

# **Modell för att prediktera när tertiära glöds-kalsproblem uppstår**

**Model for predication of tertiary scale**

**STEFAN GATU**

**2005**

**EXAMENSARBETE  
Materialteknik  
Nr: E 3131 MT**



HÖGSKOLAN  
Dalarna

# EXAMENSARBETE, D-nivå

## Bearbetningsteknik

Program Materialteknik, 180 p	Reg nr E 3131 MT	Omfattning 20 p
Namn Stefan Gatu	Datum 2005-03-10	
Handledare Mohammed Tahir	Examinator Lars Hansson	
Företag/Institution SSAB Tunnpå AB	Kontaktperson vid företaget/institutionen Dan Falkman	
Titel Modell för att prediktera när tertiära glödskaletsproblem uppstår		
Nyckelord Varmvalsning, Tertiärglödskalet, Grovyta, Temperatur, Legeringsämnen, Multivariatdataanalys.		

### Sammanfattning

SSAB Tunnpå har i Borlänge bl.a. ett varmvalsverk för breda band. På de färdiga banden kan det ibland finnas glödskalets problem i form av grov yta. Detta till följd av s.k. tertiärt glödskalet som uppkommer i färdigverket efter sista glödskaletsrensningen. En nyligen installerad ytsyningsanläggning detekterar även detta glödskalet. Syftet med examensarbetet är att öka kunskapen om tertiär glödskaletsbildning och att ta fram verktyg för att undvika glödskaletsbildning. I detta examensarbete har kartlagts vilka valsverksparametrar som påverkar det i ytsyningsanläggningen detekterade tertiära glödskalet. Detta har utförts med hjälp av ett verktyg för multivariat dataanalys som heter Simca. Resultaten visar att den variabel som mest påverkar glödskaletsproblemet är temperaturen på hetan innan den går in i färdigverket, även stålets legeringsinnehåll är avgörande. En predikteringsmodell för tertiärt glödskalet har även utvecklats i detta examensarbete. Modellen kan innan bandet valsas visa hur mycket tertiärt glödskalet som kommer bildas på bandet under färdigvalsningen.



HÖGSKOLAN  
Dalarna

# DEGREE PROJECT

## Metals working engineering

Programme	Reg number	Extent
Materials engineering	E 3131 MT	30 ECTS
Name of student	Year-Month-Day	
Stefan Gatu	2005-03-10	
Supervisor	Examiner	
Mohammed Tahir	Lars Hansson	
Company/Department	Supervisor at the Company/Department	
SSAB Tunnpåt AB	Dan Falkman	
Title		
Model for predication of tertiary scale		
Keywords		
Hot rolling, Tertiary scale, Rough surface, Temperature, Alloying elements, Multivariate computer analysis		

### Summary

SSAB Tunnpåt AB has in Borlänge a hot strip mill. When the coils are ready, sometimes the surface is rough because of tertiary scale that grows during finishing rolling. A newly installed surface inspection system for detection of surface defects also detects this type of scale. The purpose of this degree project is to increase the knowledge of tertiary scale, and create a tool for avoiding tertiary scale. In this degree project has examined witch parameters in the hot strip mill effects the growth of tertiary scale. It has been executed with a tool for multivariate computer analyse called Simca. The result of the study shows that the most important variable for scale growth is the analysis of the steel and the temperature of the transfer bar before it entering the finishing mill. Finally a computer model for predication of tertiary scale has been done. The model can predict how much the tertiary scale grows during finishing rolling.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PROCESSBESKRIVNING AV SSAB TUNNPLÅTS VARMVALSVERK .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ALLMÄNT OM GLÖDSKALS BILDNING .....</b>	<b>4</b>
3.1	GLÖDSKALSEGENSKAPER .....	5
3.1.1	<i>Oxidernas hårdhet .....</i>	5
3.1.2	<i>Adhesion .....</i>	5
3.1.3	<i>Tillväxt.....</i>	6
3.2	TERTIÄRT GLÖDSKAL .....	7
3.2.1	<i>Ytdefekter som följd av slitna valsar .....</i>	8
3.2.2	<i>Grova ytor .....</i>	8
3.3	AUTOMATISK YTA VS YNING .....	9
3.4	ORSAKER TILL TERTIÄRT GLÖDSKAL .....	10
3.4.1	<i>Tid och temperaturberoende .....</i>	10
3.4.2	<i>Legeringsämnenas inverkan på glödskalet.....</i>	11
3.5	GENOMFÖRDA ÅTGÄRDER MOT TERTIÄRT GLÖDSKAL .....	13
3.6	INTRODUKTION TILL SIMCA .....	13
<b>4</b>	<b>STUDIER OCH DESS AVGRÄNSNINGAR.....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>RESULTAT.....</b>	<b>17</b>
5.1	ENKLA SAMBAND I DIAGRAM.....	17
5.1.1	<i>Kvalitetsgrupper med mycket tertiärt glödskal.....</i>	17
5.1.2	<i>ÅS med mycket tertiärt glödskal.....</i>	18
5.1.3	<i>Tjockleksberoende .....</i>	18
5.1.4	<i>Temperatur på övergångshetan.....</i>	20
5.1.5	<i>Slutvalstemperatur.....</i>	21
5.1.6	<i>Beroende av F1 faktor .....</i>	22
5.1.7	<i>Beroende av legeringsämnena .....</i>	23
5.2	SAMBAND I SIMCA.....	25
5.2.1	<i>Kiselfritt kolstål .....</i>	28
5.2.2	<i>Kiselfritt nioblegerat stål A.....</i>	31
5.2.3	<i>Kiselfritt nioblegerat stål B.....</i>	33
5.2.4	<i>Kiselfritt nioblegerat stål C. ....</i>	37
5.3	MODELL FÖR PREDIKTERING I SIMCA .....	39
<b>6</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>SLUTSATSER .....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE .....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>ERKÄNNANDEN .....</b>	<b>45</b>
<b>10</b>	<b>REFERENSER.....</b>	<b>46</b>

## Bilageförteckning

1. Medelvärde av fraktion defekter för alla ÄS i kvalitetsgrupp 1
2. Medelvärde av fraktion defekter för alla ÄS i kvalitetsgrupp 4
3. Medelvärde av fraktion defekter för alla ÄS i kvalitetsgrupp 14
4. Medelvärde av fraktion defekter för alla ÄS i kvalitetsgrupp 24
5. Defektklasser i automatisk ytavsyning

# 1 Inledning

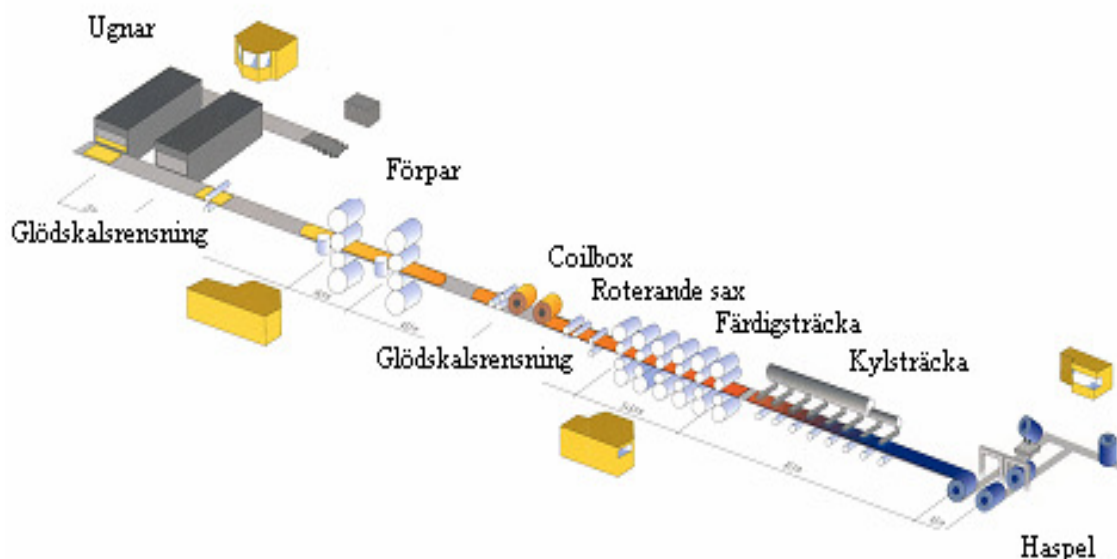
SSAB Tunnpååt har i Borlänge en produktionsanläggning innehållande varmvalsverk, kallvalsverk, normaliseringsanläggning, betsträckor, spaltsträckor, klippsträckor och ytbelägningslinjer m.m. Genom hela varmvalsningsprocessen bildas oxid på den varma stålytan s.k. glödskalet. Under pågående processer avlägsnas glödskalet för att inte påverka slutproduktens ytfinish och materialegenskaper. Fastän ytan spolas ren från glödskalet före varje valsning händer det att det finns glödskaletsproblem i form av grov yta på de färdiga banden. Anledningen till detta är att det hinner bildas glödskalet i början av färdigverket efter att den sista glödskaletsrensningen gjorts. Denna glödskaletsbildning beror på en rad olika faktorer, bl.a. temperaturen och legeringsinnehållet i stålet och troligen kombinationer av dessa faktorer. En nyligen installerad ytsyningsanläggning detekterar återbildat tertiärt glödskalet. Detta presenteras som areafraktion av defekter per band. Areafraktionen av defekter används som resultatparameter när man analyserar ett stort antal valsningsparametrar. Analysen utförs med programvaran Simca, ett verktyg för multivariatdataanalys [1]. Vissa begränsningar har gjorts bl.a. endast översidan på bandet och endast band med färdigtjocklek mindre än 6,1 mm analyseras. Resultatet från analysen skall ses som ett hjälpmedel för att tala om hur banden skall valsas för att undvika problemen med återbildat glödskalet.

