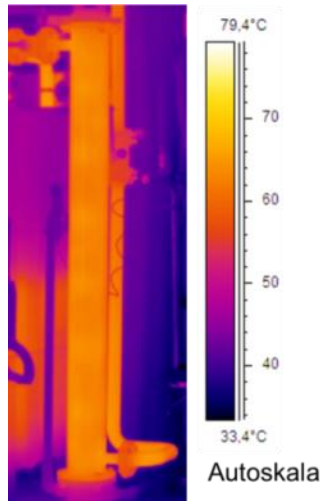
OFP-tekniker – Termografi (“värmekamera”)

Passiv mätning – enkel teknik baserad på alla objekts naturliga värmestrålning

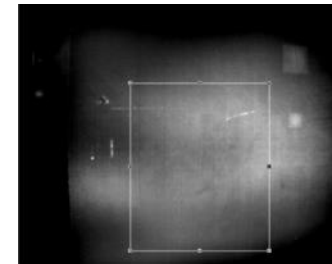
Aktiv mätning – ett föremål belyses med en ljuspuls och den termiska responsen från ett objekt registreras



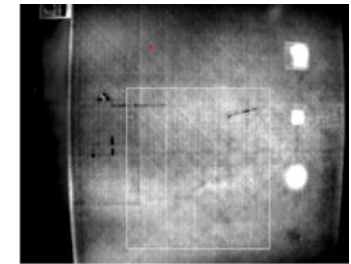
OFP-tekniker – Termografi (“värmekamera”)



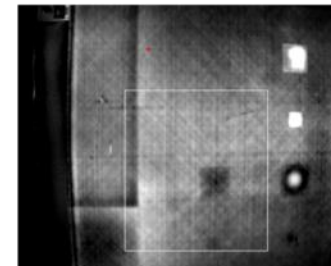
Passiv termografi



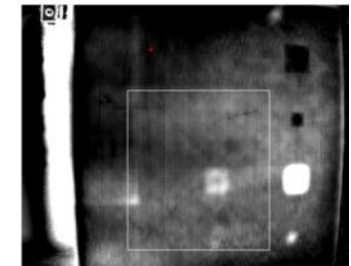
Normal IR-bild, bild 56



2 derivatan, bild 56



2 derivatan, bild 75



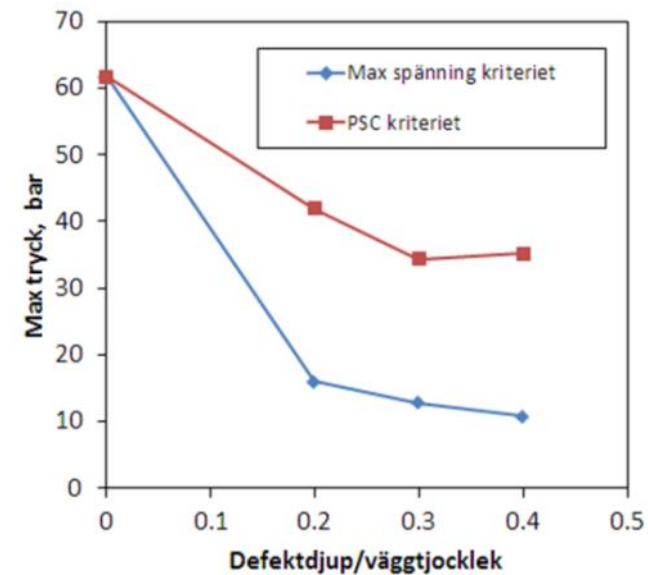
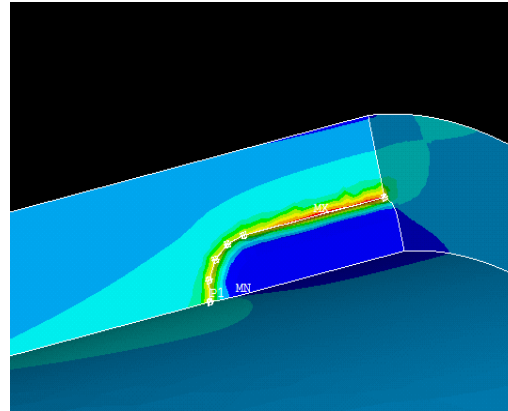
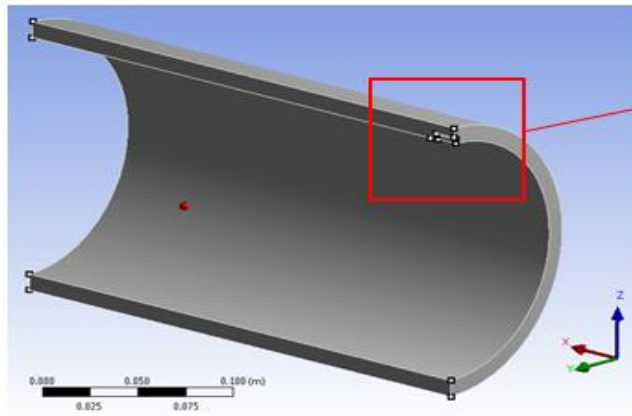
2 derivatan, bild 384

Aktiv termografi

Bilder: Termisk Systemteknik, Linköping

FEM-beräkningar som verktyg

- Inverkan av defektdjup på hållfasthet

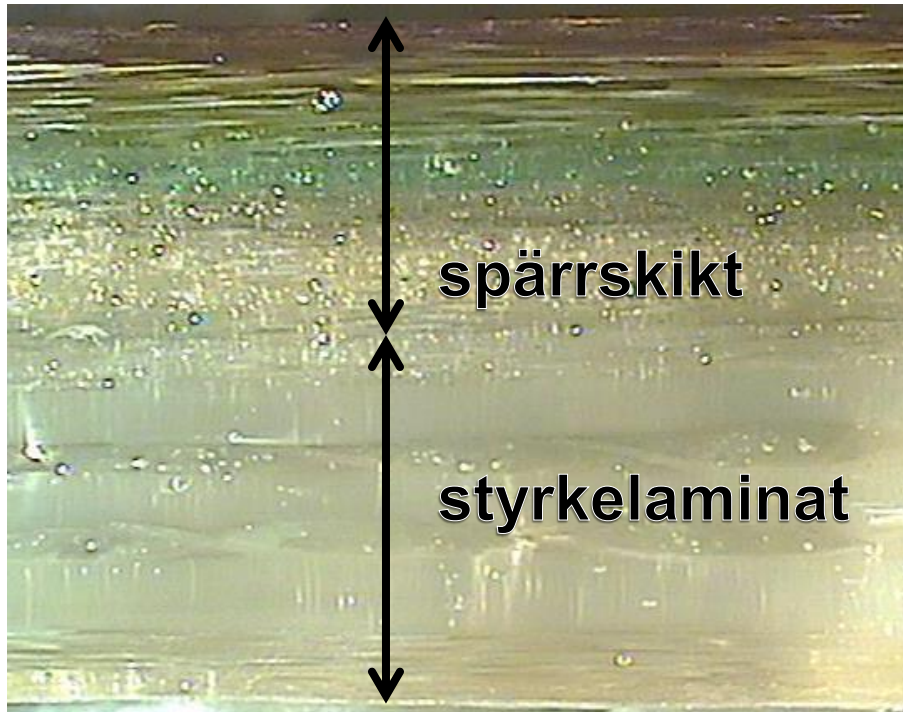


Förstörande provning

- att ta ut en rondell



Glasfiberarmerad plast - GAP



- Analys av polerat tvärsnitt mha ljusmikroskopi
- Mätning av T_g
- Analys av hartstyp
- Analys av glastyp
- Uthärdningsgrad
- Reststyrenhalt
- Ungefärlig maxdriftstemp

OFP-projektet är nu avslutat

Handboken och skadeatlasen finns
nu att ladda ner från Energiforsks
rapportdatabas

Tack!



Caroline Ankerfors

caroline.ankerfors@swerea.se

swerea | **KIMAB**



Begränsad eldstadskorrosion genom reglerad blyhalt

Rikard Norling

Fredrik Niklasson, Anders Hjörnhede (SP)

Leyla Wickström, Annika Talus (Swerea KIMAB)

Bly – ett korrosionsproblem?

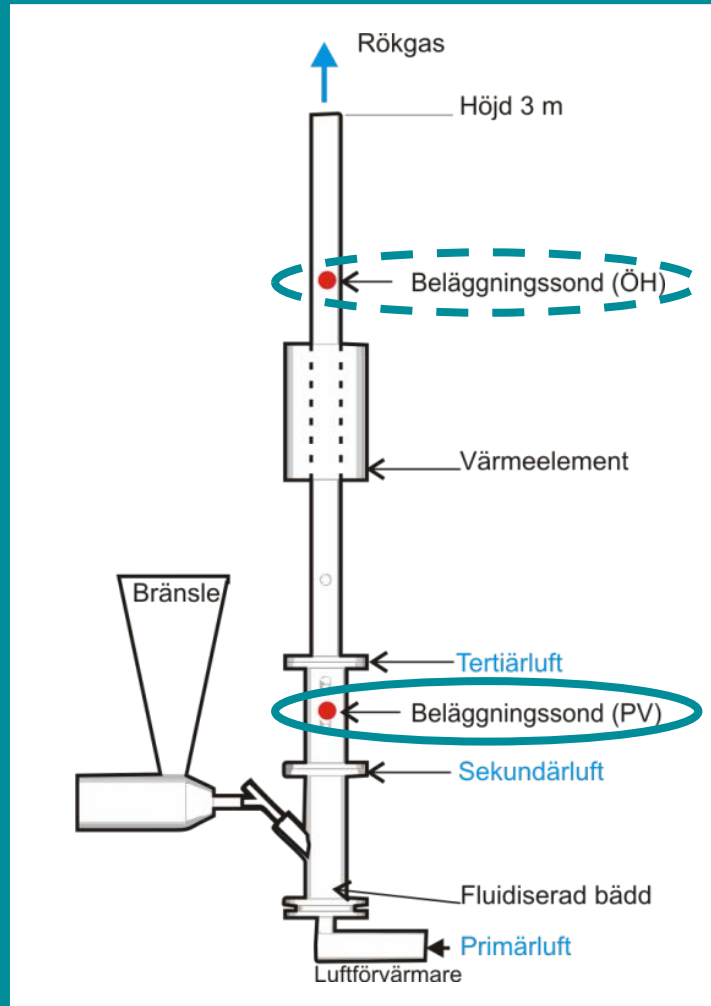
- Anläggningar som eldar returträ ser ökande korrosionsproblem
 - främst för eldstadsväggar
- Samtidigt har blyhalten i bränslet ökat
 - ökande import
 - troligen från färgrester
- Finns det ett samband?
- Hur kan problemet begränsas?

Projektmål

- Beskriva relationen mellan blyhalt i bränsle och korrosionshastighet
- Rekommendera gränsvärden för blyhalt för att minimera korrosionen
 - Föreslå bränslespecifikation för att minska korrosionshastigheten med minst 25%
 - Sänka kostnaderna för eldstadskorrosion med 25%
- Ge ett korrosionsrelaterat underlag för värdering av bränslepriser utifrån blyhalt

Laboratorieförsök i förbränningsrigg

$T_{\text{rökgas}} \sim 900^{\circ}\text{C}$



← $\lambda=1,3$

← $\lambda=0,7$

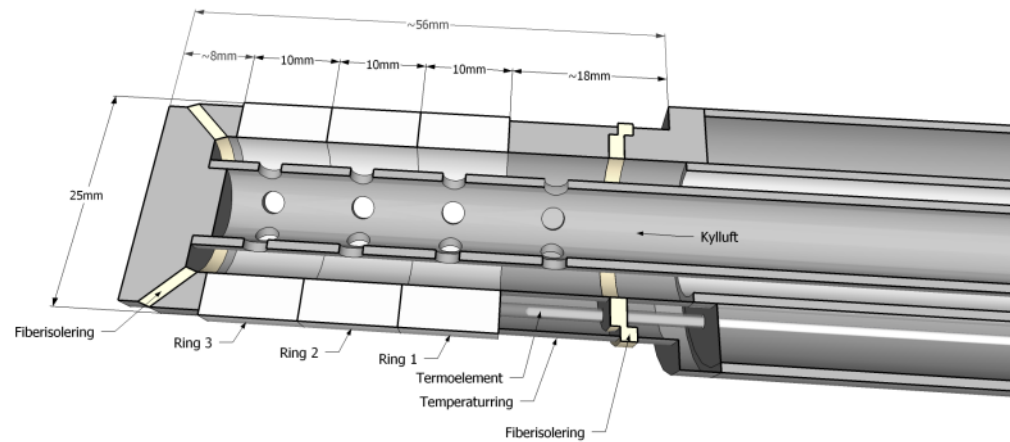
Försöksplan

		Nivå 0	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Ref 1	Ref 2
Pb	mg/kg	0	10	100	1000	0	100
Cl	vikt. %	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Zn	mg/kg	100	100	100	100	0	0

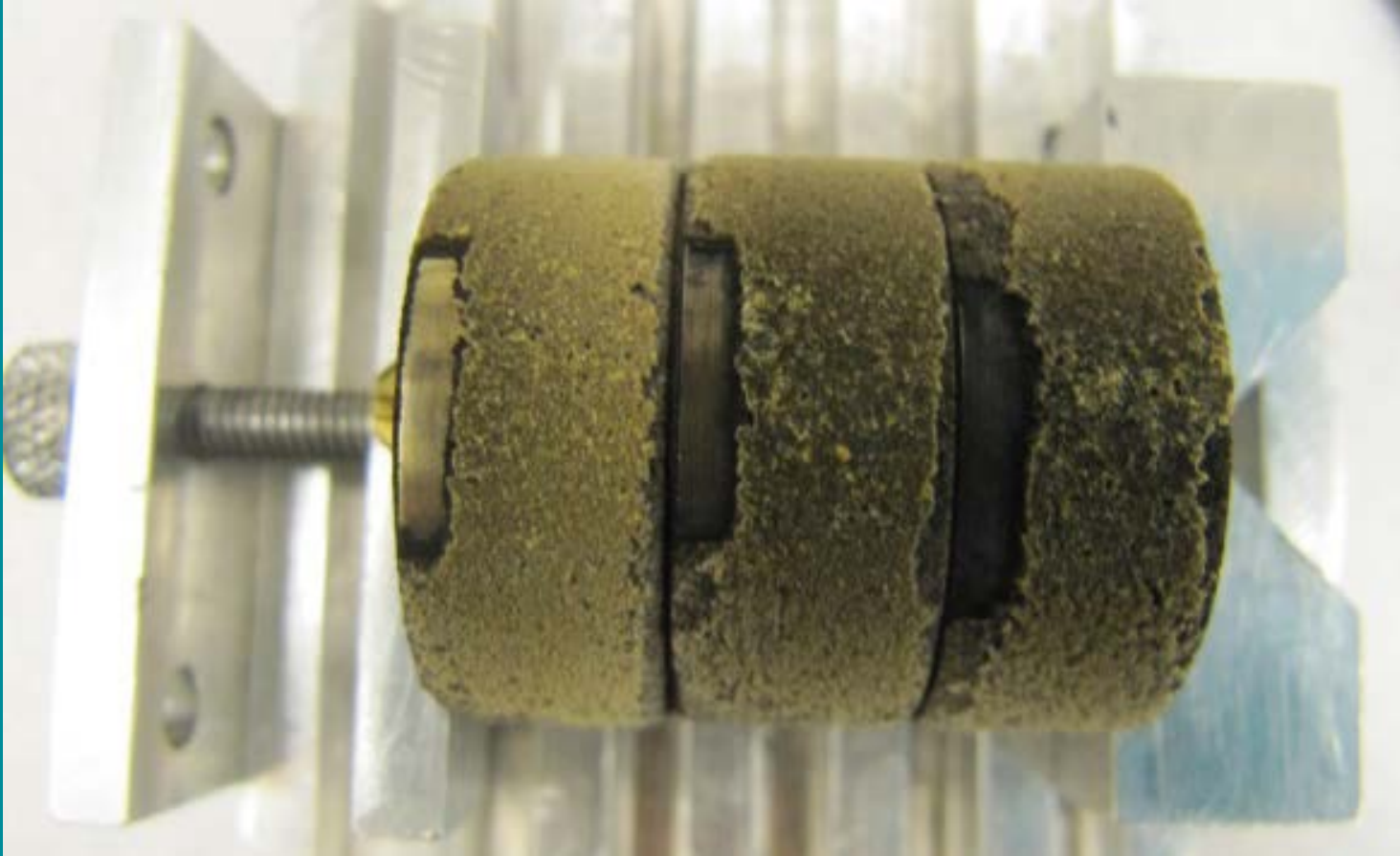
Testfall	PV	ÖH
T – låg	350 °C	550 °C
T – hög	400 °C	600 °C

Försöksplan

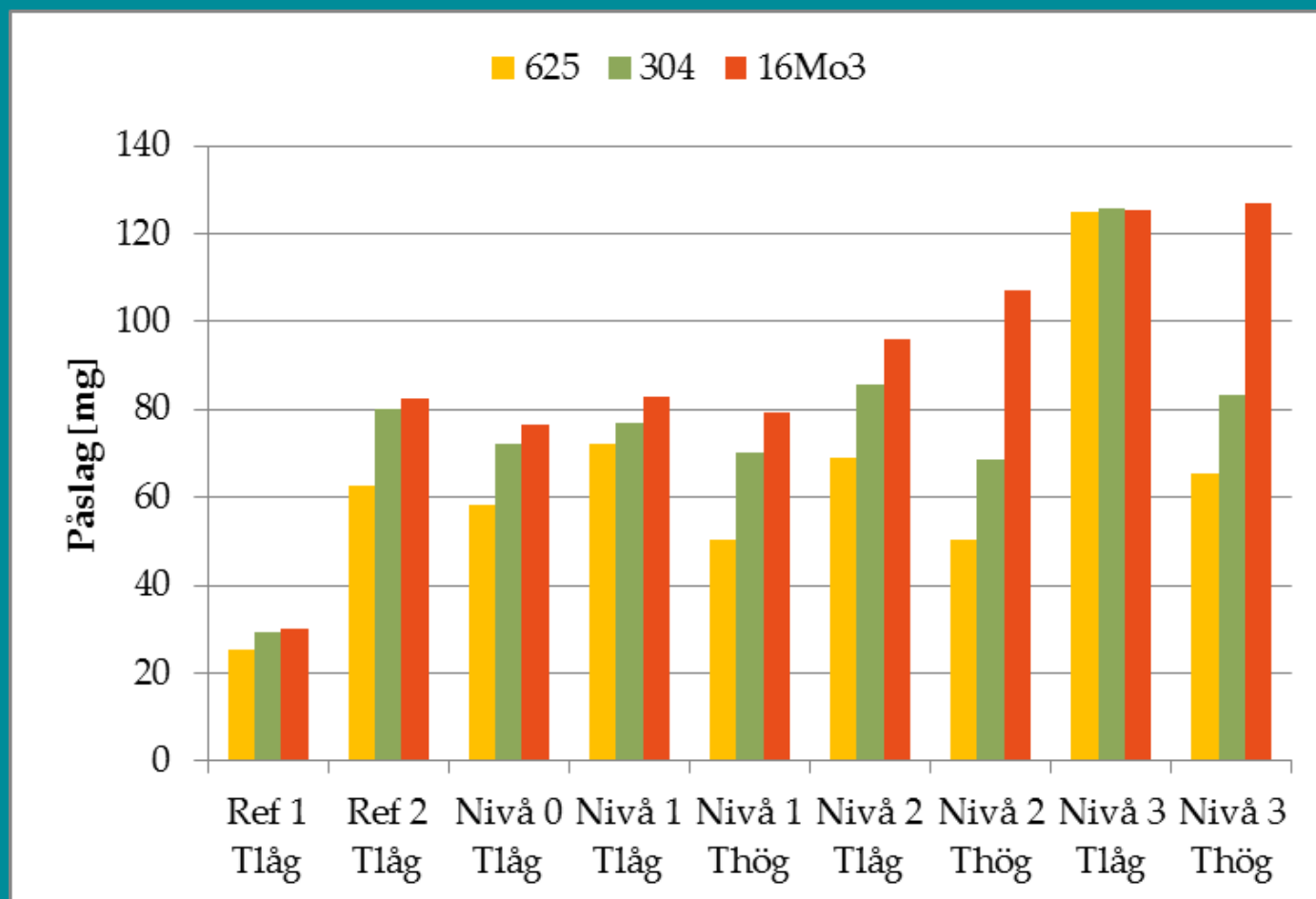
Materialtyp	Legering
Låglegerat stål	15Mo3
Rostfritt stål	304
Nickelbas	625



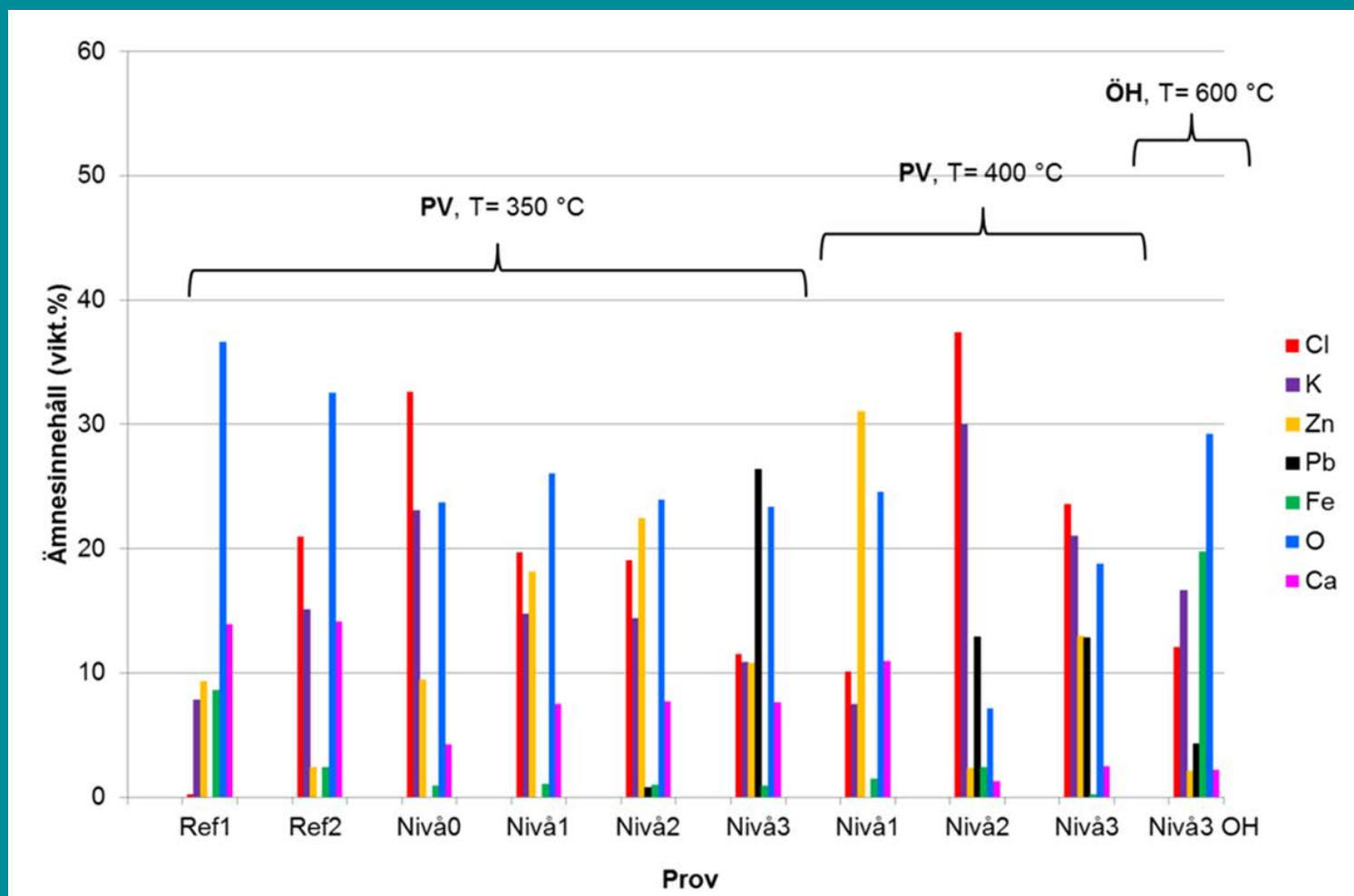
Resultat



Resultat

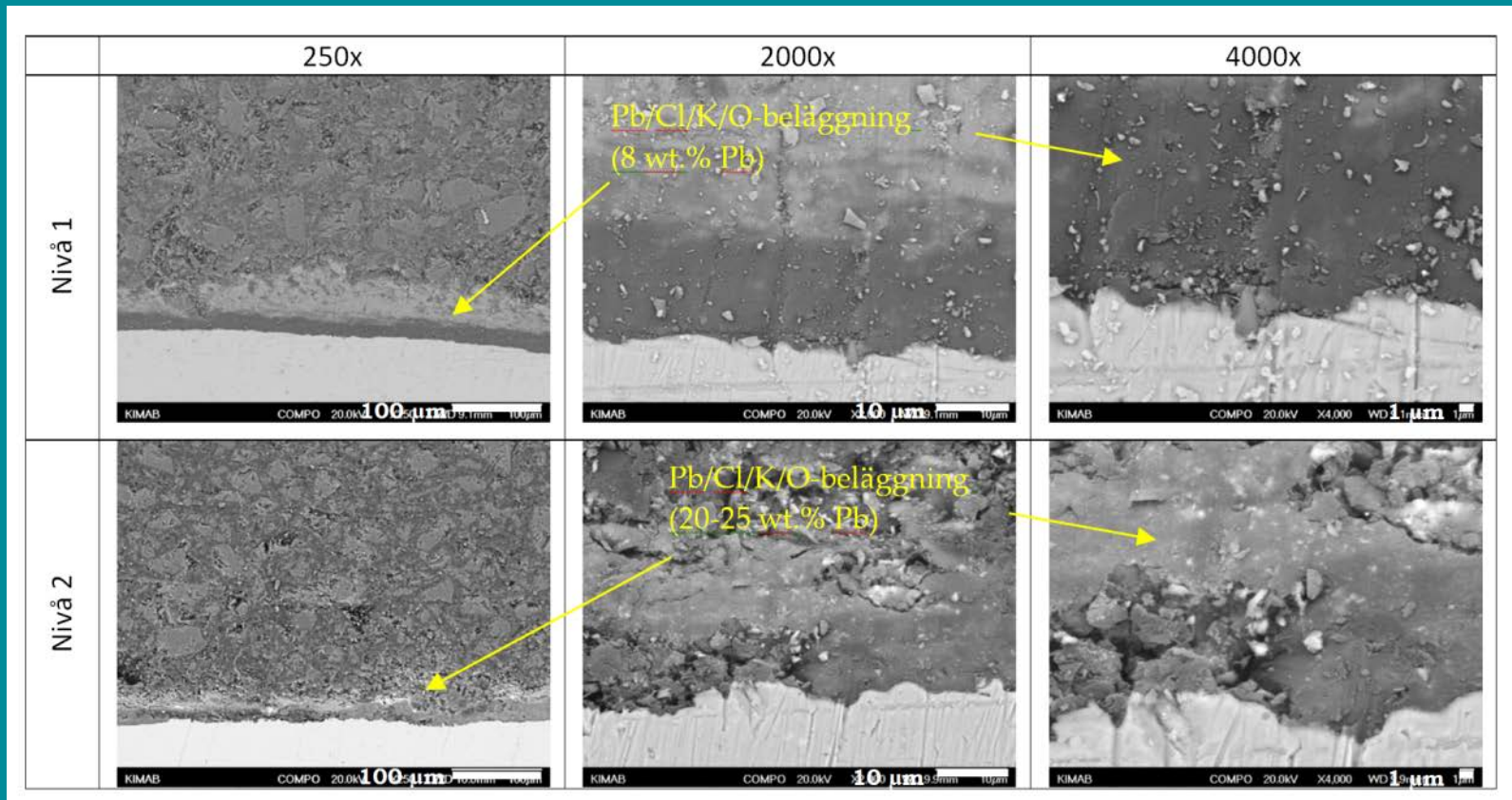


Resultat



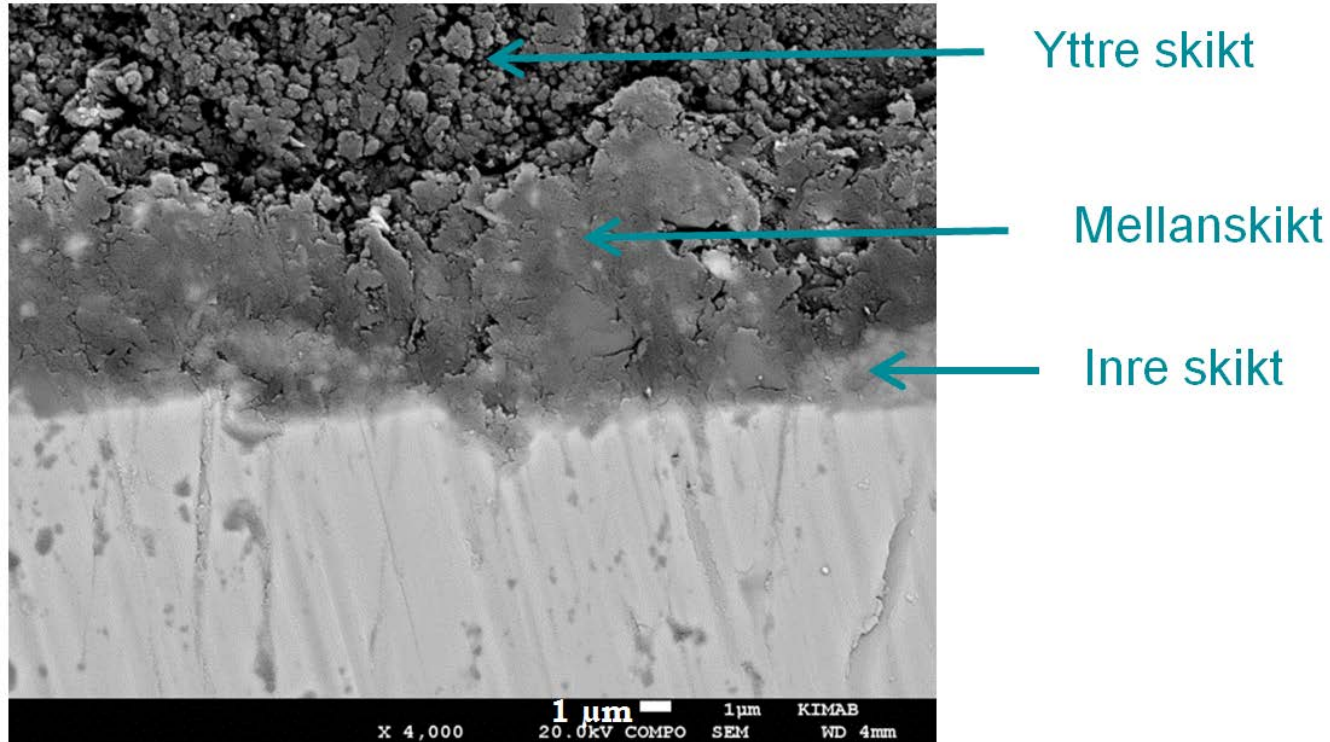
Resultat

- Legering 625 (350°C)



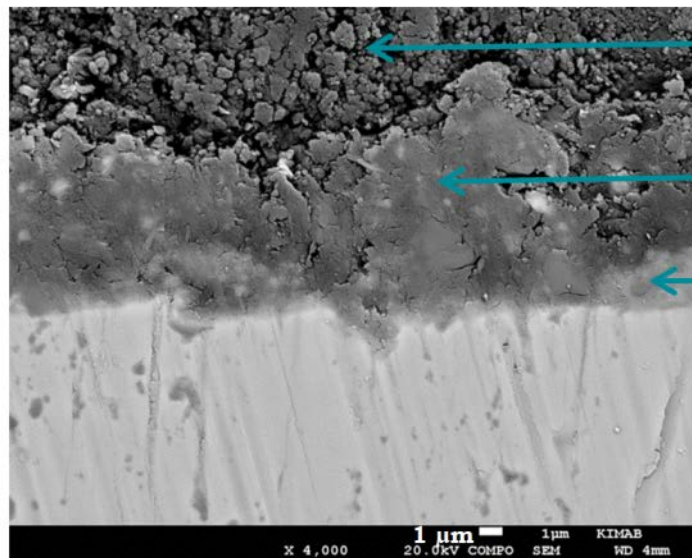
Resultat

- Legering 15Mo3 (350°C)



Resultat

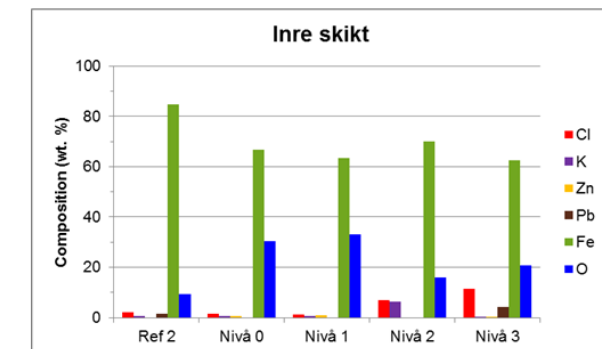
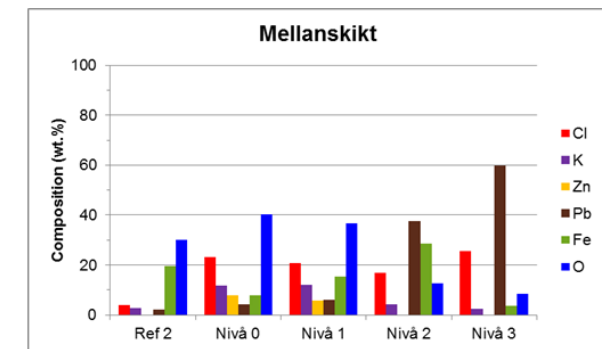
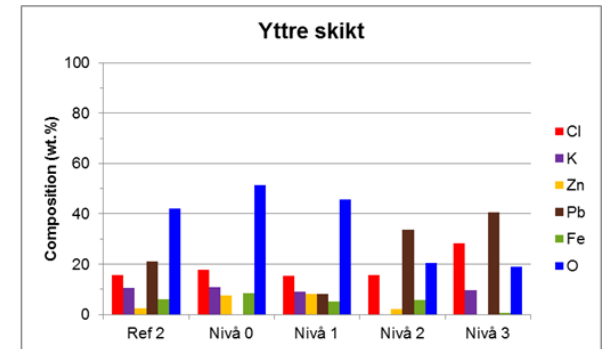
- Legering 15Mo3 (350°C)



Yttre skikt

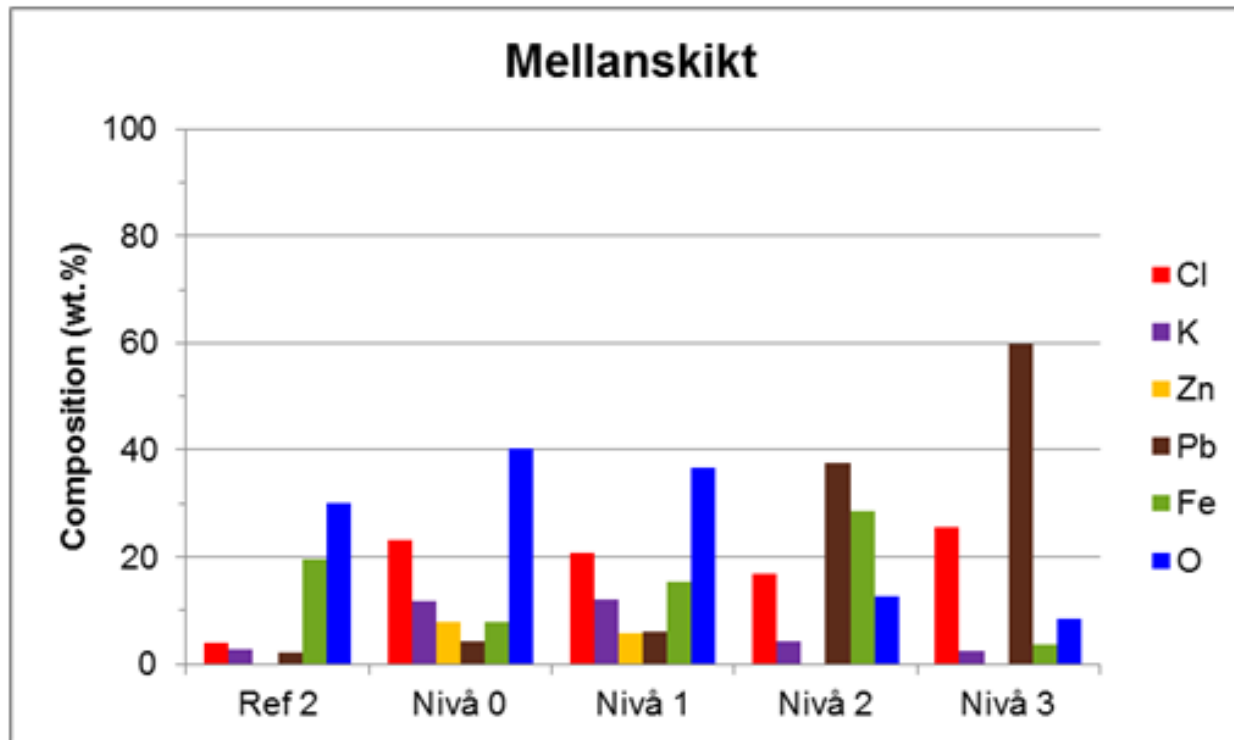
Mellanskikt

Inre skikt



Resultat

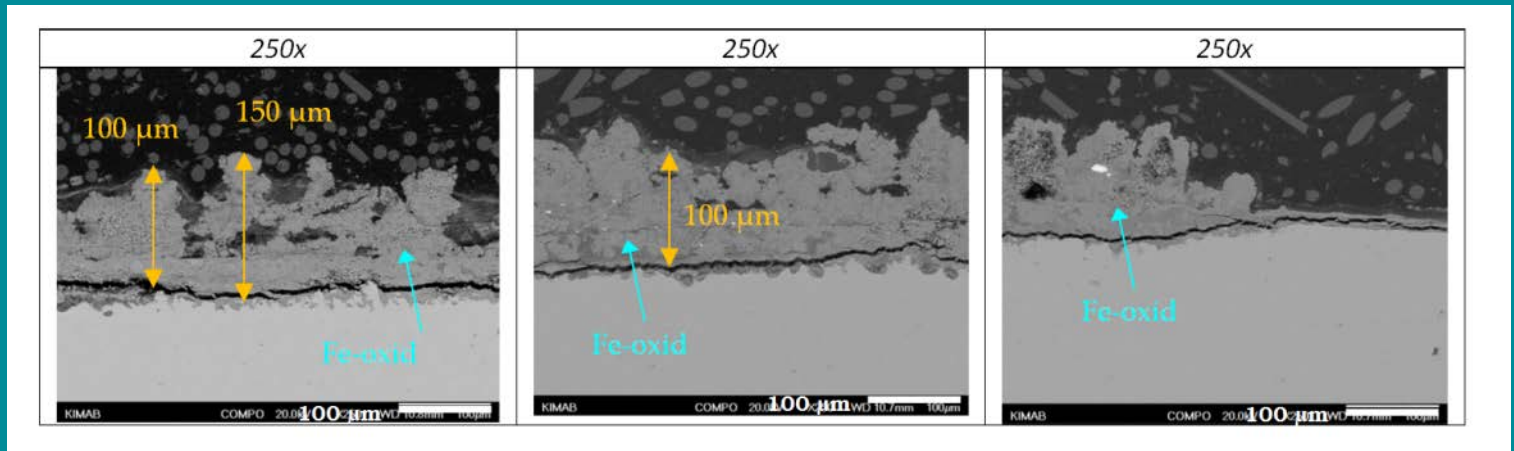
- Legering 15Mo3 (350°C)