## 2 Processbeskrivning av SSAB Tunnbränsels varmvälsverk

Värmningen av ämnen sker i två ugnar, den ena gasoleldad och den andra oljeeldad Figur 1. Kapaciteten är 300ton/tim per ugn. Ugnarna är av stegbalkstyp, d.v.s. alla ämnena lyfts framåt av ett rörligt balksystem och sätts ner igen på balkarna de vilar på. Dessa balkar är kylda för att inte rämna. Uppvärmningsprocessen tar ca 3 timmar. Ämnena tas ut växelvis ur ugnarna för att få ett jämnt flöde. När ämnet lämnar ugnen kallas den heta och har en temperatur på ca 1150–1270 °C beroende på vilken kampanj som körs. Under uppvärmningsprocessen i ugnen har ett oxidskikt bildats s.k. primärt glödskal. Detta skal avlägsnas före förvalsningen med högtrycksvatten (160 bar) i en sprutbox [2,3].

Förvalsningen sker i ett förpar, universalverk där hetan valsas i ett vertikalt par och i ett horisontellt par Figur 1. Valsarna drivs av elmotorer via drivaxlar. Tjockleken på hetan reduceras från 220mm till 20-30mm i horisontalparet under 5 eller 7 stück. Hetan spolas ren från glödskal vid vartannat stück. I vertikaltparet kan bredden regleras, minskning av bredden kallas kantning, ökning kallas för breddning. Maximal kantning är 35mm och maximal breddning är 10mm [2,3].

Efter förvalsningen rullas övergångshetan upp i en rulle i coilbox, Figur 1. Coilbox används på grund av att övergångshetan är för lång för att få plats mellan förpar och färdigverk. En annan fördel med coilbox är att övergångshetan får en jämnare temperatur. Den främre änden vid förvalsning blir bakre ände vid färdigvalsningen. Detta ger jämnare toleranser och egenskaper hos det färdiga bandet [2,3].



Figur 1 Schematisk bild över bredbandverket hos SSAB Tunnbränsels i Borlänge

Färdigvalsningen sker i sex valspar av kvartotyp som står i tandem Figur 1. De fem sista paren är utrustade med CVC (Continuous Variable Crown) teknik för justering av planhet och profil. Valsarna kyls kontinuerligt med vatten för att ej bli för varma. Driften av paren sker via elmotorer, par 1-4 har utväxling och de sista två paren är direkt drivna. Ändarna på övergångshetan klipps i en roterande sax och det sekundära glödskalet rensas i en sprutbox innan den matas in i färdigsträckan. Efter att övergångshetan gått in i färdigsträckan kallas den för band. Valsarnas periferihastighet ökar i varje par när bandet valsas ut. Efter sista par kan den vara ca 10 m/s. Slutdimensionen på bandet kan vara 1.55-16mm tjockt och 600-1650mm bred [2,3]. Efter färdigverket går bandet genom en kylsträcka Figur 1. Där sprutas vatten via munstycken på bandets under och översida för att kyla och ge det rätt materialegenskaper. Det sista steget i bredbandverket är upphaspling av bandet till rulle [2,3].

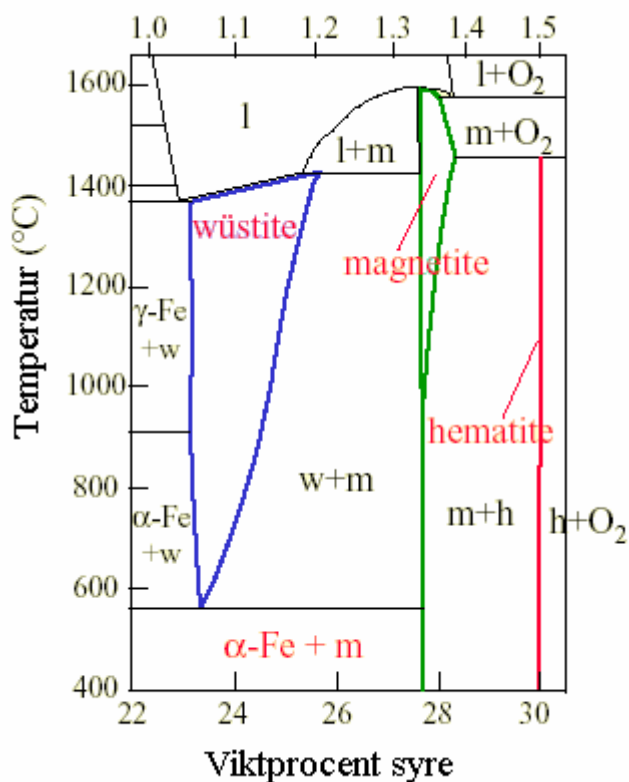


### 3 Allmänt om glödskaalsbildning

När stål värms och bearbetas uppkommer och tillväxer alltid ett oxidskikt s.k. glödskaal på dess yta. Det mesta av glödskalet bildas under värmning, valsning och svalning av stålet. Under pågående processer avlägsnas glödskalet för att inte påverka slutproduktens ytfinish och materialegenskaper. Den samlade stålförlusten till följd av glödskaal under tillverkningsprocessen är ca 6-9 % [4,5].

Det har visat sig att en viss glödskaalsbildning är fördelaktigt, då försvinner en del av de ytdefekter som uppkommer vid gjutning och svalning av ämnet. Det skulle även bli alltför kostsamt att helt eliminera glödskaalstillväxten under hela processen. Istället tas det bort stegvis mekaniskt eller kemiskt [4,5].

Om järn fritt får oxidera under hög temperatur bildas de tre järnoxiderna FeO (wüstite), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (magnetit) och Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (hematit) enligt Figur 2, i en bestämd ordning och kvantitet. Men i verklighetens olika tillverkningsprocesser finns det nästan alltid störningar. Då kan ett varierat utseende på oxidskiktet uppkomma [4,5].



Figur 2 Fasdiagram Järnsyre [6]

**Wüstit** ( $\text{FeO}$ ) är den mest järn rika av de tre oxiderna. Den har en kubisk struktur av NaCl typ. Syre atomerna är tätpackade och de mindre järn atomerna ligger i hålrummen. Men det finns alltid vakanser i hålrummen därför förekommer den stökiometriska formeln  $\text{FeO}$  inte i verkligheten. Istället används formeln  $\text{Fe}_{1-x}\text{O}$ . På grund av att järnjonerna kan vara tvåvärda ( $\text{Fe}^{2+}$ ) eller trevärda ( $\text{Fe}^{3+}$ ) kan wüstitens sammansättning variera över ett intervall. Homogenitetsområdets bredd är 5-12 % vakanser i hålrummen, därför existerar wüstit mellan  $\text{Fe}_{0,88}\text{O}$  och  $\text{Fe}_{0,95}\text{O}$ . Enligt fasdiagrammet är wüstit ej stabilt under 570 C, sönderfallet är relativt långsamt och mycket temperaturberoende. Faserna som bildas är beroende av kylningshastigheten. Vid jämviktsförhållanden kommer järn och magnetit att bildas i en eutektoid reaktion. Men i verkligheten är ofta kylningshastigheten större då undertrycks den eutektoida reaktionen [4,5].

**Magnetit** ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) har även den en kubisk struktur men med spinell typ och kan sägas vara en dubbel oxid. P.g.a. att järnjonerna är både två och trevärda kan den stökiometriska formeln för magnetit skrivas som  $\text{Fe}_2^{3+}\text{Fe}^{2+}\text{O}_4$ . Det kovalenta inslaget i bindingarna är betydligt större i magnetiten än i wüstiten. Den är svart metallglänsande och ferromagnetisk [4,5].