Resultat

- Legering 15Mo3 (400°C)

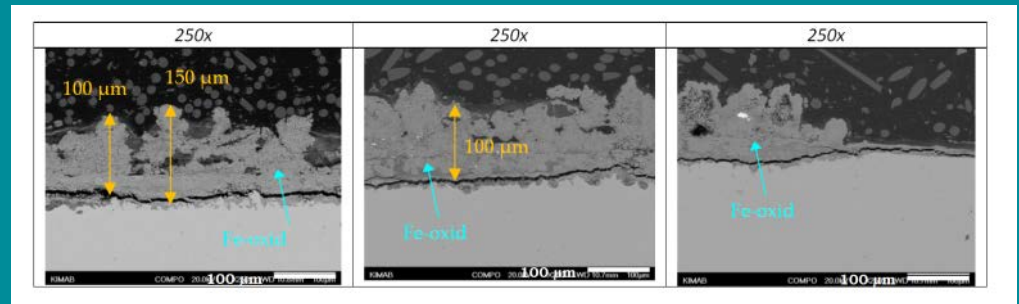
Nivå2



Resultat

- Legering 15Mo3 (400°C)

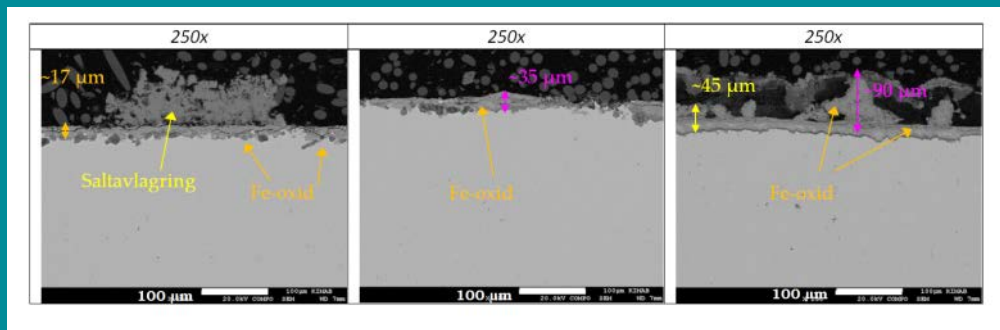
Nivå2



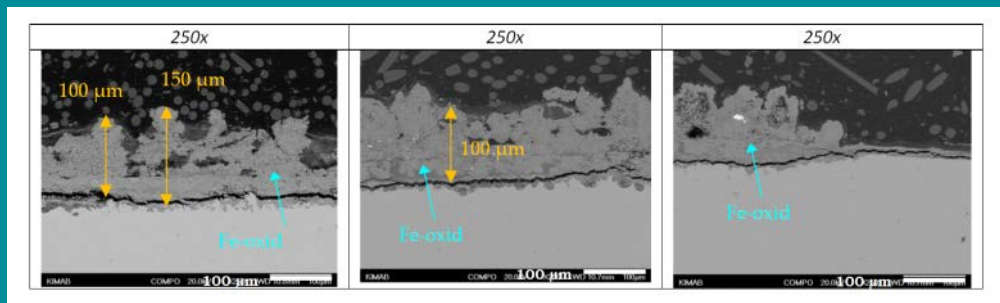
Resultat

- Legering 15Mo3 (400°C)

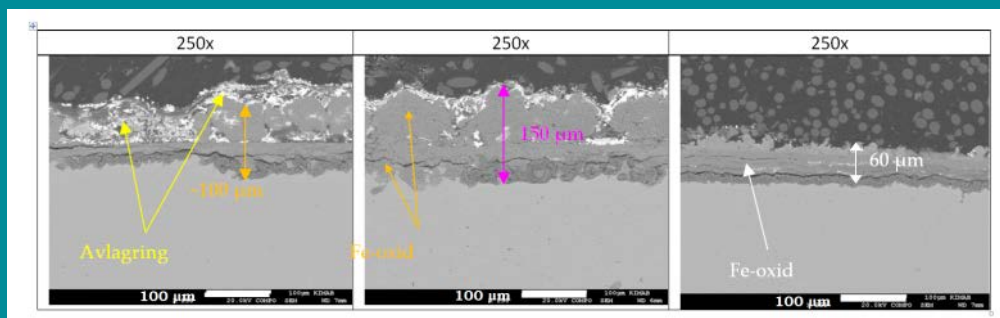
Nivå 1



Nivå 2

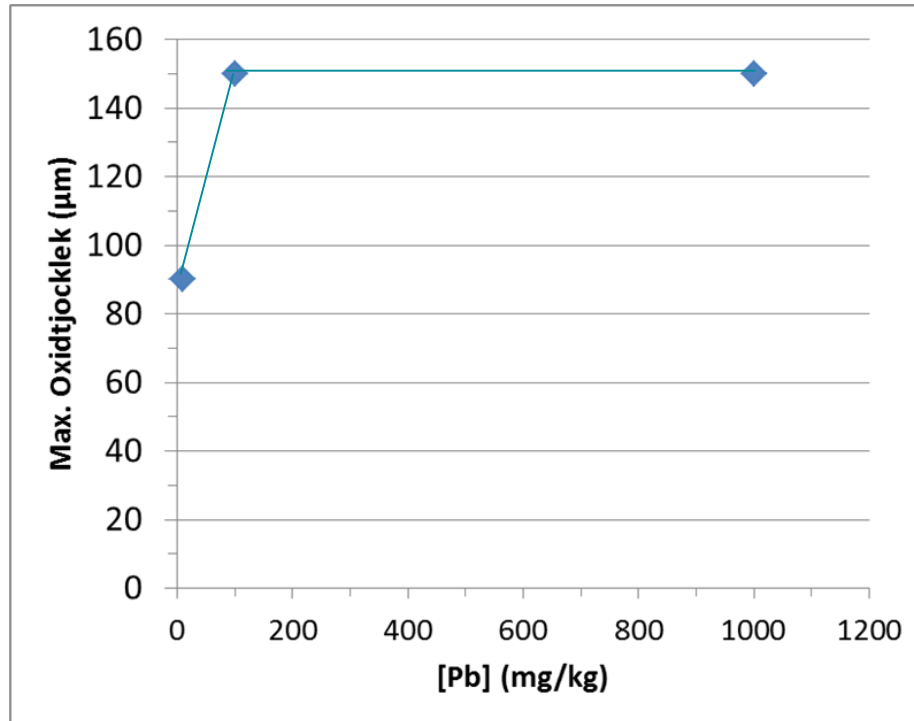


Nivå 3



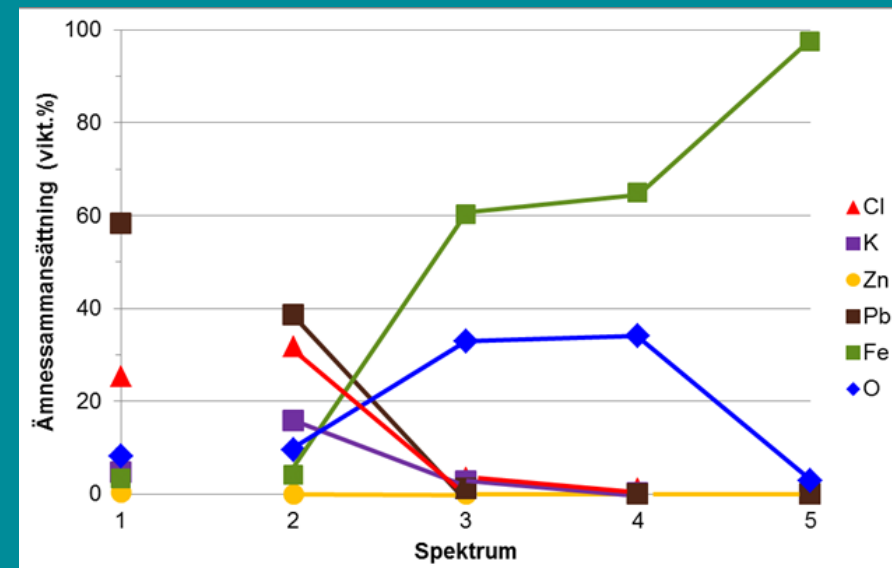
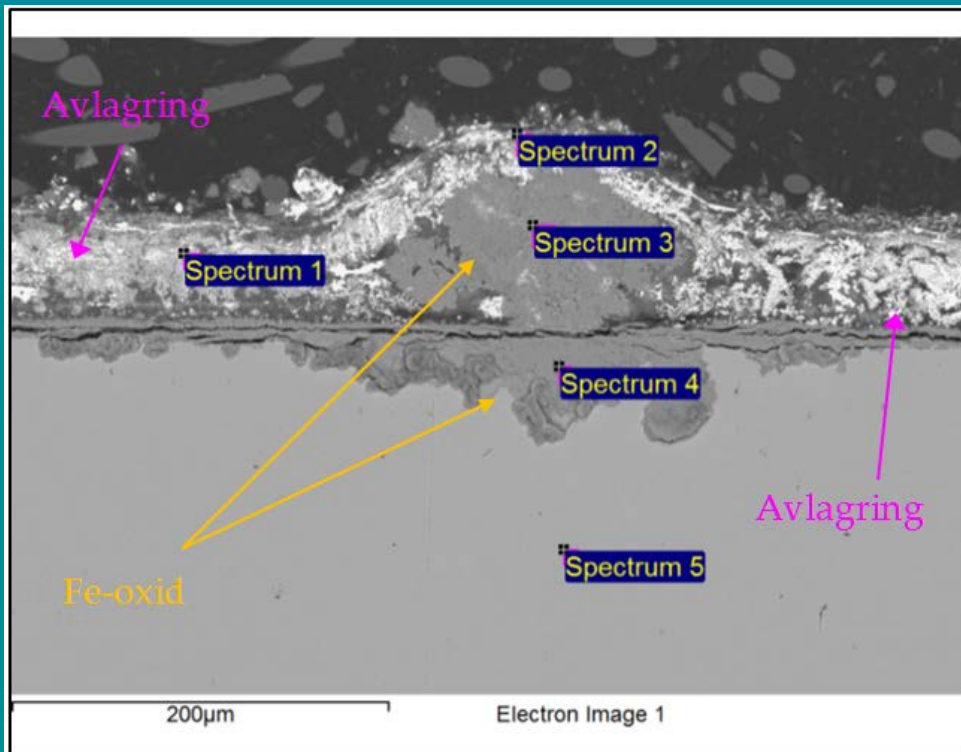
Resultat

- Legering 15Mo3 (400°C)



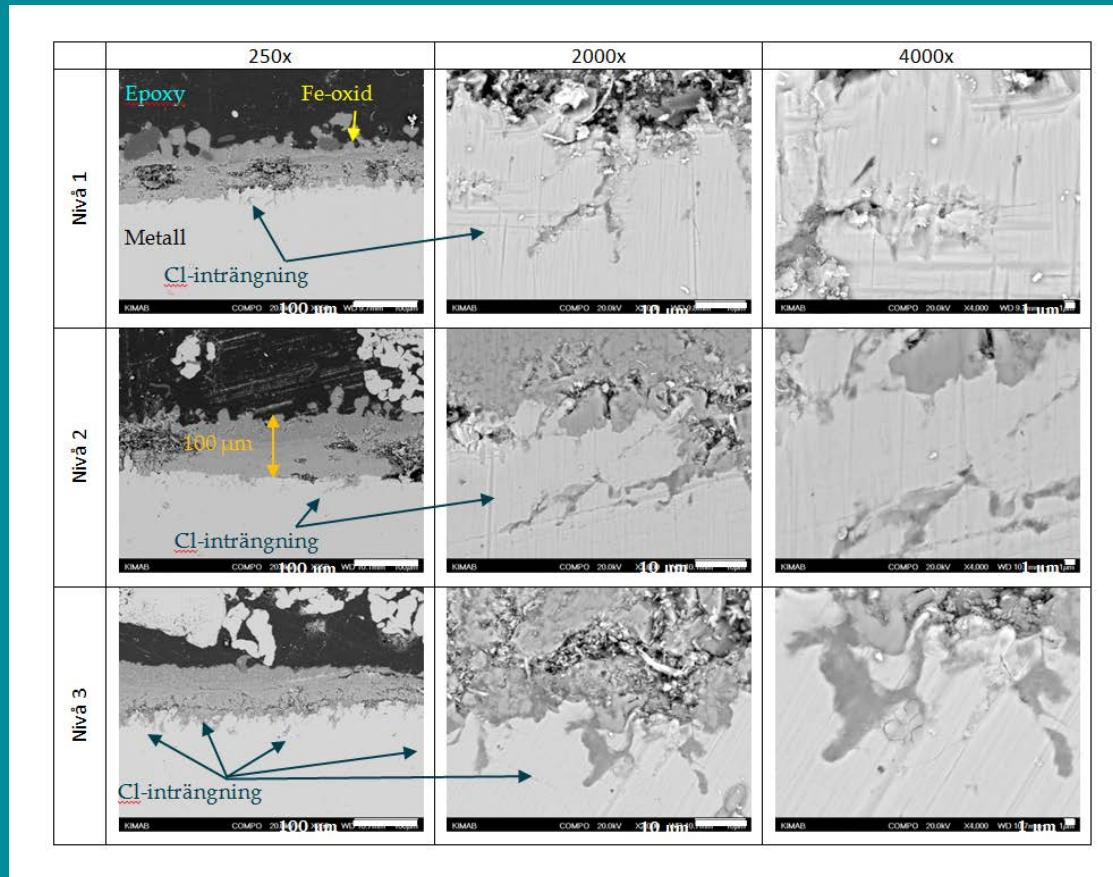
Resultat

- Legering 15Mo3 (400°C)



Resultat

- Legering 15Mo3 (550°C)



Slutsatser

- Effekten av materialtemperatur på korrosionshastigheten är hög
- Lokalt höga blyhalter, 30-60 vikt.%, har uppmätts nära metallytan vid materialtemperaturen 350 °C, vilket kan indikera korrosionsrisk
- De höglegerade materialen 304 och 625 korroderar betydligt långsammare än 15Mo3 vid materialtemperaturen 400 °C
- Korrosionshastigheten för 15Mo3 vid 400 °C ökar över 60 %, när blyhalten i bränslet höjs från 10 till 100 mg/kg
 - Vid ytterligare höjning förblir den konstant

Rekommendationer

- När eldstaden helt eller delvis är av låglegerat stål bör blyhalten i bränslet inte överstiga 10 mg/kg
- Alternativt begränsas materialtemperaturen till ca 350 °C, dvs max ångtryck ca 85-110 bar
- Om eldstaden är helt täckt av skyddande beläggning av höglegerat material finns potential att tillåta en blyhalt på upp till 1000 mg/kg och en materialtemperatur på upp till 400 °C, dvs max ca 140 bar
 - Måste verifieras med en långtidsstudie

Bly – ett korrosionsproblem?

- Anläggningar som eldar returträ ser ökande korrosionsproblem
 - främst för eldstadsväggar
- Samtidigt har blyhalten i bränslet ökat
 - ökande import
 - troligen från färgrester
- Finns det ett samband? Ja! Mycket tydligt samband
- Hur kan problemet begränsas? Låg blyhalt, lågt ångtryck, påsvetsning



Vi arbetar på vetenskaplig grund
för att skapa industrinytta.
www.swerea.se

INTEGRERAD METOD FÖR LUFTKVALITETSMÄTNINGAR VID VÄRME OCH KRAFTVÄRMEANLÄGGNINGAR

Energiforsk 2016-06-16

Shahriar Badiei

OM PROJEKTET

Uppstart: Mars 2014

Avslut: November 2015

Samfinansierats av Energiforsk och Energimyndigheten samt Fortum Värme, E.ON Värme och Vattenfall Värme Sverige.

Samarbete:

Fyra Kraftvärmeanläggningar har deltagit i mätningarna.

Projektteam Vattenfall R&D: Åsa Astervik, **Shahriar Badiei**, Anette Hälldal.

Arbets- och miljömedicin i Linköping utfört luftkvalitétmätningarna.



BAKGRUND

- Två föreskrifter från Arbetsmiljöverket trädde i kraft 1 juli 2012.
 - *Hygieniska gränsvärden*, AFS 2011:18.
 - *Kemiska Arbetsmiljörisker*, AFS 2011:19.
- Frågan har varit om införande av AFS 2011:18 och AFS 2011:19 har medfört nya krav på arbetsmiljöarbetet för biobränsle- och avfallseldade produktionsanläggningar.
- **Arbeta proaktiva med riskbedömning av hygieniska effekten av damm i arbetsmiljön** genom att ta fram en mätstrategi (arbetsrutiner och mätmetoder) som säkerställer implementering av AFS 2011:18 och 2011:19.

Steg 1

- Kartlägga hygieniska risker genom att utföra luftkvalitétmätningar.

Steg 2

- Ta fram en mätstrategi (arbetsrutin och mätmetod) för utvärdering av hygieniska risker, åtgärdsplaner och rekommendationer för systematiska mätningar av luftkvalitén.

KARTLÄGGNING AV RISKER

Kartläggning av yrkeshygieniska risker utfördes med luftkvalitétmätningar i arbetsmiljön hos fyra anläggningar.

Luftkvalitétmätning kan beskrivas som mätning och kvantifiering av de ämnen som finns i luften i arbetsmiljön och som är listade i föreskrifterna AFS 2011:18 och AFS 2011:19 med syfte att kunna förebygga ohälsa till följd av exponering.

1. **Individuell mätplan** togs fram för respektive anläggning utifrån anläggningsprocessen och bränsletyper.
2. **Processområden** i varje anläggning delades upp i olika områden för att kunna jämföra resultaten mellan anläggningarna.



Anläggning A

Biomassa (träflis)

Hushållsavfall



Anläggning B

Biomassa (träflis)

Bio/Kreosot/Torv/kol



Anläggning C

Papper/Trä/Plast

Hushållsavfall



Anläggning D

Biomassa (pellets)

Returträ

ANLÄGGNINGAR

Anläggning	Typ av panna	Typ av bränslen	Bränslevolym 2014 [ton]	Antal anställda 2014
A	Fluidiserad bädd	Träflis	> 200 000	50
	Roster	Hushållsavfall	100 – 200 000	
B	Fluidiserad bädd	Torv, Träflis, Kreosotflis	> 200 000	89
	Fluidiserad bädd	Träflis	> 200 000	
C	Fluidiserad bädd	Papper-Trä-Plast	100 – 200 000	130
	Roster	Hushållsavfall Verksamhetsavfall	> 200 000	
D	Pulver	Träpellets Träbriketter	< 100 000	30
	Fluidiserad bädd	Returflis	100 – 200 000	

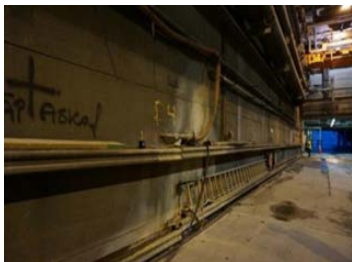
PROCESSOMRÅDEN

- ❖ **Personal:** personburna mätningar för bränsle-, drift-, underhålls- och saneringspersonal.



Personburen provtagning

- ❖ **Hantering av askor, sand och kalk:** stationära mätningar vid hantering av flygaska, bottenaska, slagg, sand och kalk



Slagghus

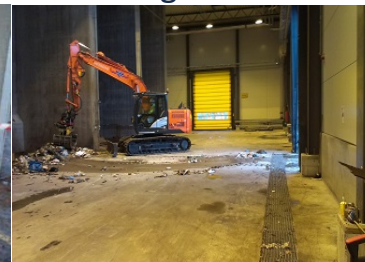


Sandsilo

- ❖ **Bränslehantering:** stationära mätningar i anslutning till bränslestack (som referens), vågrum, flisning, tippning, sällning, bandgång, bränsleinmatning och bunker



Flisning



Tippning



Kontrollrum



Pannhus

ÄMNEN

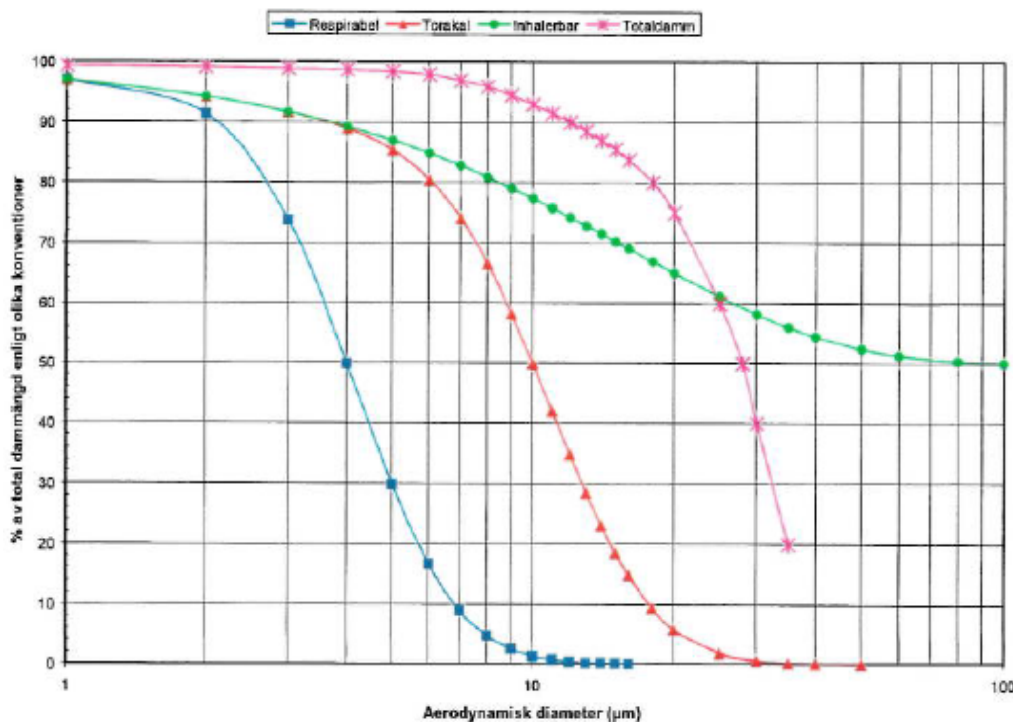
Ämnen	Hälsoeffekt
Damm	Damm mäts i olika storleksfraktioner (totaldamm, inhalerbart damm, respirabelt damm) Dessa fraktioner påverkar hälsan på olika sätt då de når olika långt in i andningsorganen.
Metaller i damm	Dammfraktioner kan innehålla metaller tex järn (Fe) eller tungmetaller såsom bly (Pb), mangan (Mn), kobolt (Co) eller nickel (Ni). Metaller kan vara allergener, eller cancerframkallande, kan påverka nervsystemet och en del metaller kan ge yrkesastma.
Kvarts	Kvarts förekommer vid hantering av sand, och i den respirabla dammfraktionen kan deponeras i lungorna. Exponering under lång tid och av höga halter kan leda till silikos (stenlunga) och lungcancer
Fibrer	Fibrer finns i syntetiska oorganiska glasartade (amorfa) och syntetiska oorganiska kristallina material och i övriga fibrer, som tex mineralull. Fibrer är irriterande för hud och andningsorganen. Vissa fibrer t ex asbest kan orsaka lungcancer.
Kvävedioxid	Kvävedioxid NO ₂ är en gas som bildas vid förbränning och ger upphov till irritation för lungor vid inandning. Mätning av denna gas görs i pannhuset in till pannan och i områden där fordonstrafik finns.

ÄMNEN

Ämnen	Hälsoeffekt
Terpener	Terpener finns som lättflyktig gas och är irriterande på hud och andningsorgan. I samband med användning av stora mängder trä ex. flis, pellets eller skogsflis finns risk för exponering för terpener
Endotoxiner	Vissa bakterier genererar endotoxiner som avges till luften och kan medföra hälsoeffekter så som fliseldarsjuka om man exponeras för detta. Tillväxten hos mikroorganismer avgörs av tillgång till fukt och värme samt den tid som avfall- och biobränslematerialet förvaras innan det eldas.
VOC	VOC (volatile organic compounds), som är ett samlingsnamn för flera olika lättflyktiga organiska ämnen och där också terpener ingår. I de aktuella mätningarna har terpener dominerat och andra VOC ämnen visat försumbart låga halter.

DAMMFRAKTIONER

- **Totaldamm** (rosa) definieras som de partiklar som provtas i Sverige vanligen med en "öppen" provtagningskassett med diametern 37 mm, eller ibland 25 mm. [Metod nr 1010]
- **Inhalerbart damm** (grön) fraktion är den mängd partiklar, av totalmängden partiklar i luften, som infångas då 50 % av partiklar har den aerodynamiska diametern 100 μm . [SS-EN 481]
- **Repirabelt damm** (blå) definieras som det damm som en människa inandas genom näsa och mun [SS-EN 481].



GRÄNSVÄRDEN

Ämne	Enhet	Nivågräns värde [NGV]
Damm, organiskt - totaldamm	mg/m ³	5
Damm, oorganiskt - inhaledbart	mg/m ³	10
Damm, oorganiskt - respirabelt	mg/m ³	5
Damm, trä - inhaledbart	mg/m ³	2
Aluminium - totaldamm	mg/m ³	1
Arsenik - totaldamm	mg/m ³	0,01
Bly - inhaledbart	mg/m ³	0,1
Bly - respirabelt	mg/m ³	0,05
Järn - respirabelt	mg/m ³	3,5
Kadmium - totaldamm	mg/m ³	0,02
Kadmium - respirabelt	mg/m ³	0,005
Kobolt - inhaledbart	mg/m ³	0,02
Koppar - totaldamm	mg/m ³	1
Koppar - respirabelt	mg/m ³	0,2
Krom - totaldamm	mg/m ³	0,5

* Rekommenderat gränsvärde.

Ämne	Enhet	Nivågräns värde [NGV]
Mangan - totaldamm	mg/m ³	0,2
Mangan - respirabelt	mg/m ³	0,1
Molybden - totaldamm	mg/m ³	10
Molybden - respirabelt	mg/m ³	5
Nickel - totaldamm	mg/m ³	0,5
Vanadin - totaldamm	mg/m ³	0,2
Zink - totaldamm	mg/m ³	5
*Endotoxiner	ng/m ³	9
Fibrer, syntetiska oorg. glasartade - Eldfasta keramiska fibrer	fiber/m ³	0,2
Fibrer, syntetiska oorg. glasartade - Övriga fibrer	fiber/m ³	1
Fibrer, oorg. kristallina fibrer	fiber/m ³	0,2
Kvarts - Respirabelt	mg/m ³	0,1
Kristobalit - Respirabelt	mg/m ³	0,05
Tridymit - Respirabelt	mg/m ³	0,05
Kvävedioxid, NO ₂	mg/m ³	4
Terpener	mg/m ³	150

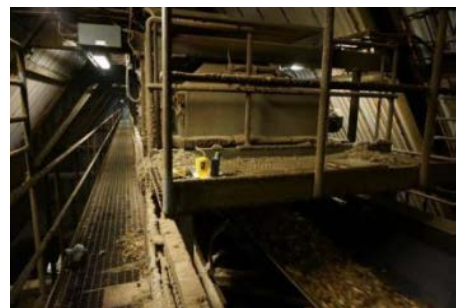
MÄTPLAN

- Totalt utfördes 293 provanalyser för samtliga fyra anläggningar.
- Mätplan för bioanläggning med 64 prov uttagna i 16 provpunkter.

Provpunkter	Totaldamm	Inhalebart damm	Respirabelt damm	Metaller i totaldamm	Metaller i inh. damm	Metaller i resp. damm	Kvarts	Terpener	Endotoxiner	Fibrer	Kvävedioxid , NO2
Personal											
Bränsle		x			x			x	x		
Drift		x			x			x	x		
Underhåll		x			x			x	x		
Sanering		x			x			x	x		
Hantering av bränsle											
Referens, utomhus		x						x	x		
Vågrum								x	x		
Flisning		x						x	x		
Tippning	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Sållhus		x						x	x		
Bandgång		x						x	x		
Bränsleinmatning			x					x	x		
Bränslebunker	x	x	x					x	x		
Hantering av aska, sand och kalk											
Flygaska	x		x	x		x	x				
Bottenaska	x	x	x	x	x	x	x				
Sand och kalk			x			x	x				
Övrigt											
Pannhus			x			x	x				



Bränslebunker



Bandgång

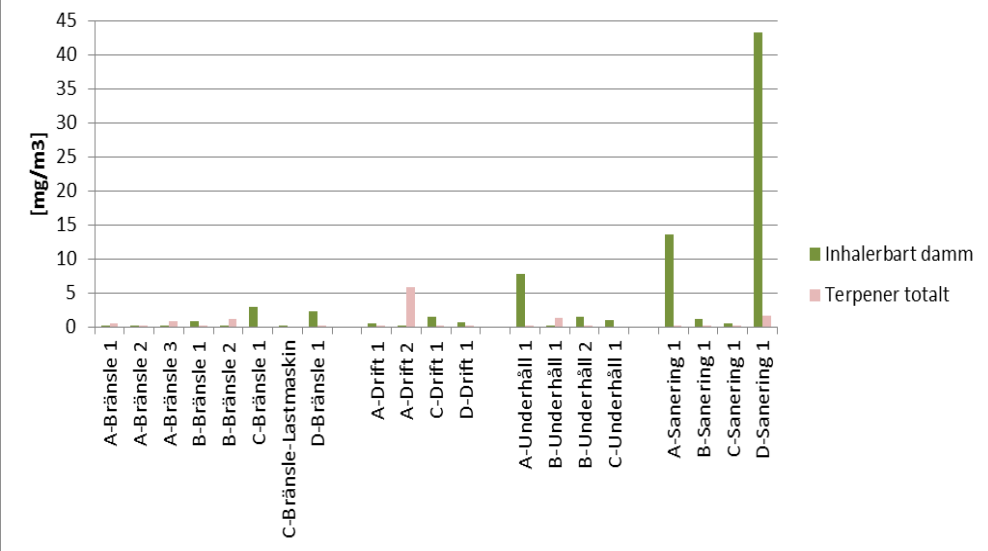


Flygaska- och bottenasktömning

RESULTAT, PERSONAL

- Generellt har personalen under NGV för inhalerbart damm och terpener.
- Saneringspersonal är mest utsatt för inhalerbart damm speciellt vid sanering i avfallbunker och tipphallar.

Analys	Inhalerbart damm	Terpener	Aktivitet
NGV	10 mg/m ³ (oorg.) och 2 mg/m ³ (trä)	150 mg/m ³	
>100% av NGV	D-Sanering D-Bränsle A-Sanering	-	Sanerat i tipphall (Bio) Arbete i tipphall (Bio) Sanerat avfallsbunker
50-100% av NGV	A-Underhåll B-Underhåll B-Sanerare	-	Arbetat i avfallsbunker Tömt slangfilter (Bio) Sanerat pannhus (Bio)



ANALYSRESULTAT

Ämnen	Antal prov	Krav på åtgärd >100% av NGV	Rekommendation 50-100% av NGV	Kommentar
Totaldamm	27	Tippficka (bio)	FA-sändare (avfall)	
Inhalerbart damm		Saneringspersonal (avfall) Bränslepersonal (bio)	Underhållspersonal (avfall) Avfallsbunker	
Respriabelt damm	44	-	Avfallsbunker	
Metaller i totaldamm	25	-	-	3 prov påvisade Cd
Metaller i inhal. damm	6	-	-	Under detektionsgräns
Metaller i resp. damm	8	-	-	Under detektionsgräns
Kvarts	23	-	-	Under detektionsgräns

ANALYSRESULTAT

Analys	Antal prov	Krav på åtgärd >100% av NGV	Rekommendation 50-100% av NGV	Kommentar
Kvävedioxid	8	-	-	Under detektionsgräns
Fiber	7	-	-	Under detektionsgräns
Terpener	47	Bränslebunker Sållhus (bio) Bandgång (bio)	Bandgångar (bio)	
Endotoxiner	33	Bränslebunker Sållhus (bio) Tippficka	Bandgångar (bio) Sållhus (bio) Silo (bio)	

SUMMERING AV RESULTAT

- Genomförda luftkvalitétmätningar visade generellt mycket låga halter av föroreningar vid alla fyra anläggningarna under normal drift.
- Totalt analyserades 293 prov.

Antal prov > 100% av NGV	Antal prov 50-100% av NGV	Antal prov < 50% NGV	Antal prov under detektionsgräns
16	15	166	96
Krav på uppföljning med åtgärdsplan	Rekommendation av uppföljning med åtgärdsplan	Ingen uppföljning	Ingen uppföljning
Personal: Saneringspersonal Bränslepersonal Hantering av bränsle: Flisning Tippfickor Sållhus Bandgångar Avfallsbunker Bränslebunker	Personal: Underhållpersonal (avfall) Hantering av bränsle: Sållhus Bandgångar Dagsilo Hantering av sand/kalk/aska: FA-tömning (avfall)		Hantering av bränsle Bränsleinmatning Övriga områden: Pannhus Kontrollrum Kranhytt

REKOMMENDATIONER

- Åtgärdsplan för att utreda orsak

- Kontrollera ventilation i byggnader.
- Se över städrutiner.
- Se över städredskap, exempelvis dammsugning istället för sopning.
- Begräsning av arbetstid i extrema miljöer.
- Se över design av utrustning ex. täckta bandgångar stället för öppna.

- Skyltning (påbudsskylt) av området för upplysningsplikt till personal.



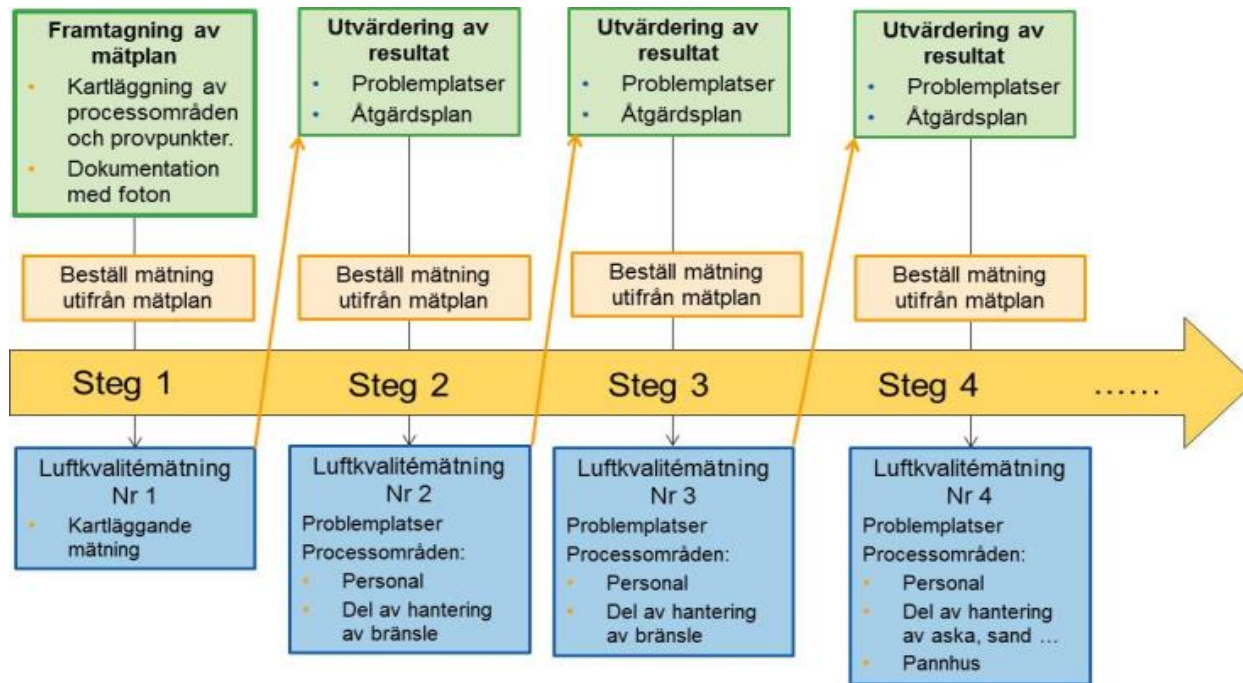
- Personlig skyddsutrustning



P3 filter: 99,95% avskiljningsgrad mot fasta, våta partiklar. Används även mot virus och bakterier.