**Hematit** ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) finns i två modifikationer, den som finns i glödskalet är  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  där strukturen kan beskrivas som att syre atomerna ligger hexagonalt tätpackade och järnatomerna ligger i oktaedriskt koordinat i mellanrummen. Den har troligtvis en viss syrejonbrist. Den andra modifikationen av hematit är  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Hematiten har blågrå till svartgrå metallglans, ibland med röd skiftning. Pulveriserad hematit är mörkröd [4,5].

### **3.1 Glödskaletsegenskaper**

Glödskalet har vissa karakteristiska egenskaper som är mycket viktiga för processtyrningen och för att i slutänden få en produkt med hög ytfinish.

#### **3.1.1 Oxidernas hårdhet**

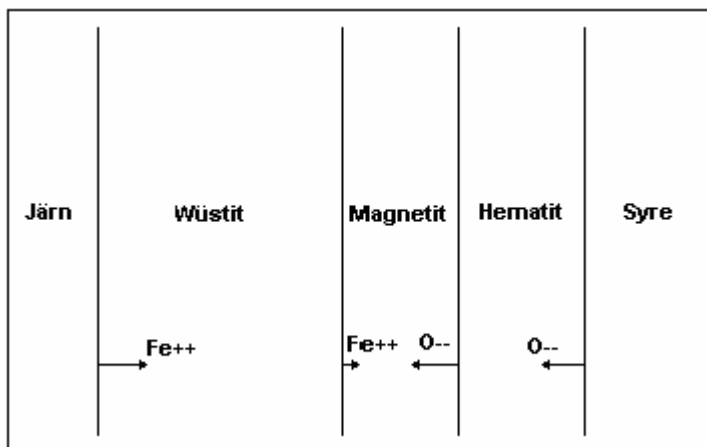
Hårdheten för de tre oxiderna är olika. Vid rumstemperatur har wüstit en mikrohårdhet på 739-749  $\text{kp/mm}^2$ , magnetit har 1090-1210  $\text{kp/mm}^2$  och hematit har 2060-2490  $\text{kp/mm}^2$ . Detta gör att de har olika förmåga att motstå syror. Magnetit och hematit är svårlösta i syra medan wüstit löses tämligen lätt i syra. Detta har stor betydelse när glödskalet skall avlägsnas genom betning [4].

#### **3.1.2 Adhesion**

Vidhäftningen mellan stålytan och oxiden har stor betydelse för glödskalets tillväxt. Dålig vidhäftning resulterar i att kontakten till stålytan minskar, vilket försvårar diffusionen av järnjoner in i oxidskalet. Därigenom minskar glödskalstillväxten och wüstiten omvandlas till magnetit. Vidhäftningen ökar upp till en temperatur på ca 800°C för att sedan avta med ökande temperatur [4].

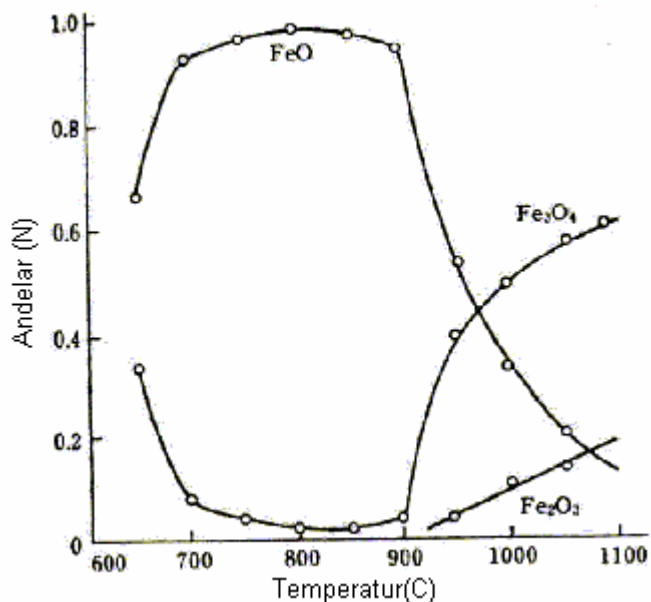
### 3.1.3 Tillväxt

När oxiderna tillväxer på järn sker transporten av joner in mot centrum av oxidskiktet enligt Figur 3. Wüstit växer genom diffusion av järnjoner. Syrejoner tillförs vid den yttre sidan av fasen och blir orörliga. Magnetit växer genom diffusion av syrejoner och järnjoner, ca 20 % är diffusion av järnjoner. Hematiten växer genom diffusion av syrejoner [4].



Figur 3 Schematisk bild över hur jonerna diffunderar under oxidationen [3]

Vid varierande temperatur är andelarna av de tre järnoxiderna enligt Figur 4 olika. Vid 800°C dominerar wüstiten, över 1000°C börjar magnetiten dominera [4].



Figur 4 Temperaturens inverkan på andelen järnoxider i glödskal [4]



Erfarenhet inom SSAB från en mängd synade band och från många reklamationer visar att undersidan av bandet mer drabbat av tertiärt glödskalet än översidan [3]. Relevanta egenskaper skalet har är tjocklek, kemisk sammansättning, hårdhet, struktur, och speciellt adhesion och cohesion med stålet [4].

### **3.2.1 Ytdefekter som följd av slitna valsar**

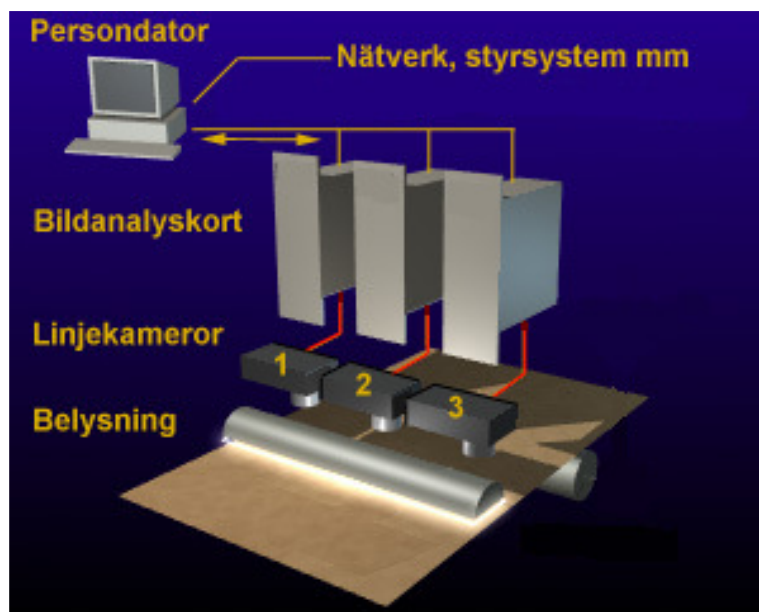
Oxidskiktet som byggs upp på arbetsvalsens yta kan släppa och flagna av. Detta gör att valsarnas yta blir grövre ju mer som har valsats med dem. Om detta sker i något av slutparen kan detta ge en prägling av bandets yta som liknar tertiärt glödskalet [3,7].

### **3.2.2 Grova ytor**

När övergångshetan går in i första par i färdigsträckan blir glödskalet kallare och mindre duktilt. När reduktionen äger rum börjar skalet att spricka, och bitarna trycks ner i stålet som samtidigt fyller ut mellanrummen [7,8]. Resultatet blir en grov yta. Den grova ytan bandet får nu kommer att finnas kvar i hela den efterföljande processen. Det är inte bara ytan på arbetsvalsen som ger den grova ytan. Troligtvis är det en kombination av kontakt mellan vatten, glödskalet, heta och arbetsvalsar. När det färdiga bandet rensas (betas) från glödskalet framträder den grova ytan ännu tydligare [7,8].

### 3.3 Automatisk ytavsynning

Under våren 2003 idrifttogs ett ytinspektionssystem som inspekterar 100 % av bandets yta vid full produktionshastighet. Operatörerna ser resultatet av klassningen och bandöversikten direkt på skärmen. Defektbilden visas direkt under valsningen av bandet. Periodiska defekter som valsmärken o.d. indikeras direkt som en varning, och valsbyten kan genomföras omedelbart. Detta medför att riskerna att producera skrot minskar kraftigt. Fel i glödskaalsrensning indikeras omedelbart, vilket tidigare kunde ta lång tid att upptäcka. Bandens kvalitet dokumenteras, defektbilder lagras och finns tillgängliga direkt för avsynning. Informationen kan överföras till efterföljande processer för optimering av produktionen. Systemet består av flera olika hårdvaru och programvarukomponenter. En uppsättning digitala kameror, kombinerade med belysningsmoduler är integrerade i inspektionsbryggan och tar bilder av bandets yta. Bilderna utvärderas av kameratorer och skickas vidare till en server som utför den slutgiltiga utvärderingen. Resultatet visas på operatörsterminalen, varifrån data kan arkiveras och skrivas ut. Systemet kan integreras i anläggningens datornätverk för överföring av data om ytkvalitet till andra avdelningar [9].