MÄTSTRATEGI

För att kunna arbeta proaktivt med arbetsmiljöfrågor relaterat till luftkvalitet föreslås följande mätstrategi.



Drifterfarenheter från förgasnings- anläggningar av biobränslen

**Nya rön om el och värme, SEBRA
Energiforsk**

2016-06-16

Tomas Ekblom

Svenska Bioenergiföreningen

The gasification potential relies on the availability

- Report title: Operating experiences of biomass gasification plants for combined power and heat production and industrial applications
- Authors: Tomas Ekbon, Erik Rensfelt and Eva Katrin Lindman
- The report has investigated 22 gasification plants with objective to increase knowledge of operating experience and technology competitiveness.

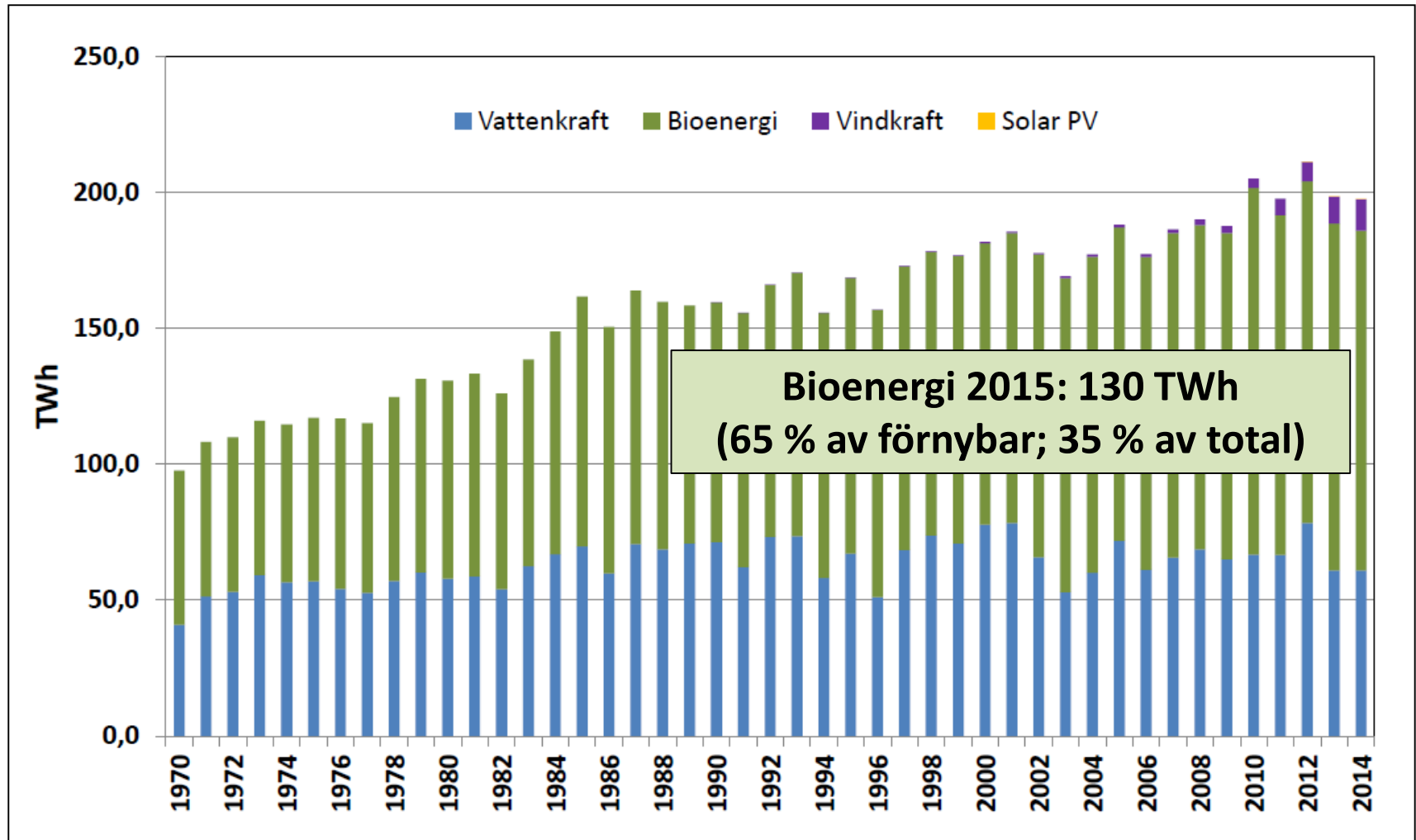




- Swedish Bioenergy Association founded in 1980
- Interest organisation for companies and private persons
- Almost 300 member companies - producers, users, manufacturing firms, consultants and service companies etc.

Our mission is to increase the use of bioenergy in an economically and environmentally optimal way.

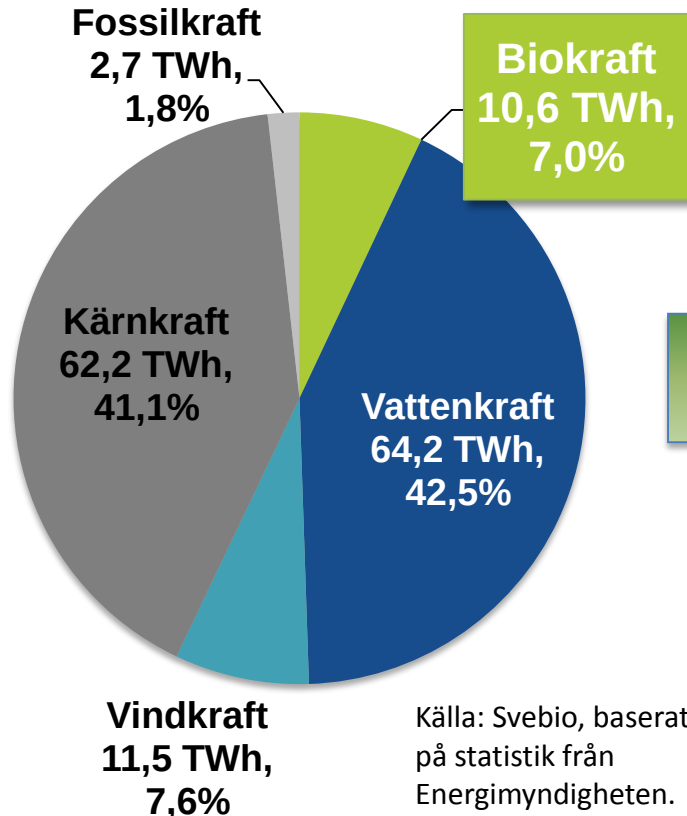
Total tillförsel av förnybar energi i Sverige, 1970-2014: 2015: 201 TWh eller 53 % av total slutlig energianvändning



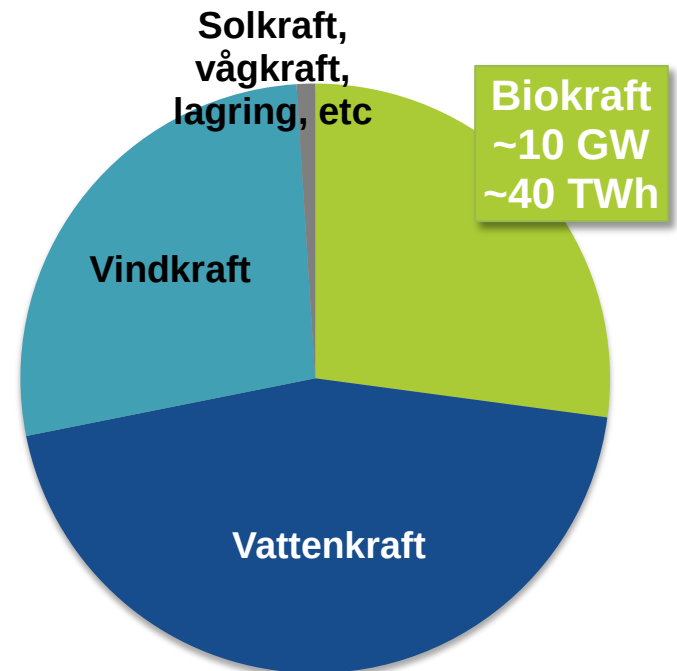
Källa: Svebio, baserat på statistik från Energimyndigheten.

Biobränslebaserad kraftproduktion, nu och i framtiden:

Sveriges elproduktion 2014 (151,2 TWh):



Sveriges elproduktion 2040?



SVEBIO och Biokraftplattformens vision:

Biokraft år 2040 har 10 GW effekt som ger 40 TWh el per år!

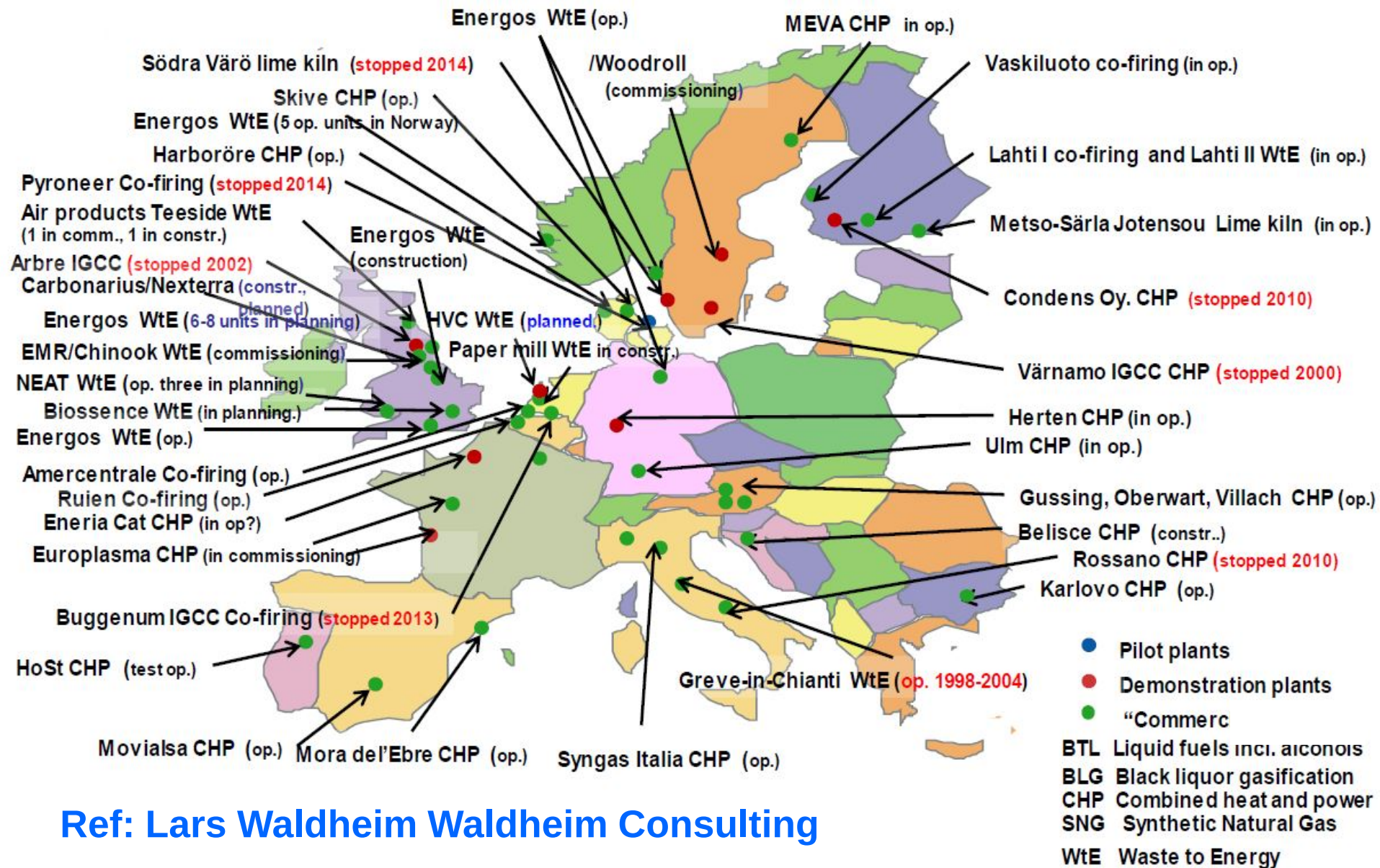
Coal based electricity generation in Europe

Ref: Eurostat [GWh]

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Total gross electricity production	2 594 780	2 742 951	3 035 193	3 325 137	3 364 421	3 296 044	3 296 551	3 261 537
Solid fuels	1 019 429	945 866	933 855	960 571	830 156	851 472	901 699	871 835
Anthracite	0	0	0	18 184	10 494	18 384	16 987	10 872
Coking Coal	52 696	59 159	37 874	37 092	16 232	18 570	24 142	5 338
Other Bituminous Coal	599 054	538 704	530 968	538 773	463 477	453 957	498 175	507 266
Sub-Bituminous Coal	7 679	10 640	6 380	5 771	3 378	5 631	5 292	4 289
Lignite/Brown Coal	337 807	320 479	344 081	341 162	313 652	333 501	338 213	323 717
Peat	5 137	7 843	5 902	7 486	9 402	8 346	6 768	6 012
Patent Fuel	0	0	0	0	0	0	0	0
Coke Oven Coke	837	0	0	0	2	4	3	2
Gas Coke	0	0	0	0	0	0	0	0
Coal Tar	0	0	64	100	19	6	3	4
BKB	1 510	765	923	2 715	2 455	2 166	2 411	2 925
Oil shale and oil sands	14 709	8 276	7 663	9 288	11 045	10 902	9 702	11 406
Peat products	0	0	0	0	0	5	3	4

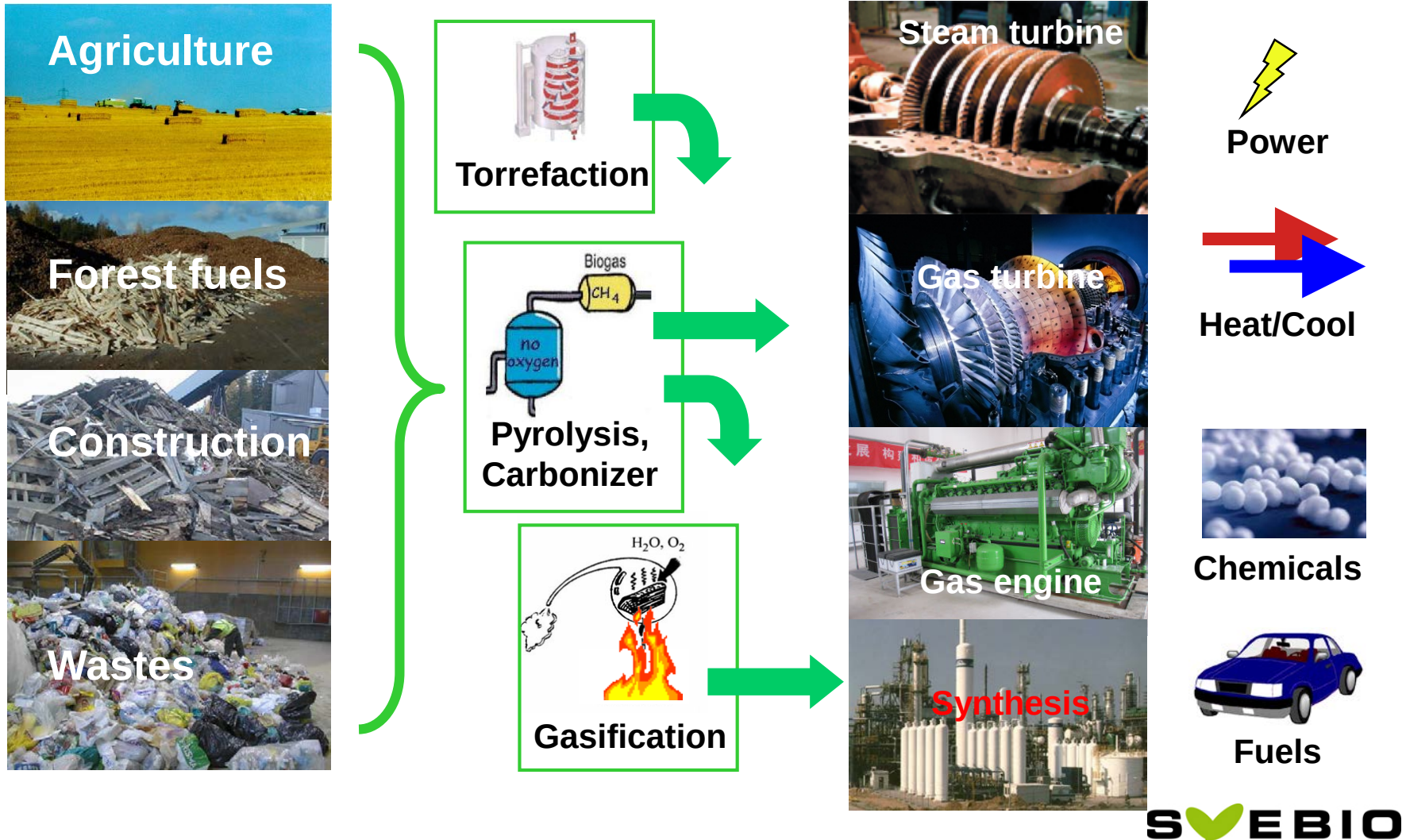
Gross potential for replacement of coal: 3260 TWh el.

Biomass gasification plants in Europe



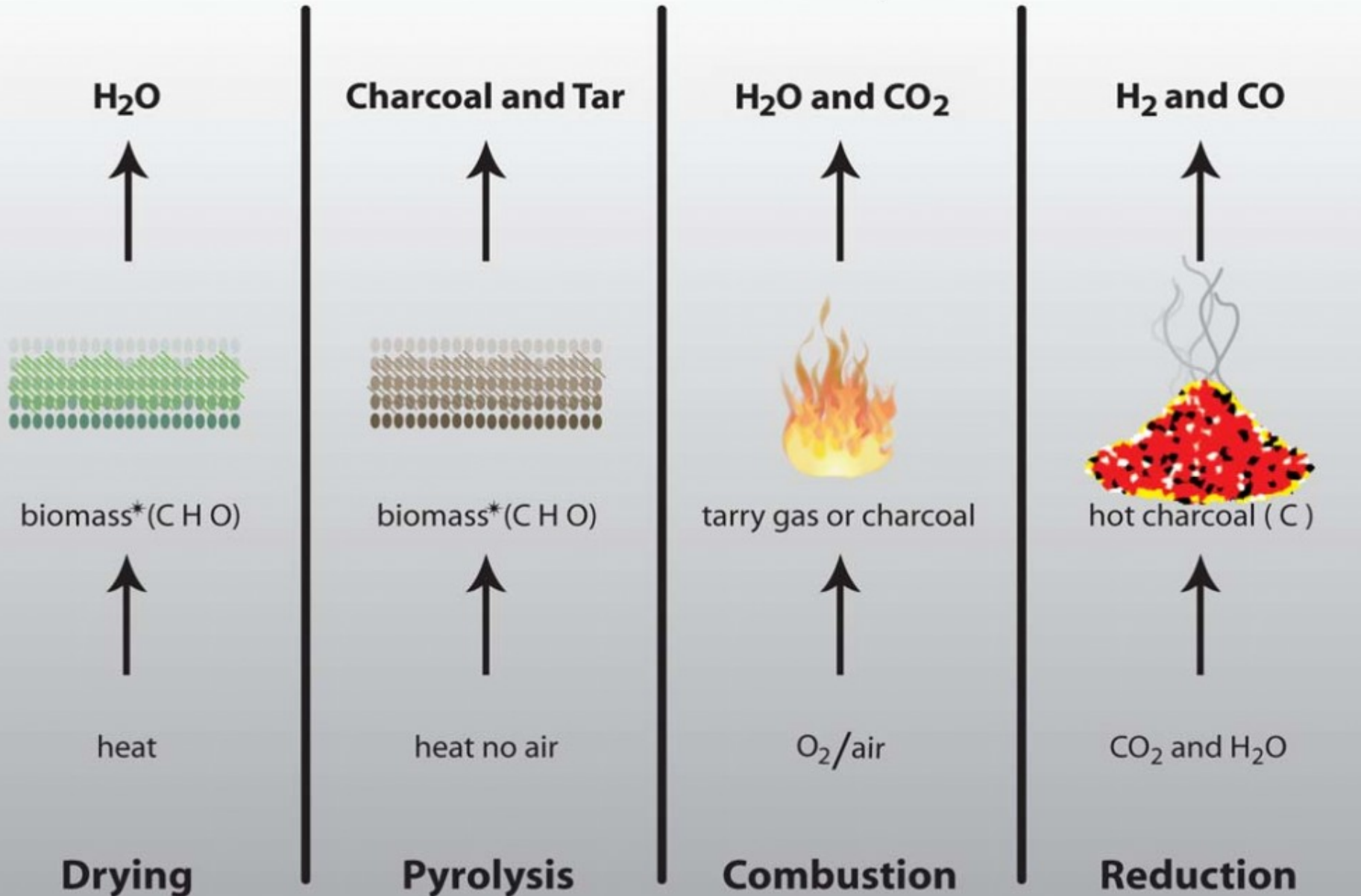
Ref: Lars Waldheim Waldheim Consulting

Gasification gives high flexibility in applications plus torrefaction and pyrolysis can be pre-steps



4 Processes in Gasification

not necessarily in order



* Biomass is a combination of C, H, and O (C H_{1.4} O_{0.6})



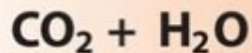
The Reduction Reactions

The Heart of Gasification

C

carbon

INPUT



carbon dioxide + water vapor



Red Hot Charcoal Bed

OUTPUT



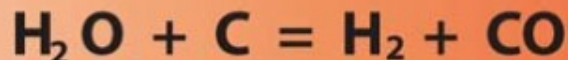
hydrogen + carbon monoxide



REACTIONS



carbon dioxide + carbon = carbon monoxide



water vapor + carbon = hydrogen + carbon monoxide

Sweden has long gasification experience

- **Studsvik (1983-1986):** TPS and KTH developed 2.5 MW Mino-gasifier intended for methanol production as alternative biofuel
- **Värnamo (1993-1999):** Sydkraft and Foster Wheeler built unique 18 MW gasification plant with combined cycle
- **Piteå (1997-2016):** Chemrec builds a 3 MW black liquor gasification pilot plant in 2005 and Bio-DME plant in 2009
- **Piteå (2009-):** Meva Energy builds a 4.5 MW cyclone gasification commercial demo plant for Pite Energi at Hortlax
- **Göteborg (2013-2020?):** Göteborg Energi builds the GoBiGas I pilot plant for 20 MW biomethane production
- **Hultsfred (2015-):** Emåmejeriet builds a commercial 0.5 MWth Volter gasifier plant with gas engine
- **Köping (2016-):** Cortus Energy demonstrates a 0.5 MWth pilot plant with pyrolysis and in-direct entrained-flow gasification

Tar is a major problem which have slowed the commercialization development

- Tars is common name for light and heavy hydrocarbons, like Benzene, Toluene, Xylene (BTX), Naphthalene, other light and heavy tars
- Tar fouds heat-exchangers and creates a waste water problem
- Tar contains valuable energy potentially lost
- Tar is difficult to handle and are hazardous as well as poses a risk for fire



Gasification concepts at different scales

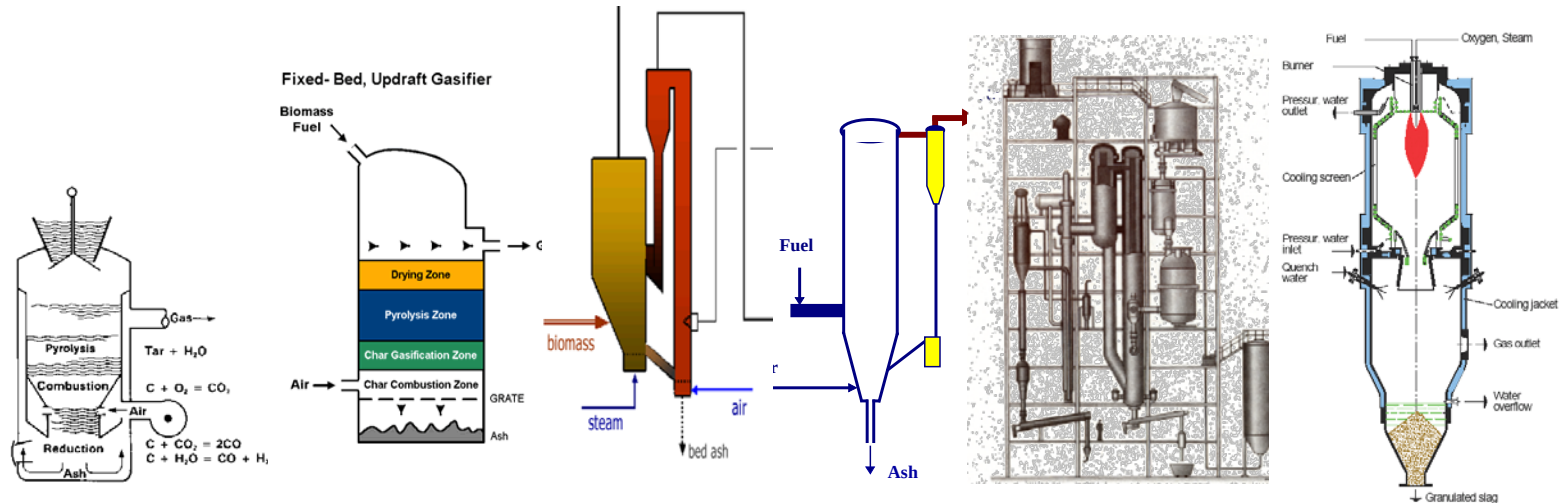
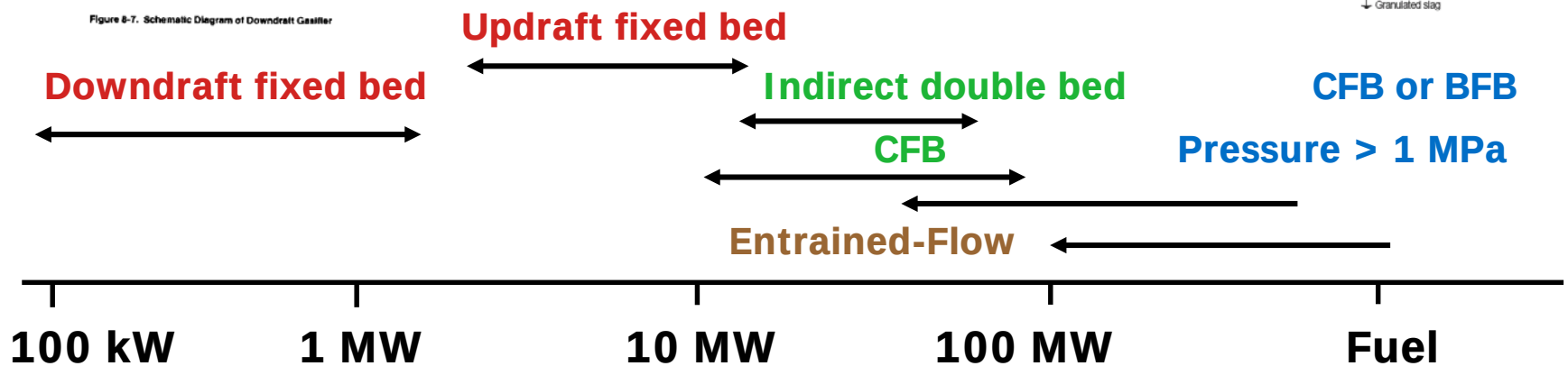


Figure 8-7. Schematic Diagram of Downdraft Gasifier



The potential relies on the availability

- There is a large potential of wood fuels gasification for multitude of high-value products.
- However, the general knowledge in the energy industry of this is often low. One reason may be the limited number of commercial plants been built.
- Several gasification concepts show high power yields at competitive costs and a most promising market is small-scale power plants.
- However, the plant operation availability is of great importance for new production plants.
- The gasification plants can be analysed by their respective gas cleaning: **limited** or **advanced** or **deep gas cleaning**.

Visited plants with plant tours and deep interviews, part 1 (2)

Skive, Denmark



Harboøre, Denmark



Gothenburg, Sweden



Hortlax, Sweden



Visited plants with plant tours and deep interviews, part 2 (2)



High availability for plants with simple gas cleaning, while advanced cleaning takes time...

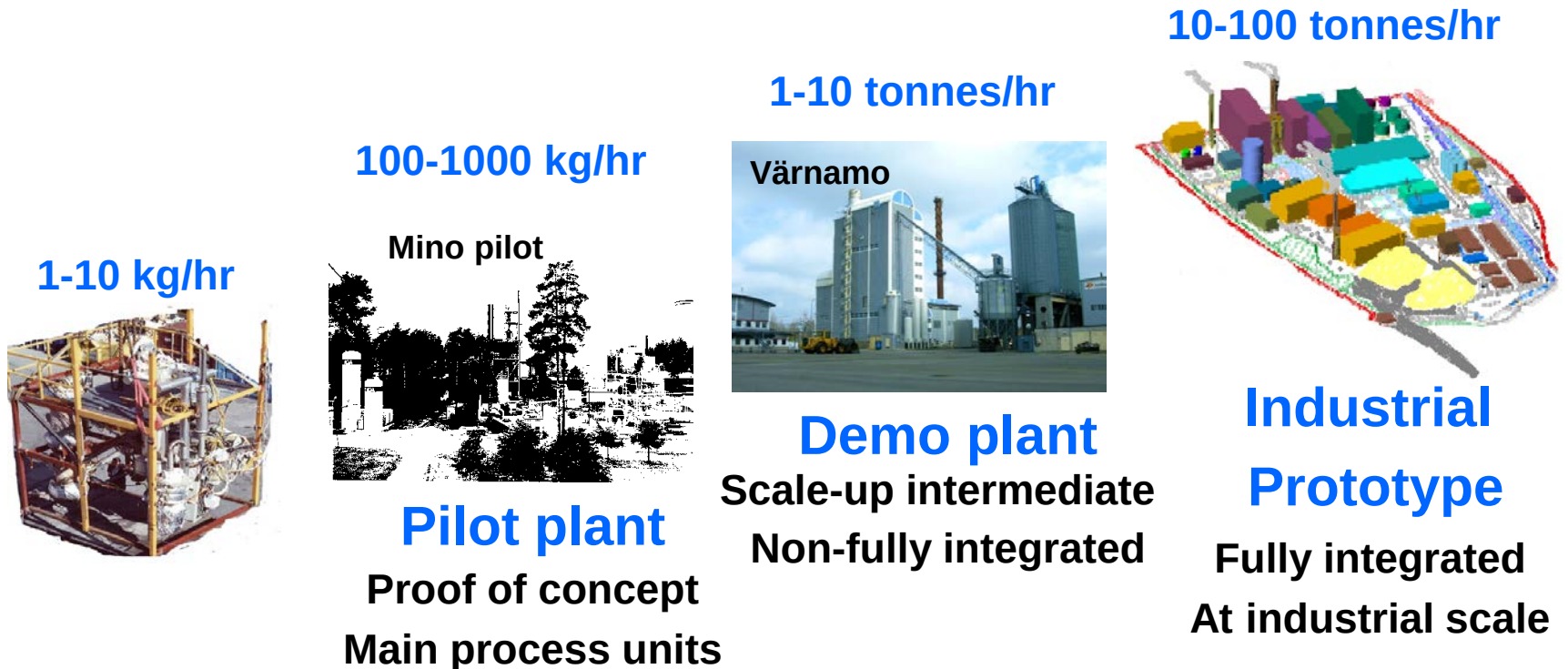
Project/plant	Process	Normal	First 12 months	Tot avail.	Current avail.	Accumulated hours
Värö	CFB	8300 h?	No data	No data	No data	>90 000 h
Bioneer	Updraft	8000 h	No data	>99%	>99%	200 000 h on each gasifier
Harboöre	Updraft	8000 h	No data	>95%	97% gasifier, 95% engine	150 000 h gasifier, 65 000 h per engine
Kymenjärvi I	CFB	7000 h	No data	98%	96-99%	27 000 h
Corenso	CFB	No data	No data	90-95%	90-95%	23 000 h (Dec 2005)
Güssing	FICFB	7500 h	3200 h gasifier, 1300 h engine	>7000 h = 93%	7700 h (2012)	>80 000 h gasifier, >80 000 h engine
Skive	BFB	(+90% for new plant)	(+80% for new plant)	70-80%	80-90%	20 000 h
Oberwart	FICFB	7500 h	1530 h = 20%	82% (goal 86%)	7500 h	26 200 until Dec 2013
Westbury	BFB	8000 h (design)	No data	No data	95-96%	+5000 h
Varkaus	CFB	4740 h (calc from %)	94.3% gasifier 47.2% slipstream	70% (average)	96% gasifier 93% slipstream	Gasifier 9000 h, Gas cleaning 5500 h
Hortlax	VIPP	8000 h, >85%	<5%, very low	<5%, very low	Reported as good	A few hundred hours
Vaasa	CFB	6500 h	97%, 5000 h (first season)	98%	99%	>9000 h
Gobigas I	FICFB	8000 h	2400 h first 12 months??	No data	No data	>1200 h (Oct 2014)

Total: 3000 h as of April 2015

Small-scale gasification plants show promising market potential

- There are plenty of gasifiers around the world, but most of them are coal based. Biomass systems are commercially available only in last years (except CFB limekiln and fix-bed updraft Bioneer).
- One-step gasifiers without further gas cleaning can be reliable and rather quickly started up even with fully automatic operation.
- The experience with multistep processes with advanced gas cleaning is much more difficult. Even demonstration for a very long time, there are still many costs still to be taken.
- However, the Enerkem technology is now taking the step to commercial scale. This show that development to commercial scale only to a minor part is technology based.

The development path to reach full potential should not be underestimated



The potential can not be reached if plants are to be shutdown and knowledge is lost...

- The **Gobigas I wood gasification plant** in Gothenburg is under audit and the owners has decided to cancel the Gobigas II project for commercial biomethane production.
- The **LTU Green Fuels black liquor gasification plant** for biomethanol and bio-DME in Piteå has just been shutdown.
- The **Oberwart gasification plant** which also tested hydrogen production and fuel cell is under discussion for closure.
- **Andritz** have laid off all employees in the Finnish gasification business unit, only offering plants for lime-kilns.
- Many gasification companies last years were bankrupt or faced plant closures: **Coskata, Chemrec, Choren, Battelle, Range Fuels, TPS...**

The plant availability can approach 100%

- It differs extremely between technologies for first 12 months of operation. Availability can be assumed to be low for a new demonstrated technology, most possibly below 40%.
- For well-known technologies (e.g. fixed-bed gasifiers with limited cleaning) the availability can be very high, approaching 100%.
- Commercial demo plants show first years of troublesome operation. After lessons learned, availability can be acceptable 80-85% and for a couple even >95%.
- All gasification technologies have potential for high availability **if the process difficulties are corrected**.
- Availability is of great importance, not only for economics but also as such to compete with other tech's in new plant investments.

Europe's newest gasification power plant?

Sweden's first commercial micro-gasifier

Inauguration: 28 Oct 2015: Emåmejeriet in Hultsfred

Technology: Volter gasifier and gas engine

Capacity: 40 kW power, 150 kW heat

CAPEX: 3 million SEK



Förgasning kan bidra till en framtid till 2040 för biokraft med mål 10 GW installerad effekt som ger 40 TWh elenergi per år!



***Biokraft, Vattenkraft, Vindkraft och Solkraft –
fyra pusselbitar i framtidens 100 % förnybart energisystem.***

Nya rön om el och värme
SEBRA-konferens
15-16 juni 2016

Välkomna!



Energiforsk

Fortsättning följer...

- På längre sikt, efter 2018, kommer vi inte att ha samverkansprogram såsom vi känner dem idag.
- Energimyndigheten driver egna program
- Energiforsk speglar programmen och samlar aktörer för kunskapsutbyte och samverkan
- Tät dialog mellan E&E för att utlysningar och programbeskrivningar ska stämma med behov och tidsmässigt

Fortsättning följer...