Figur 7 Schematisk bild över ytavsyningsanläggningen [9]

### 3.4 Orsaker till tertiärt glödskalet

Det finns flera orsaker till att glödskalet växer under färdigvalsningen, det kan vara tid, temperaturen eller beroende av olika legeringsämnen [3,7].

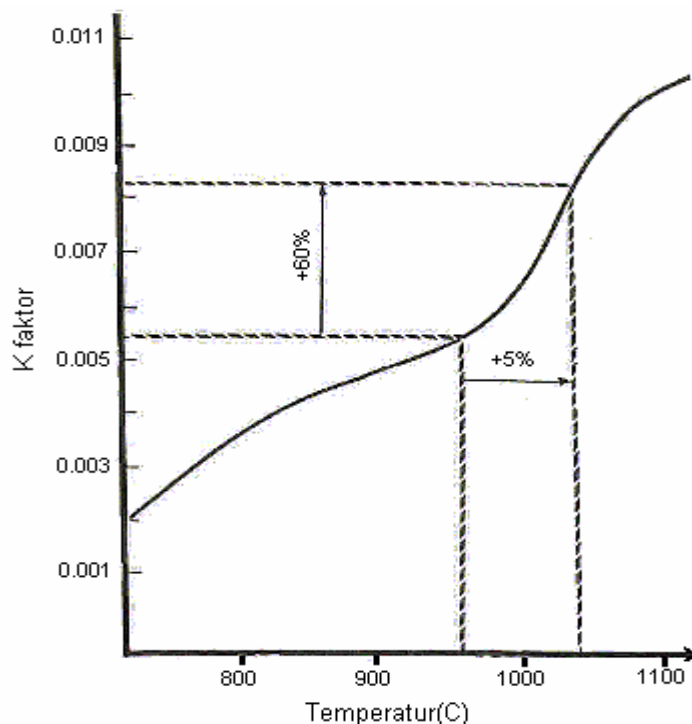
#### 3.4.1 Tid och temperaturberoende

Mängden av glödskalet som bildas är en funktion av tid och temperatur. När glödskalet blir tjockare går diffusionen av syre och järnjoner långsammare. Tillväxten blir en faktor av roten ur tiden och är olika vid varje specifik ytemperatur. I ett valsverk varierar yt och bulk temperaturen på hetan beroende på kylning och reduktioner. Glödskalstillväxten i relation till temperatur och tid kallas K faktor [8]. Mängden tillväxt följer följande samband:

$$W/A = K * t^{1/2}$$

Där: W=glödskalsvikt  
A=glödskalsarea  
K=glödskalstillväxtfaktor  
t=Tillväxttid

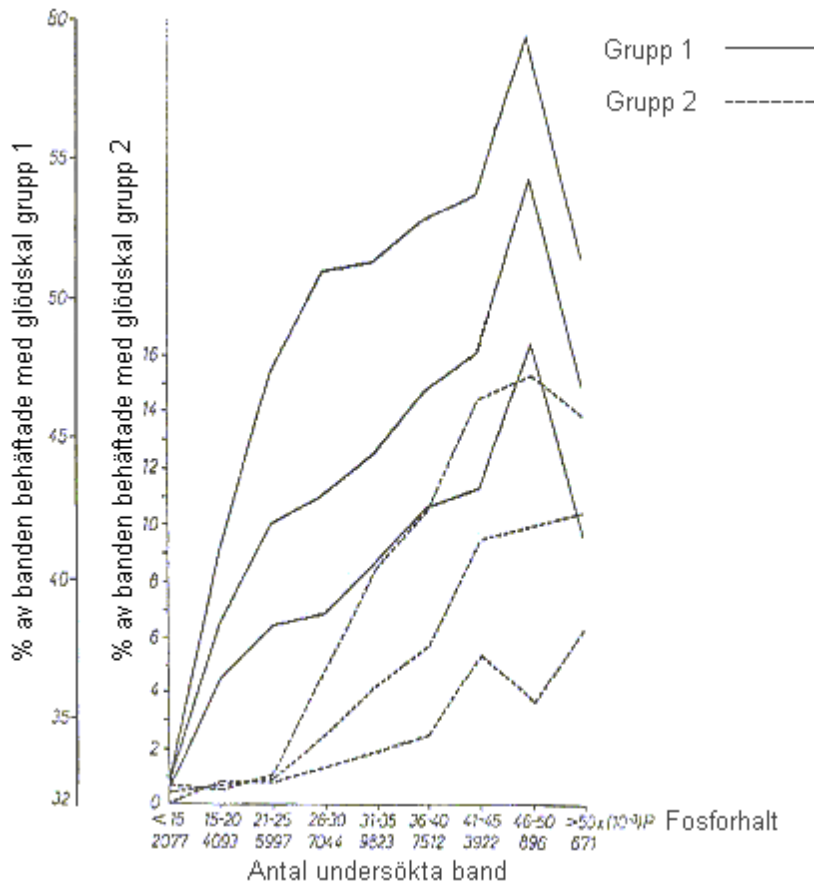
En typisk tillväxtkurva visas i Figur 8. Den vertikala axeln är K faktor och den horisontella är temperaturen. Om temperaturen ökas 5 % kan glödskalstillväxten öka med 60 %. Tiden för glödskalstillväxt bestäms av positionen på glödskalsrensningen och hastigheten på bandet [8].



Figur 8 Glödskalstillväxt (K-faktor mot temperatur)[8]

### 3.4.2 Legeringsämnenas inverkan på glödskalet

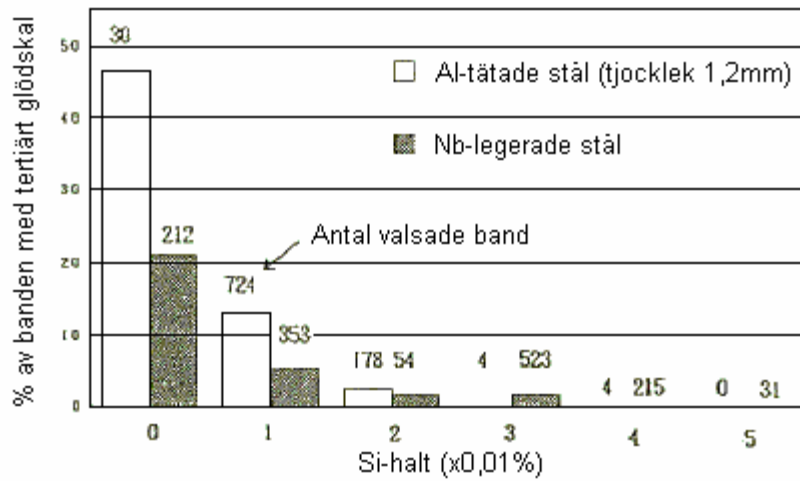
De flesta legeringselement anrikas i wüstiten eller på gränsen mellan wüstiten och stålytan [4]. Anledningen till detta är att de flesta legeringsmetallers löslighet i järnoxiderna är liten. Förutom mangan och molybdenoxider som kan bilda blandoxider med järnoxiderna. Legeringsmetaller som är ädlare än järn t.ex. koppar och nickel, blir först oxiderade, sedan reducerade av vandrande järnoxider tillbaka till metaller igen, och de lägger sig som tunna skikt på fasgränsen järn/wüstit. Om legeringsmetallen är oädlare än järn t.ex. Al, Si, och P anrikas deras oxider i wüstitskiktet nära stålytan. De bildar föreningar med wüstiten, den vanligaste är fayalit ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) men även järnfosfat förekommer. När detta händer förändras och hindras glödskalets bildningen betydligt. Svavel oxideras inte utan utfälls som järnsulfid ( $\text{FeS}$ ) på fasgränsen. Närvaron av sulfider leder till ett accelererat angrepp på stålet. Denna effekt tycks vara relaterad till den höga diffusionshastigheten av katjoner i sulfider jämfört med diffusionshastigheten i motsvarande oxider. Metaller som Cr, V och Nb diffunderar ej ut ur stålet [4]. Tvärt emot vad teorin säger, har i en rapport av L. Luyckx och F. Lorang m.f. [10] visats att en högre halt av fosfor i stålet ger mer glödskalet på banden se Figur 9.