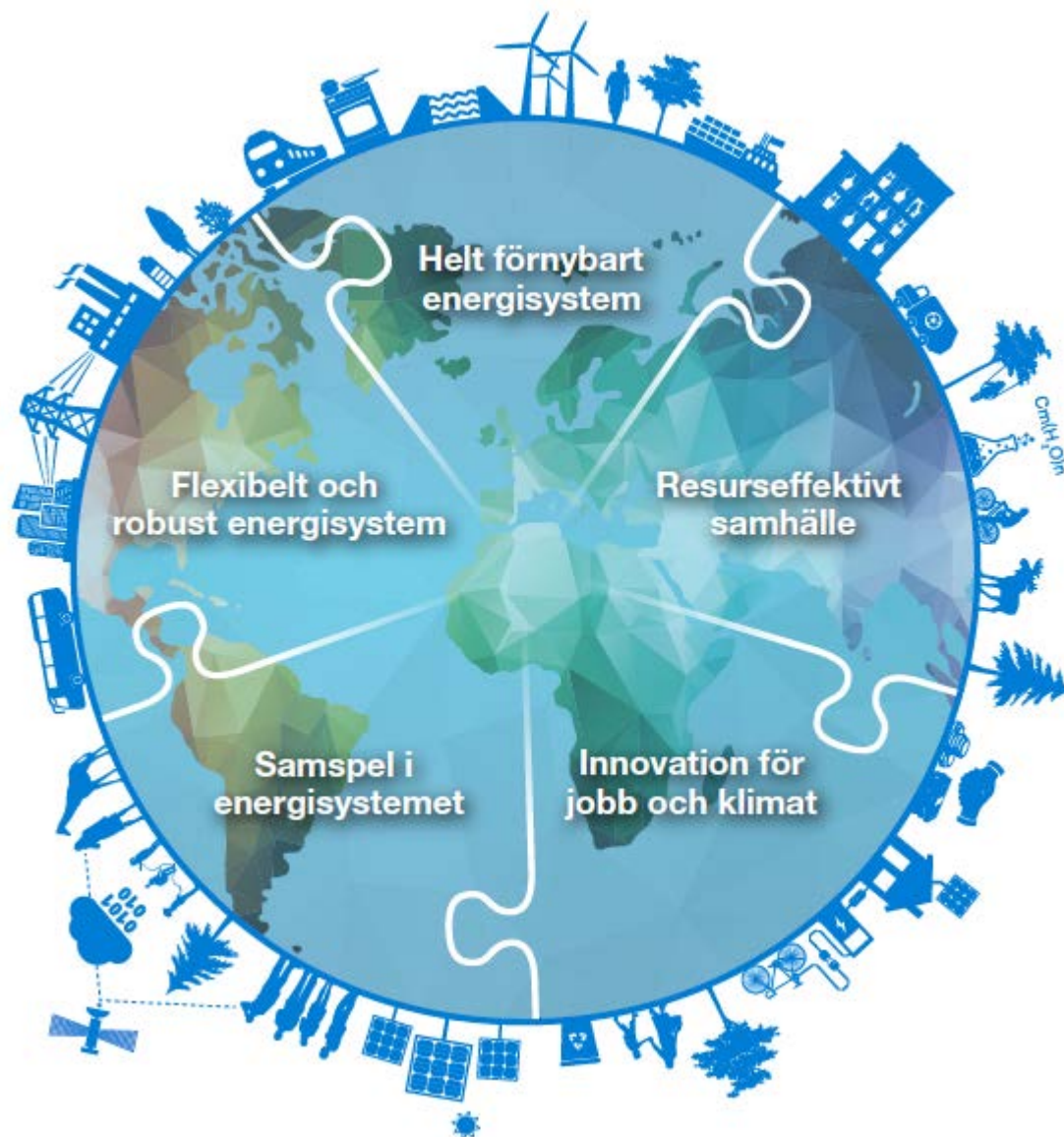
- På kortare sikt, dvs NU, kommer vi att göra en variant av SEBRA för att få en övergång till 2018
- Programbeskrivning finns klar
- Energimyndigheten har öronmärkt forskningsmedel
- Energiforsk samlar ”industriaktörerna” kring gemensamma forskningsbehov
- Projektförslag skickas dels till Energiforsk för att få industriparternas stöd, dels till Energimyndigheten för statligt stöd
- Var beredda med era projektförslag!

Strategi för Hållbar Bioenergi

Delområde: Bränslebaserad
el och värme



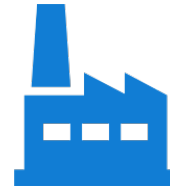
Energiforskningens utmaningar



Nio temaområden



Transportsystemet



Industri



Bioenergi



Hållbart samhälle



Byggnader i energisystemet



Allmänna energisystemstudier



Elproduktion och elsystem



Affärsutveckling och
kommersialisering



Internationella samarbeten

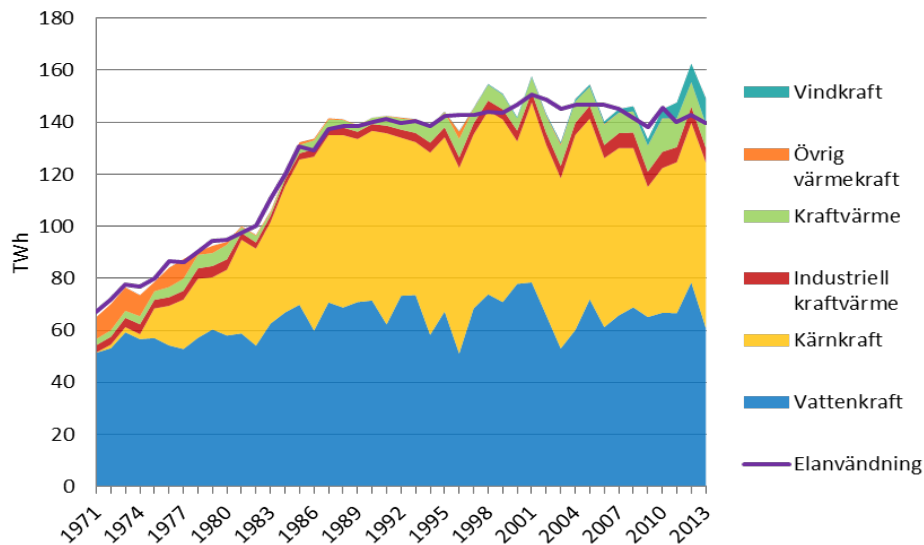
Bioenergens framtid?

- **Potentialen** är stor
- ... men vilken är **efterfrågan** (och var)?
- **Konkurrens** om bioråvaran?
- Förnybart och **hållbart**?
- Framtida behov av **el och värme**?
- **Behov** av Fol-satsningar – är tekniken ”mogen”?
- **Industrins** förutsättningar och intresse



Förändrad elanvändning – utmaning eller möjlighet?

- 60 procent av jordens befolkning bor i städer år 2030 - I dag saknar en miljard människor el i sina hem
- Sveriges elproduktion nästan koldioxidfri, men inte förnybar.



Sveriges elproduktion per kraftslag och total elanvändning
1971 – 2013, TWh

- Förändringar i elanvändningen och förändrad produktionsmix ställer nya krav på elsystemet – bikraftens roll kan växa!

Hållbar bioenergi – två delområden



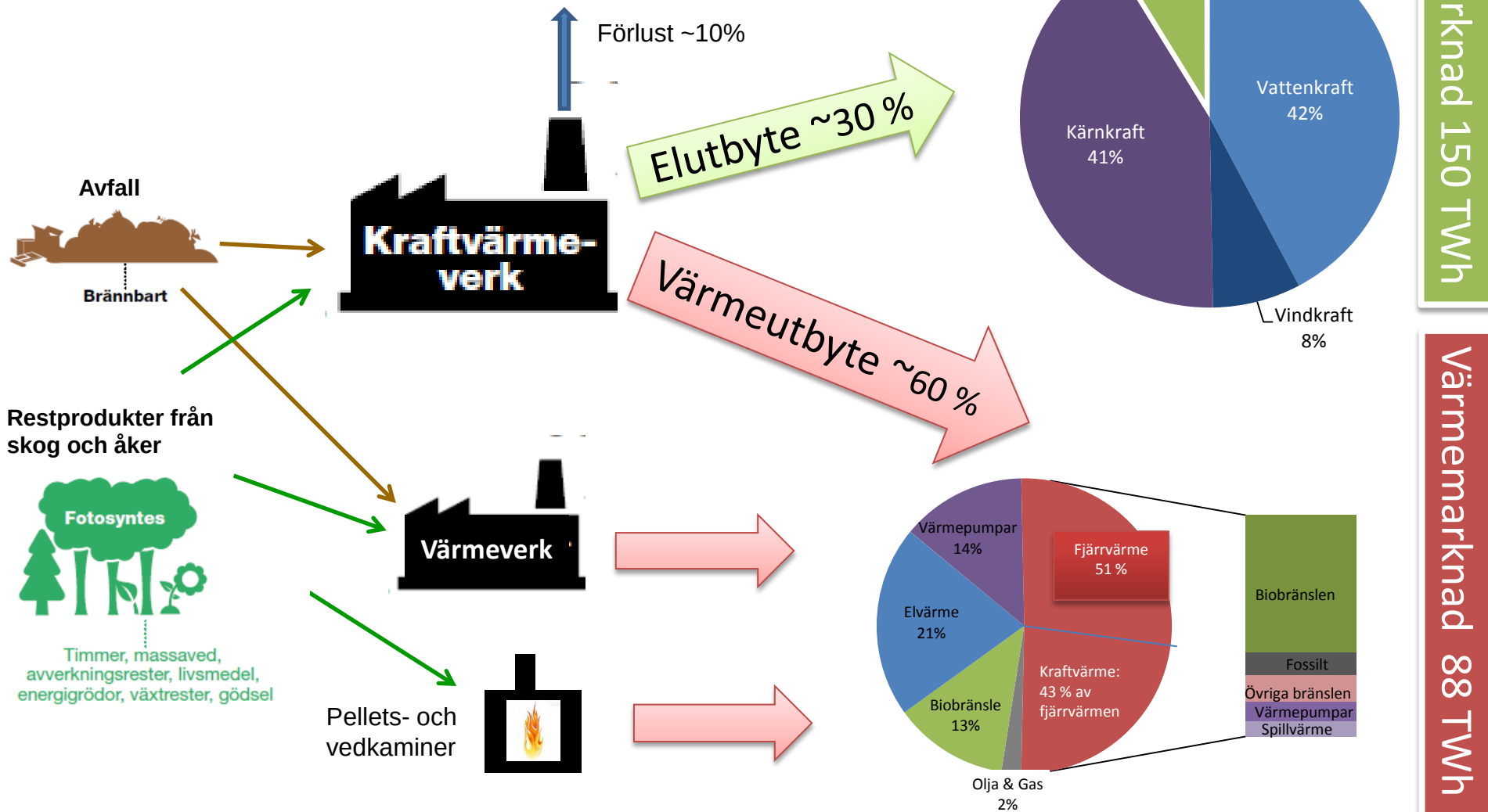
BRÄNSLE OCH AVFALL

- Biomassa från skog och åker
- Avfall och restprodukter
- Förädling
- Biogas
- Bioenergens hållbarhet

BRÄNSLEBASERAD EL OCH VÄRME

- El- och värmeproduktion
- Fjärrvärme/fjärrkyla
- Biokraften i ett hållbart kraftsystem
- Småskalig omvandling

Bränslebaserad el och värme i energisystemet



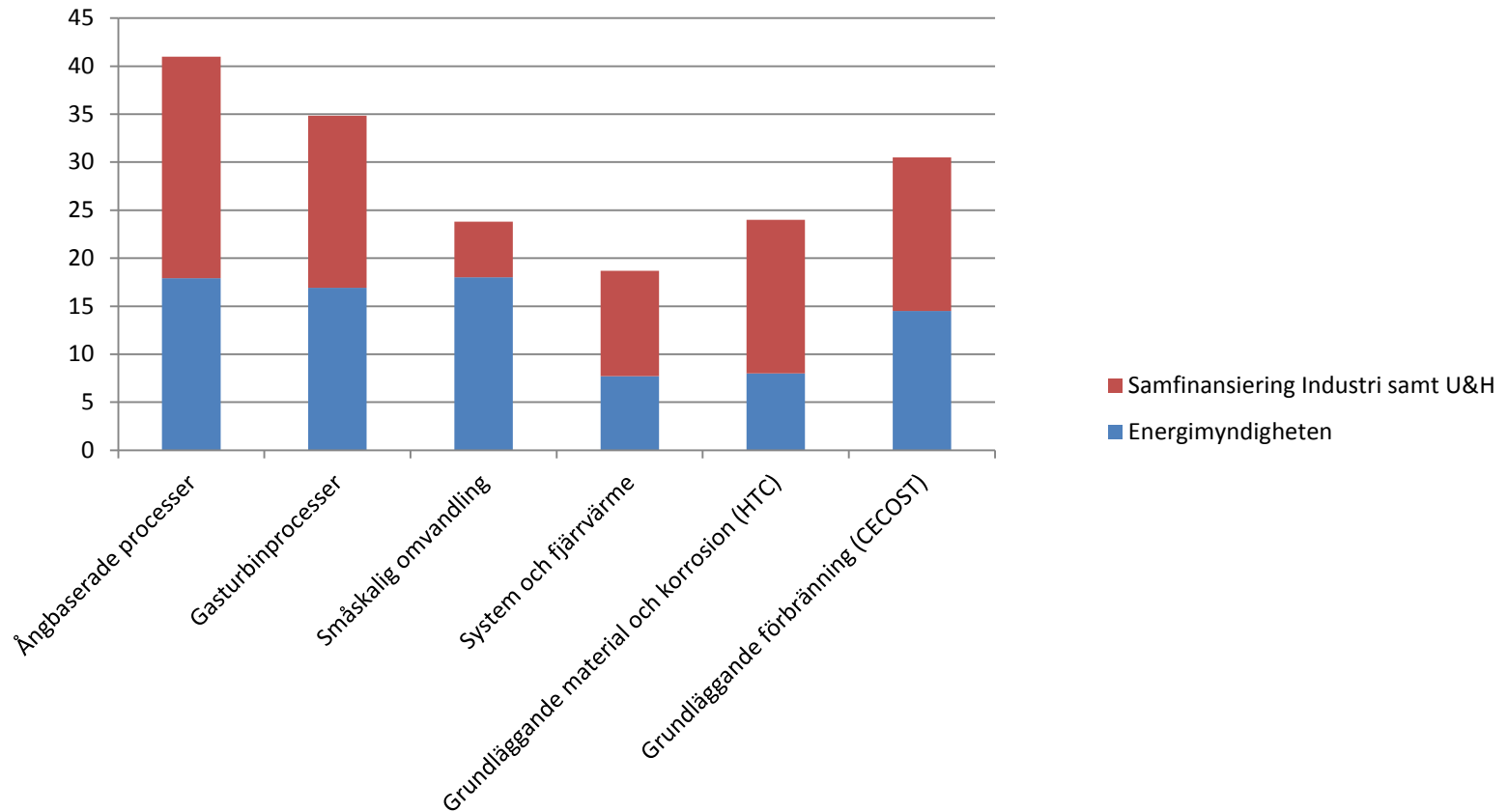
Nuläge: Forskning och innovation

Fol inom området är framförallt indelat i program. De flesta bedrivs i samverkan med branschen (samverkansprogram eller kompetenscentrum). Akademisk forskning i samverkan med branschen är betydande i flera program.

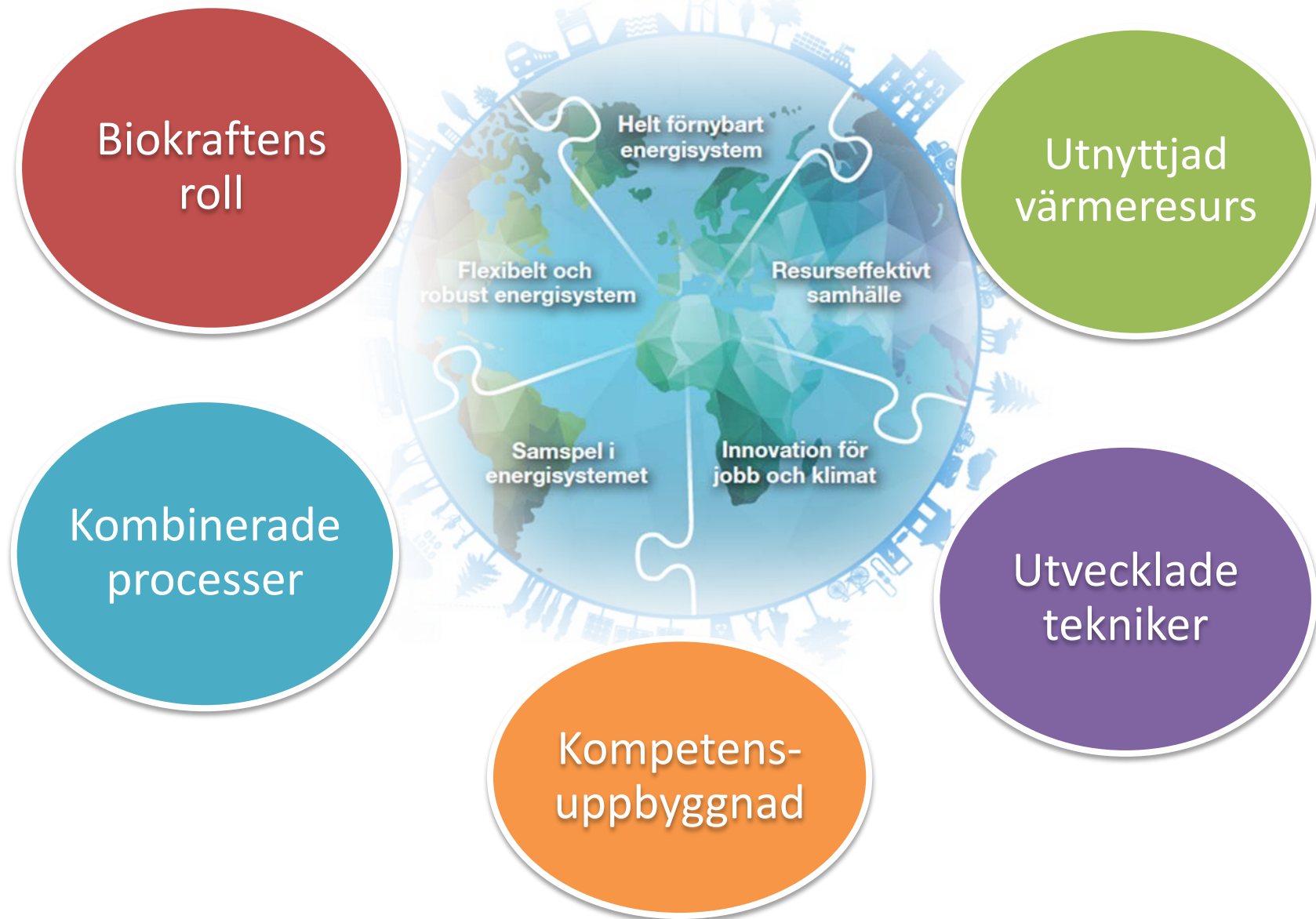
	SEBRA ¹	Material- teknik ¹	HTC ²	CECOST ²	Fjärrsyn ¹	Turbo- kraft ²	BP Omvandling ³
Småskalig omvandling							X
Förbrännings- teknik*	X			X			
Materialteknik*	X	X	X				
Turbinteknik						X	
Fjärrvärme och fjärrkyla					X		
Övergripande Systemfrågor					X	X	

- 1) Samverkansprogram med Energiforsk
- 2) Kompetenscentrum eller KC-liknande verksamhet
- 3) Internt program
- *) Avser både pannanläggning och turbiner

Nuläge finansiering tot ~85 Mkr/år



Fokusområden för Fol - Nyläge



Mål till 2025

Biokraftens roll

Biokraftens roll i ett 100 % förnybart och hållbart energisystem i Sverige har klargjorts med avseende på behov och möjligheter som bas- och/eller reglerkraft för integrering med övrig förnybar energi.