Figur 9 Fosforhaltens inverkan på andelen band med glödskalet [10]



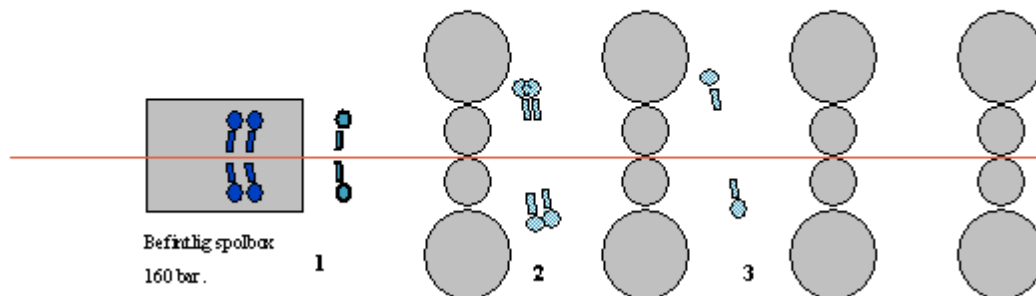
Enligt Yoshio Oiko m.f. [11] bildas det inte så mycket tertiärt glödskal på banden om kiselhalten är hög. I synnerhet vid halter över 0,04%. Detta kan ses i Figur 10 , en högre kiselhalt ger mindre glödskal på de synade banden.



Figur 10 Kiselhaltens inverkan på antal band med tertiärt glödskal [11]

### 3.5 Genomförda åtgärder mot tertiärt glödskal

I färdigsträckan finns utrustning för ytrensning och ytkylning förutom den vanliga 160 bars glödskalsrensningen enligt Figur 11. Före par 1 rensas bandet från löst sittande glödskal genom tryckstegrat sandfiltererat vatten. Trycket kan varieras mellan 25 och 70 bar. Spolningen ger även en önskad kylande effekt. Det finns sedan efter par 1 och par 2 ramper där ej tryckstegrat sandfiltererat vatten kyler bandets yttemperatur. Det är önskvärt att hålla bandets yttemperatur under 950°C för att minska återbildningen av glödskal. Material av vissa kvalitetsgrupper och med hög instickstemperatur samt sluttjocklek mindre än 3 mm löper större risk att drabbas av tertiärt glödskal. Dessa kvalitetsgrupper kyls därför mer än övriga kvalitetsgrupper med ytrensning/ytkylnings anläggningen. Utvärdering har gjorts efter idrifttagning av anläggningen, den visar att andelen band med tertiära glödskalsproblem har minskat [12].



1. Spolramp med tryckstegrat vatten på över och undersidan (max 70bar).
2. Fyra ramper för lågtrycksvatten (6bar). Regleras med on/off ventiler.
3. Två ramper för lågtrycksvatten (6bar). Regleras med on/off ventiler.

Figur 11 Schematisk bild över ytrensning och ytkylning [12]

### 3.6 Introduktion till Simca

För att förstå världen omkring oss mäter vi och samlar in en massa data och processvariabler. Oftast kan dessa tyckas sakna samband. Men multivariat data från vissa intelligent valda variabler innehåller mycket mer information än univariat data. Om man kör dessa i ett program som använder multivariat data analys kan man få fram information om sambanden mellan de olika variablerna som annars är omöjlig att upptäcka [1]. En enkel beskrivning om hur multivariat analys baserad på en projektions metod (PLS) fungerar. En svärm av punkter i en K dimensionell rymd (K=antal variabler) projiceras på en lägre dimension ett s.k. hyperplan. Koordinaterna för detta hyperplan ger en komprimerad information om observationerna och riktningvektorn för hyperplanet ger information om variablerna [1].

## 4 Studier och dess avgränsningar

Vissa begränsningar behövdes göras för att rapporten skulle bli klar enligt föreskriven tid.

- Endast översidan på bandet analyseras p.g.a. problem med kylvatten som stör klassificering av defekter på undersidan på bandet.
- Endast band med färdigtjocklek mindre än 6,1 mm analyseras p.g.a. att band som är tjockare i allmänhet är fria från problem med grova ytor orsakade av återbildat glödskalet.
- Endast felklasserna 70, 71, 76 och 81 detekteras som tertiärt glödskalet (se bilaga).
- Endast ÄS som valsas ofta analyseras, för att få ett större statistisk underlag.

Studierna utförs genom att analysera processdata från valsningar utförda mellan vecka 38 och 43 år 2004. Den första studien görs med hjälp av diagram i Excel för att få en grundläggande känsla för hur de olika variablerna påverkar det återbildade glödskalet. I studie 2 laddas data i form av Excel kalkylblad in i Simca för analys. I Simca analyseras alla variabler samtidigt för att få en uppfattning om vilka variabler som mest påverkar tillväxten av det tertiära glödskalet. Processvariabler som skall ingå i studierna kan ses i Tabell 1.

**Tabell 1 Beskrivning av de analyserade variablerna**

Typ	Namn i tabell	Processvariabel	Enhet
Y	D/A	Fraktion defekter	fraktion
X	Ämneslängd	Ämneslängd	mm
X	%Si	Kiselhalt	%
X	% Mn	Manganhalt	%
X	% P	Fosforhalt	%
X	Färdigtjocklek	Tjocklek färdigt band	mm
X	Tjocklek_övergångsheta	Tjocklek efter förparet	mm
X	Temp_övergångsheta	Mätt temperatur efter förpar	°C
X	Slutvalstemp	Mätt temperatur efter färdigverk	°C
X	Instickstemp	Beräknad temperatur in i färdigverk	°C
X	F1_faktor	Tid*Temperatur mellan glödskaletsrensning och par1 färdigverk	°Cs
X	F2_faktor	Tid*Temperatur mellan par 1 och2	°Cs
X	Antal_kylramper	Antal ramper i ytkylning	st

Formeln för F1 faktorn är:

$$F1 = \text{Temperaturen} * \frac{4,1}{\text{Bandhastighet}(\text{före}F1)} [\text{°Cs}]$$

De ÄS nummer som används på SSAB Tunnbränsel byts ut enligt följande för att minska antalet långa sifferkombinationer i rapporten:

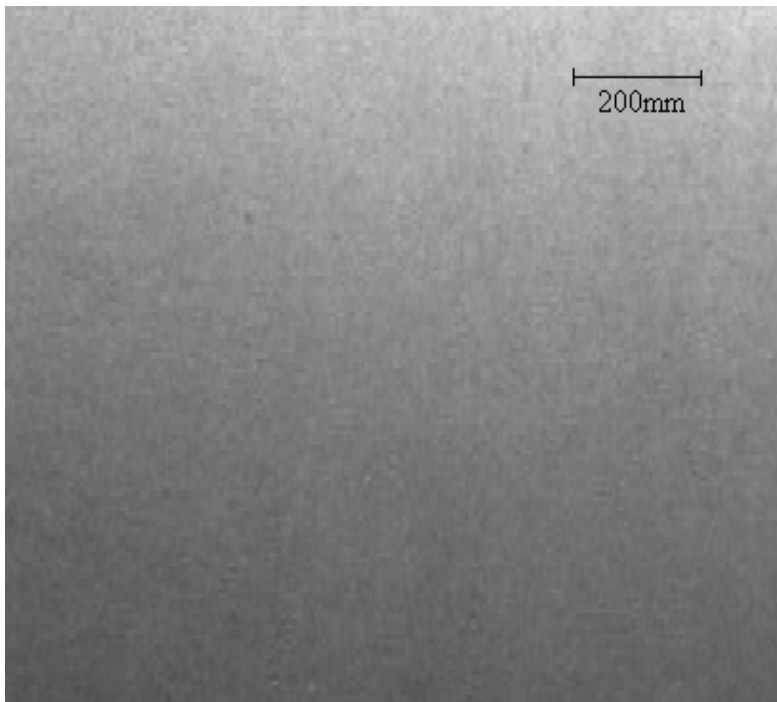
ÄS 60227 benämnes kiselritt kolstål

ÄS 60574 benämnes kiselritt nioblegerat stål A

ÄS 61244 benämnes kiselritt nioblegerat stål B

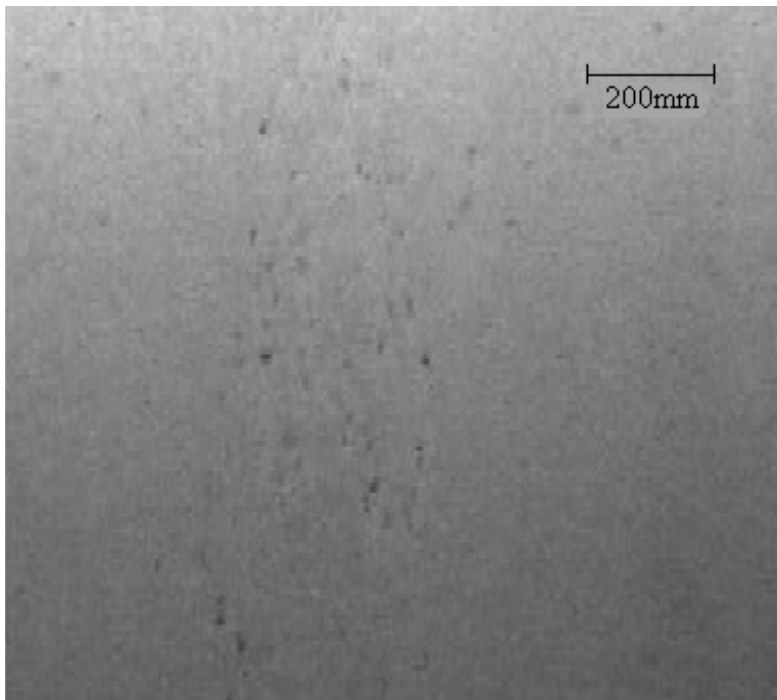
ÄS 61233 benämnes kiselritt nioblegerat stål C

De digitala bilder som ytsyningsanläggningen använder för klassning av defekter ser olika ut. I Figur 12 kan ses ett band nästan helt fritt från glödskal.