Utnyttjad värmeresurs

Integrering mellan el- och värmemarknaderna har studerats och utvecklats med avseende på hur värme- och elsystemet kan anpassas och dra nytta av varandra samt hur värmeresursen från olika sektorer kan nyttiggöras, även när behovet av uppvärmning är uppfyllt.

Utvecklade tekniker

Nya omvandlingstekniker från biobränslen och avfall till el och värme har tagits fram och befintliga har utvecklats. Fokus för dessa är resurseffektivitet, minskad miljöpåverkan, kostnadseffektivitet samt robusthet och flexibilitet. Andel demonstration för ökat nyttiggörande och kommersialisering av teknikerna ökas.

Kombinerade processer

Kombinerade processer med el, värme, kyla, biodrivmedel eller andra biobaserade produkter har studerats systemövergripande, demonstrerats och kommersialiserats.

Kompetensuppbyggnad

Genom Fol insatser har kunskap och kompetens byggts upp för såväl akademi som industri och där tydligt utbyte sker. Genom erfarenhetsutbyte och insatser bibehålls kompetens. Detta bidrar till välrenommerad forskning och stärkt konkurrenskraft för en såväl svensk som global marknad.

Strategiska förflyttningar

Områden med ökat fokus

- Systeminriktad forskning för att klarlägga kraftvärmens framtida roll.
- Utveckling och implementering av nya kostnadseffektiva tekniker för att nyttiggöra värmen från olika sektorer, inkl. elproduktion från värme.
- Kombinerade processer för el, värme, kyla, biodrivmedel eller andra biobaserade produkter.
- Demonstration av tekniker utvecklade i Sverige.

Områden med bibehållen fokus

- Kostnadseffektiva lösningar för ökat elutbyte, ökad bränsle- och driftflexibilitet samt tillgänglighet.
- Teknik och system för fjärrvärme.

Områden med minskat fokus

- Stort fokus har under lång tid legat på inkrementella förbättringar i konventionella anläggningar. Branschen bör ta ett större ansvar för detta.
- Gasturbinutveckling som inte är specifikt anpassad efter förnybara bränslen.
- Ångturbinutveckling. Få aktörer i Sverige, utvecklingsbehovet begränsat.

Nyläge

Fol-område: Bränslebaserad el och värme

Program 1:
Teknik för
ångbaserade
processer

Program 2:
Teknik för
termiska
turbomaskiner

Program 3:
Fjärrvärme och
biokraft i
energisystemet

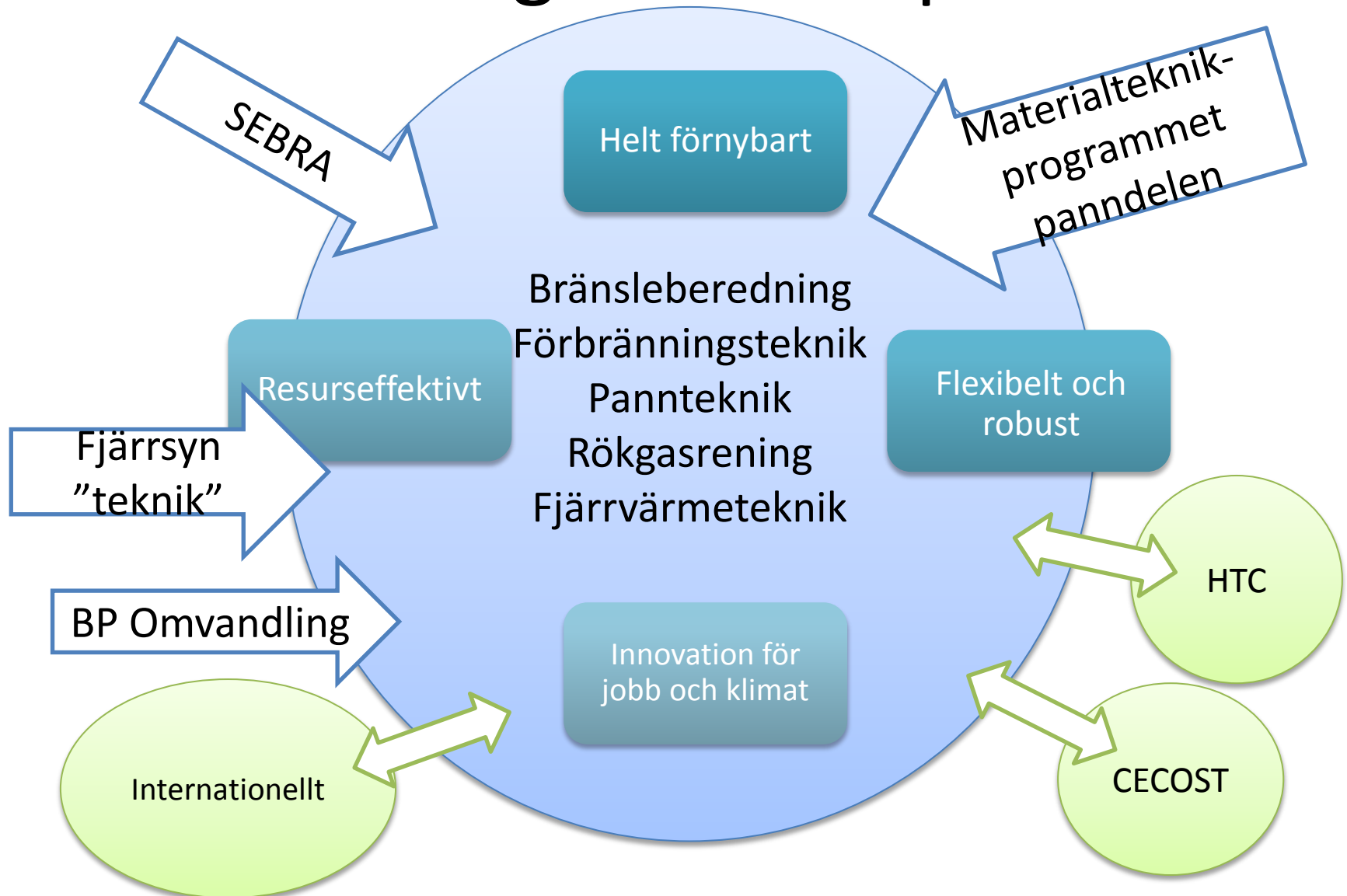
Kompetens-
centrum
HTC

Kompetens-
centrum
CECOST

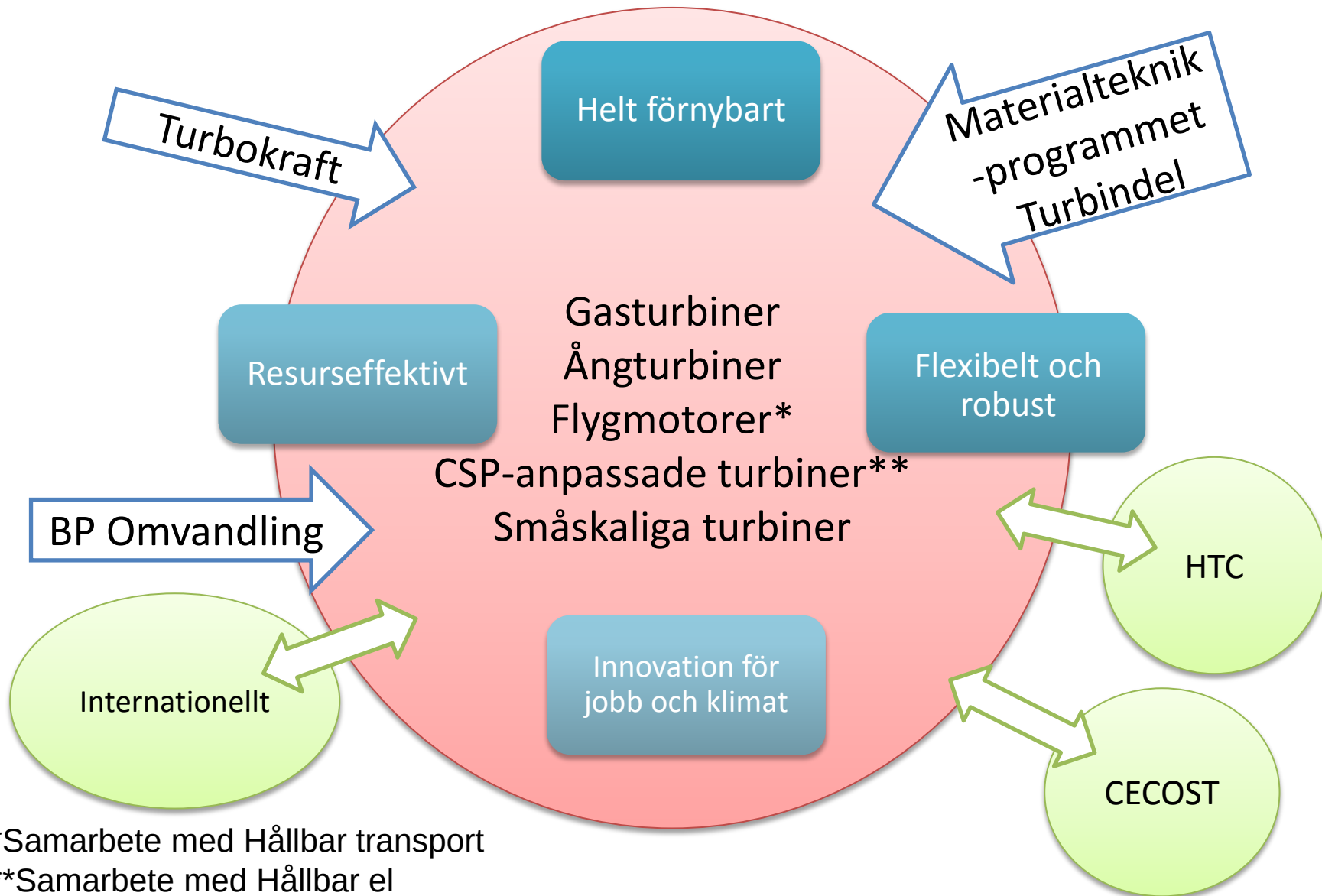
Internationella samarbeten

IEA-DHC
IEA-FBC
IEA Bioenergy
ERA-NET Bioenergy

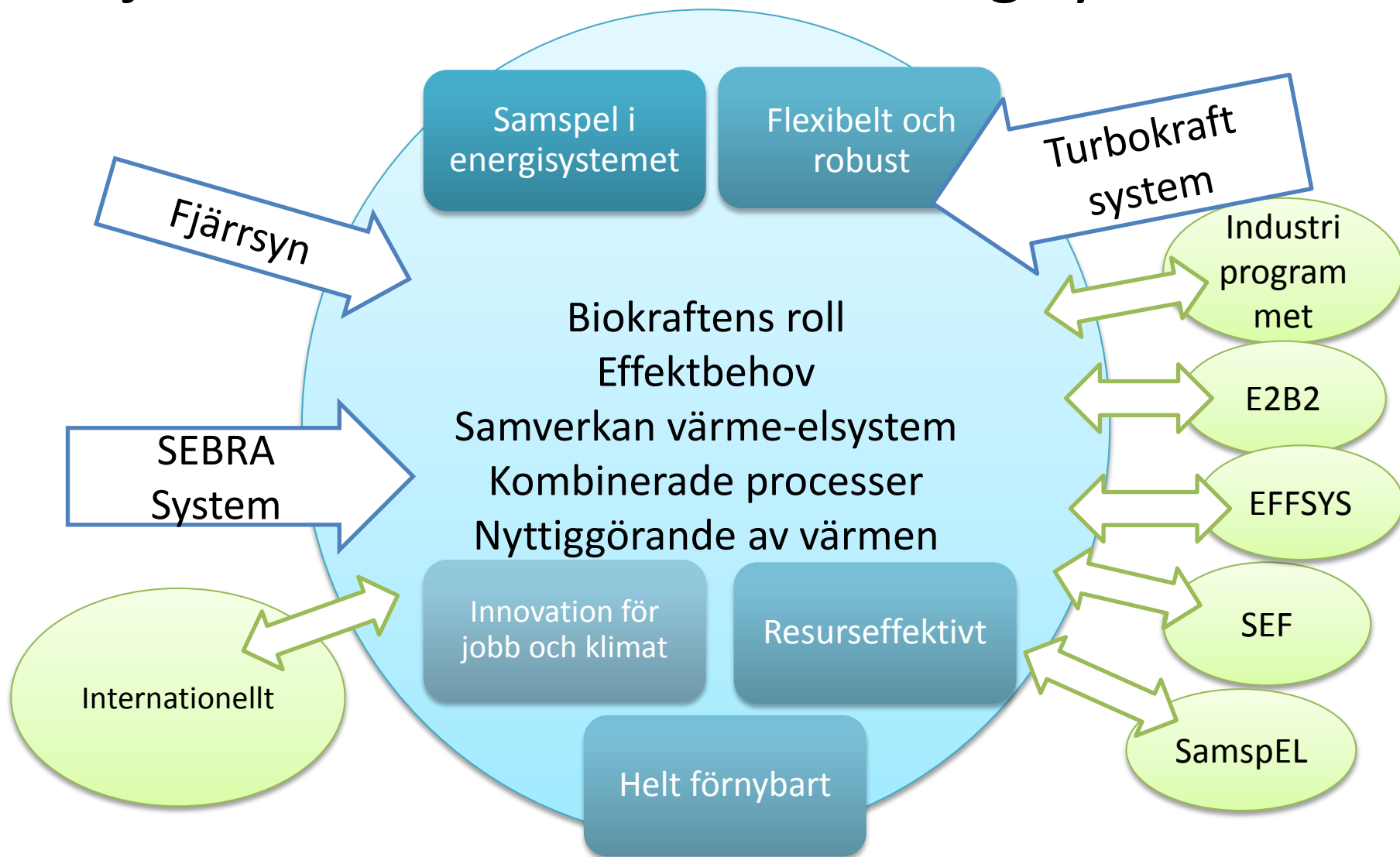
Teknik för ångbaserade processer



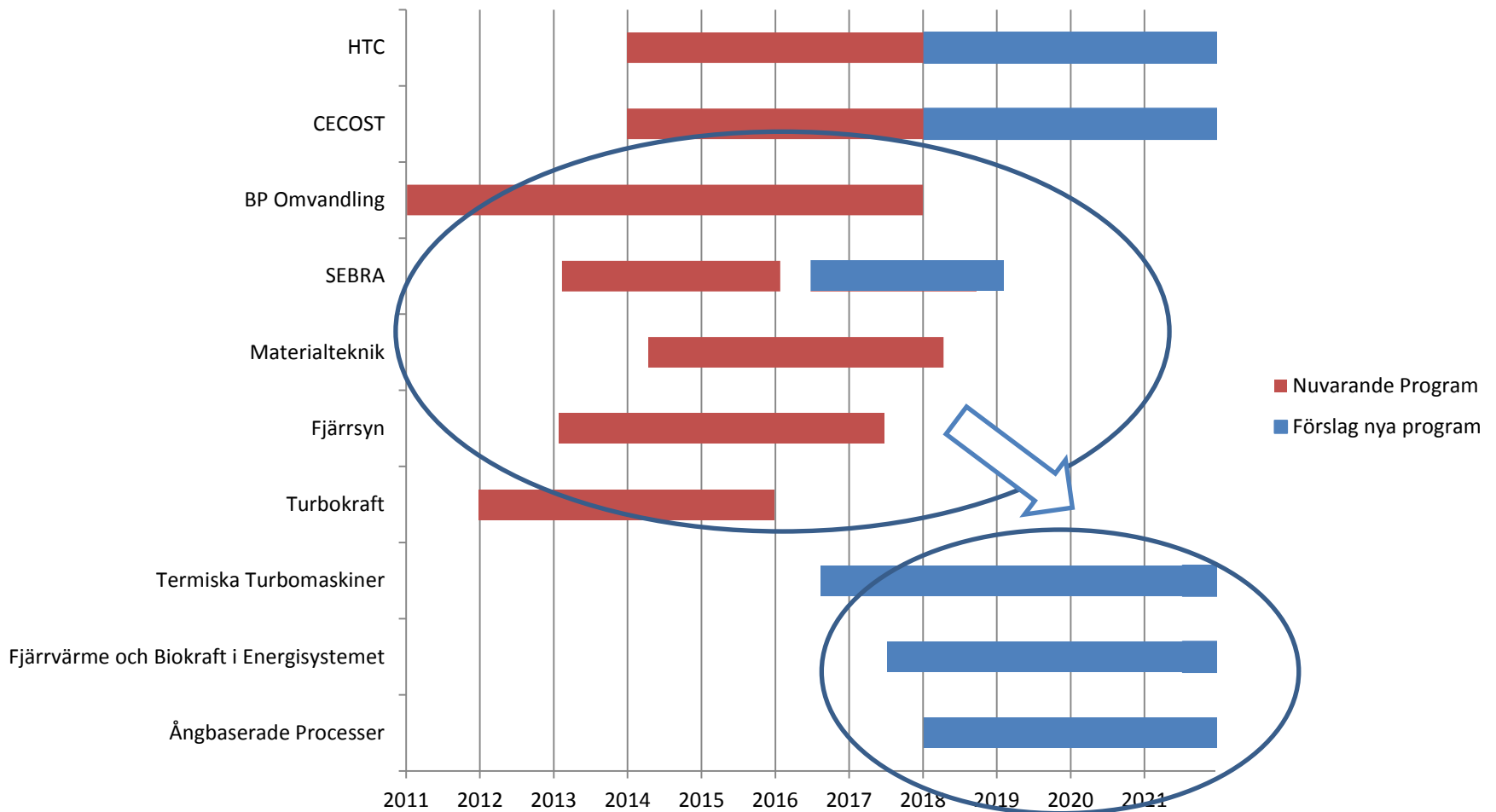
Teknik för termiska turbomaskiner



Fjärrvärme och biokraft i energisystemet



Programöversikt nyläge



Strategimodell