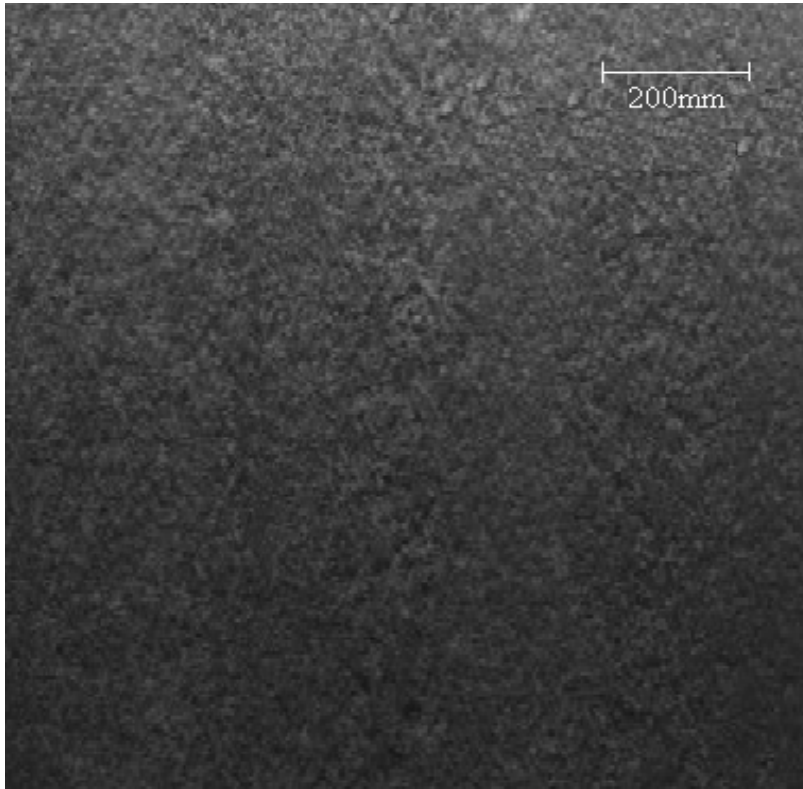
*Figur 12 Band med fraktion defekter= $3 \cdot 10^{-7}$*

I Figur 13 kan ses ett band svagt behäftat med tertiärt glödskal, enligt ytsyningsanläggningen är 3 promille av bandet täckt av glödskal.



*Figur 13 Band med fraktion defekter= $3 \cdot 10^{-3}$*

I Figur 14 kan ses band helt täckt av tertiärt glödskal. Enligt ytsyningsanläggningen är endast 3 procent av ytan täckt av glödskal. Men ytsyningsanläggningen kan ej klassifisera alla defekter som tertiärt glödskal utan den klassar de flesta defekterna som okända. Därför är band med högt värde på fraktion defekter ofta ännu sämre än värdet anger.



*Figur 14 Band med fraktion defekter= $3 \cdot 10^{-2}$*

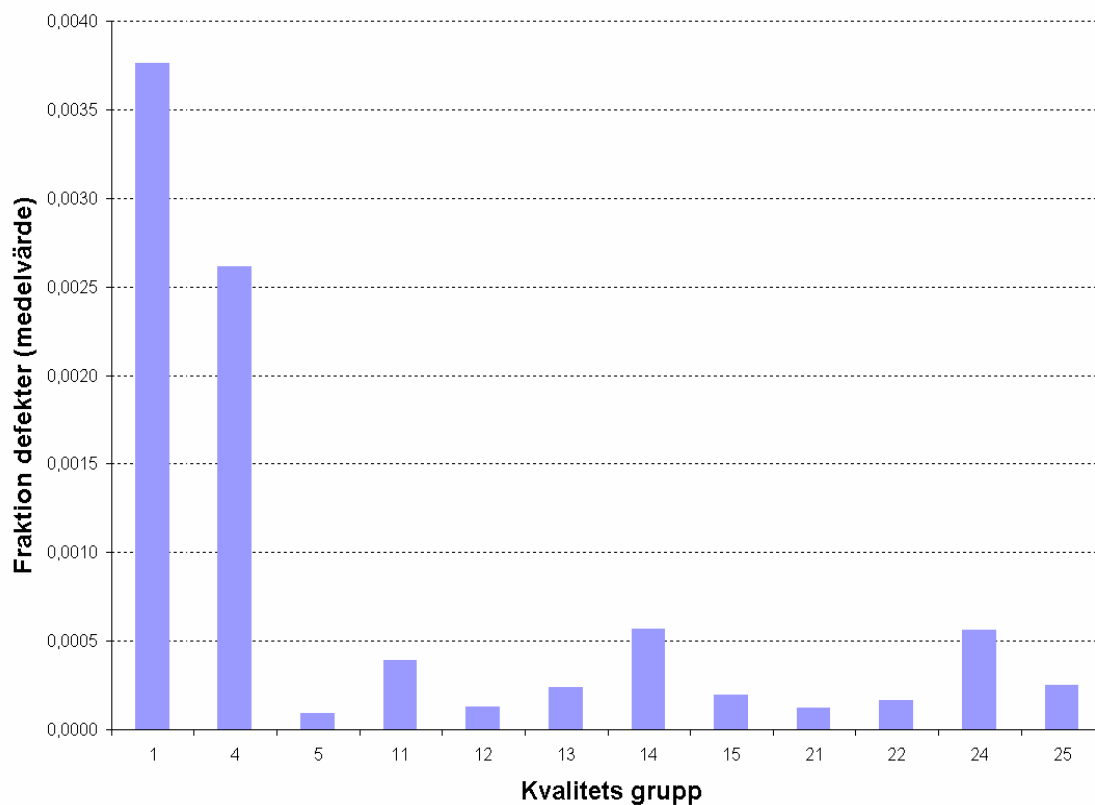
## 5 Resultat

### 5.1 Enkla samband i diagram

Här presenteras resultaten av hur de olika variablerna var för sig påverkar fraktionen defekter.

#### 5.1.1 Kvalitetsgrupper med mycket tertiärt glödskal

Enligt Figur 15 finns det fyra kvalitetsgrupper som skiljer ut sig med mycket tertiärt glödskal (se Tabell 2 för de fyra kvalitetsgrupperna). Det är kvalitetsgrupp 1, 4, 14 och 24. Det finns även andra kvalitetsgrupper som ofta drabbas av tertiärt glödskal, men de undersöks ej i denna rapport på grund av för få valsade band.



Figur 15 Fraktion defekter i olika kvalitetsgrupper

### 5.1.2 ÄS med mycket tertiärt glödska

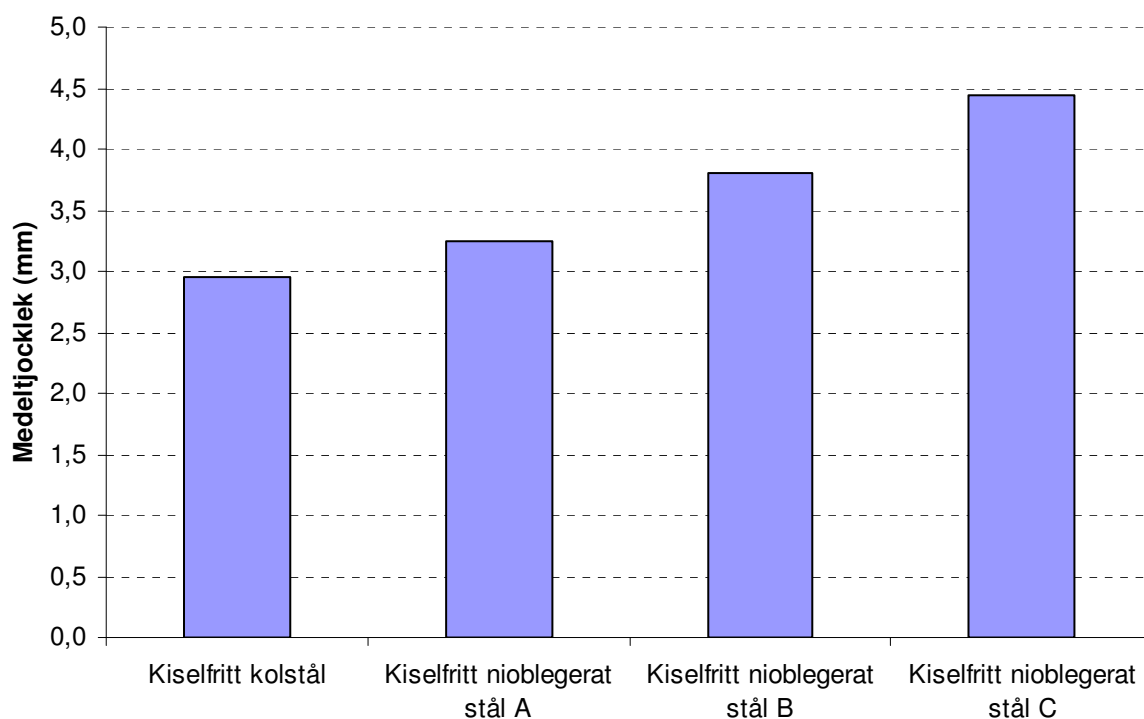
Enligt diagrammen i bilaga 1-4 väljs ett ÄS ur varje kvalitetsgrupp ut för vidare studier. ÄS numren benämnes senare i rapporten enligt Tabell 2. Dessa ÄS är enligt tidigare erfarenheter på SSAB ofta drabbade av reklamationer från kunder som klagat på glödska problem i form av grov yta och porer med glödska rester som undgått betningen.

Tabell 2 Utvalda ÄS ur varje kvalitetsgrupp

Kvalitetsgrupp	Namn i rapport	ÄS nummer
1	Kiselfritt Kolstål	60227
4	Kiselfritt Nioblegerat stål A	60574
14	Kiselfritt Nioblegerat stål B	61244
24	Kiselfritt Nioblegerat stål C	61233

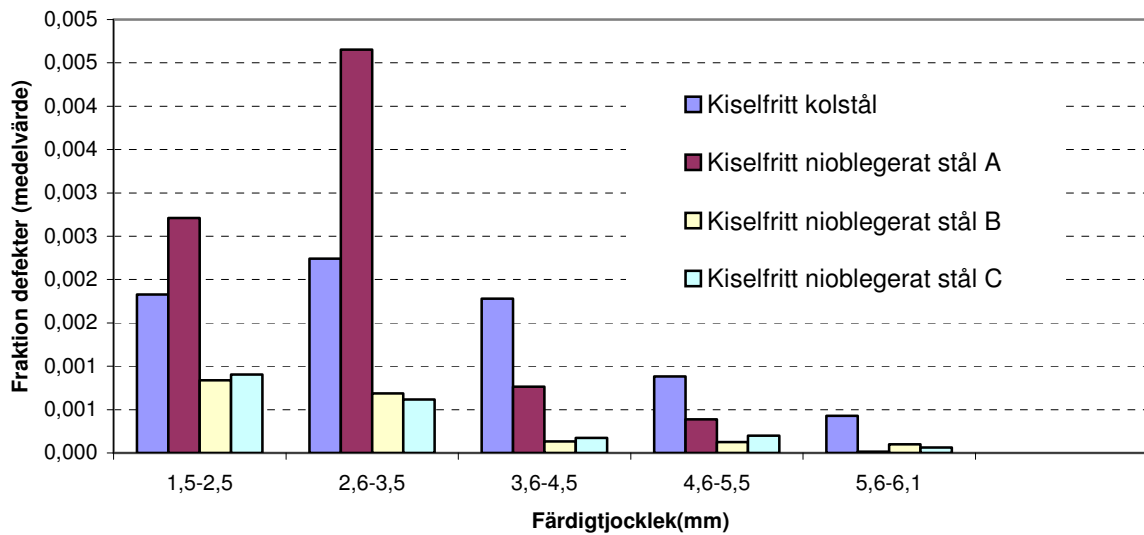
### 5.1.3 Tjockleksberoende

I Figur 16 kan det utläsas att det är stor skillnad mellan medeltjockleken på banden i de olika stålerna. Detta är troligen en orsak till att det kiselfria kolstålet är mest drabbat av glödska problem av de studerade stålerna[3].



Figur 16 Variation i medeltjocklek för olika stål

De band som skall valsas tunnast är de band som är mest drabbade av återbildat glödskalet enligt Figur 17. Det finns en korrelation mellan färdigtjockleken och slutvalstemperaturen. För de band som valsas tunnast riktas slutvalstemperaturen högre, så att änden på bandet skall bli för kall. Om änden blir för kall kan det medföra att valskraften ökar och toleranserna på bandet ej kan hållas[3].

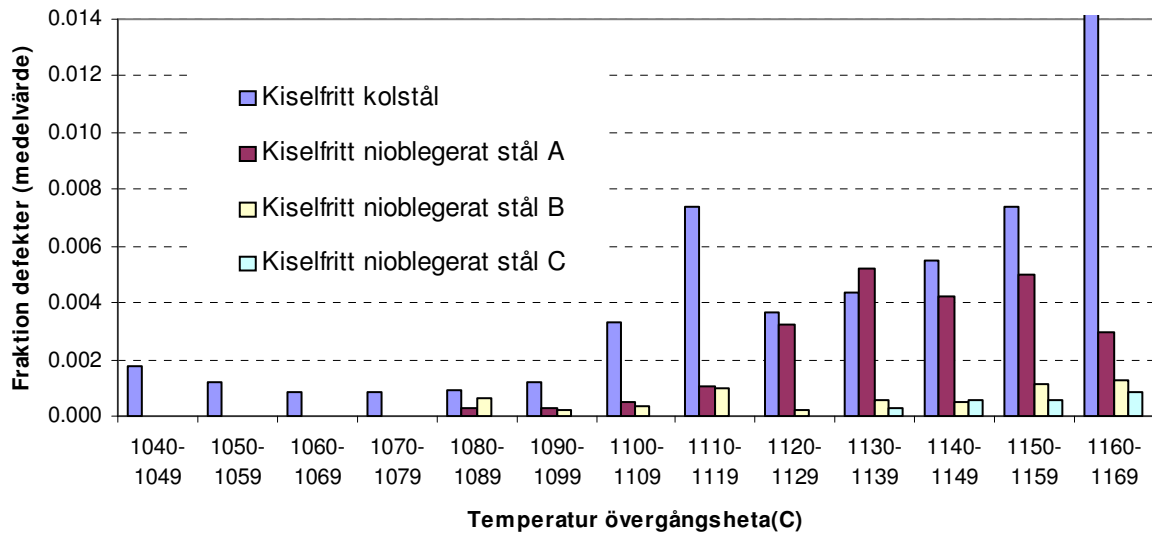


Figur 17 Hur fraktionen defekter varierar mot färdigtjockleken i de olika stålen



### 5.1.4 Temperatur på övergångshetan

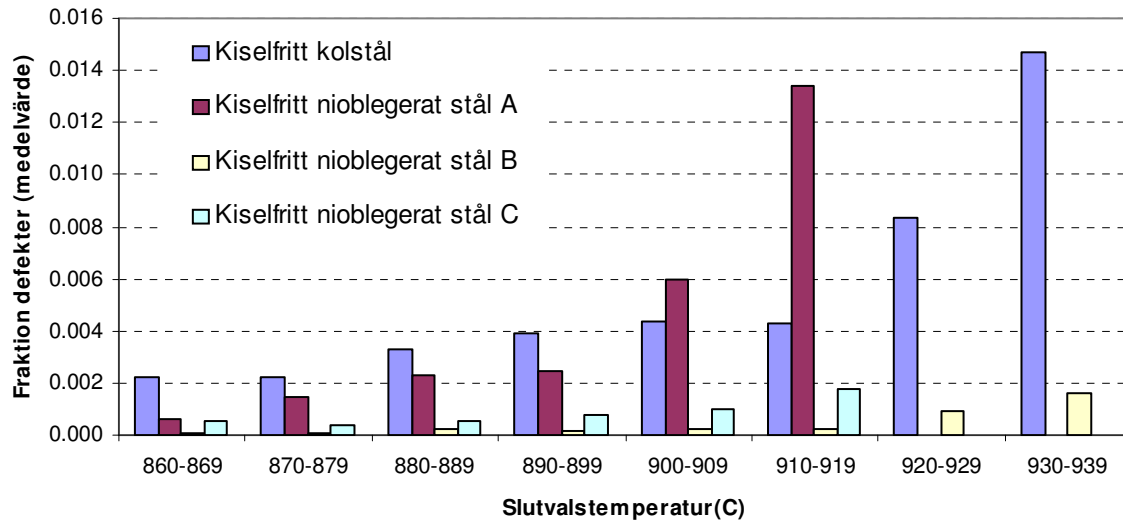
Med en ökande temperatur på övergångshetan ökar också sannolikheten att banden blir behäftade med återbildat glödskal se Figur 18. Det är kvalitetsgrupperna 1 och 4 som är mest drabbade. Delvis på grund av att enligt Figur 16, medeltjockleken för de olika kvalitetsgrupperna varierar, samt att legeringsinnehållet är olika.



Figur 18 Fraktion defekter mot temperaturen på övergångshetan för de olika stålen

### 5.1.5 Slutvalstemperatur

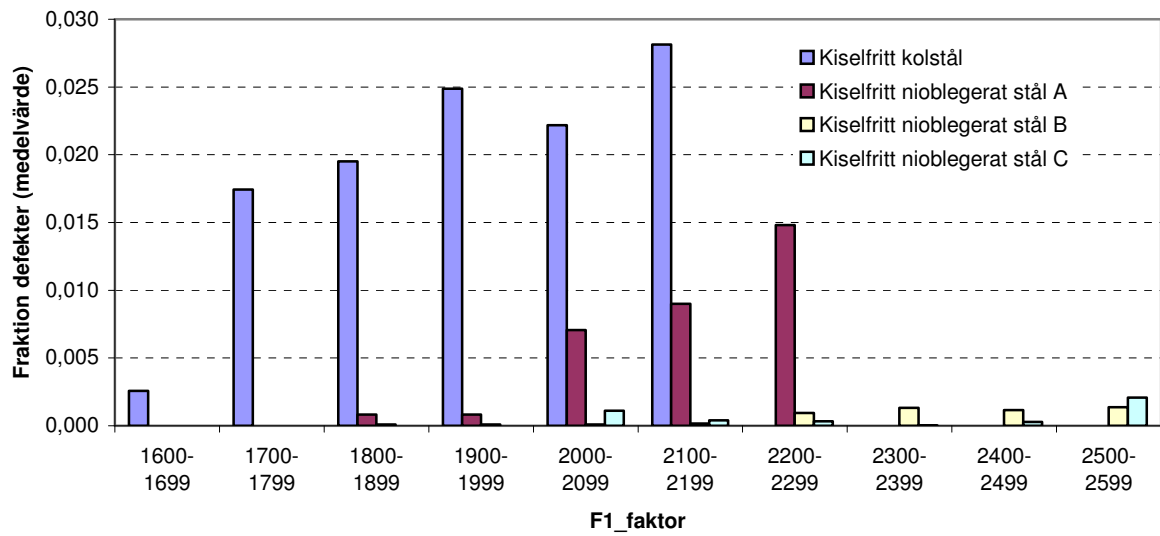
Slutvalstemperaturen är den temperatur bandet har när den lämnar sista valsparat i färdigsträckan. I Figur 19 kan utläsas att sannolikheten att bandet behäftas med mer glödskal ökar när slutvalstemperaturen ökar. Kvalitetsgrupp 1 och 4 verkar vara särskilt drabbade av tertiärt glödskal vid hög slutvalstemperatur.



Figur 19 Fraktion defekter för olika slutvalstemperaturer för de olika stålen

### 5.1.6 Beroende av F1 faktor

F1 faktorn är tid multiplicerat med temperatur mellan glödskaletsrensningen och par 1 i färdigsträckan. Figur 20 visar att det blir det mer glödskalet på bandet om F1 faktorn ökar d.v.s. om bandhastigheten är låg eller temperaturen är hög. Återigen är det i kvalitetsgrupp 1 och 4 de största problemen med tertiärt glödskalet finns.



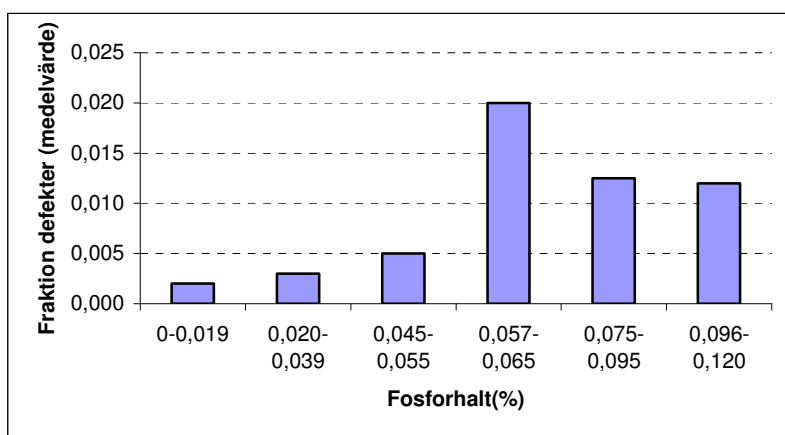
Figur 20 Fraktion defekter mot F1 faktorn för olika stål

### 5.1.7 Beroende av legeringsämnen

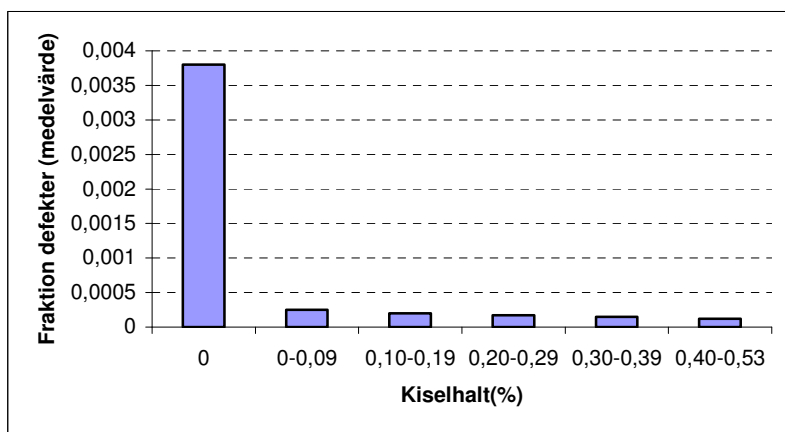
Enligt Figur 21 ökar sannolikheten att banden behäftas med mer tertiärt glödskal vid högre halt av fosfor. Detta är tvärt emot vad det teoretiska resultatet av att legera med fosfor[4]. Jämför med F. Lorangs m.f.[10] försök där resultaten visade i enlighet med denna rapport att högre halt av fosfor ger mer problem med glödskal.

Enligt Figur 22 minskar sannolikheten att banden behäftas med tertiärt glödskal när stålet legeras med kisel. Detta kan stärkas genom försök gjorda av bl.a. Y. Oike [11]. Där de kom fram till att vid kiselhalter på 0,04 % och uppåt i stålet minskar problemen med tertiärt glödskal.

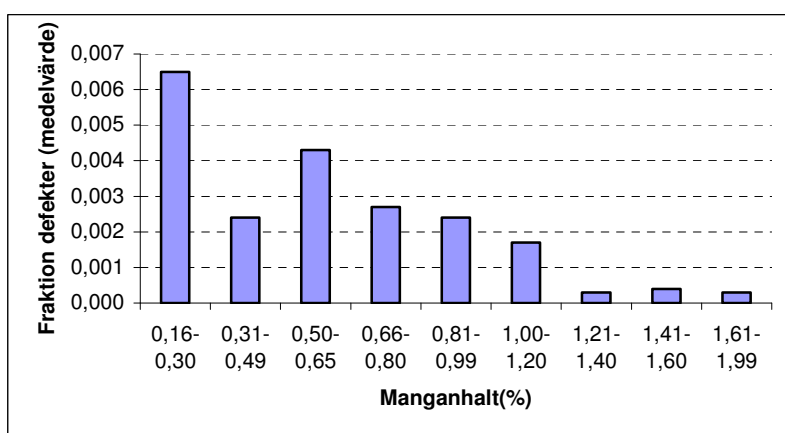
Enligt Figur 22 minskar sannolikheten att banden behäftas med tertiärt glödskal när manganhalten är hög. Detta kan troligen förklaras av att stål med hög manganhalt ofta även legeras med högre halt kisel[3].



Figur 21 Fraktion defekter för olika halter av fosfor



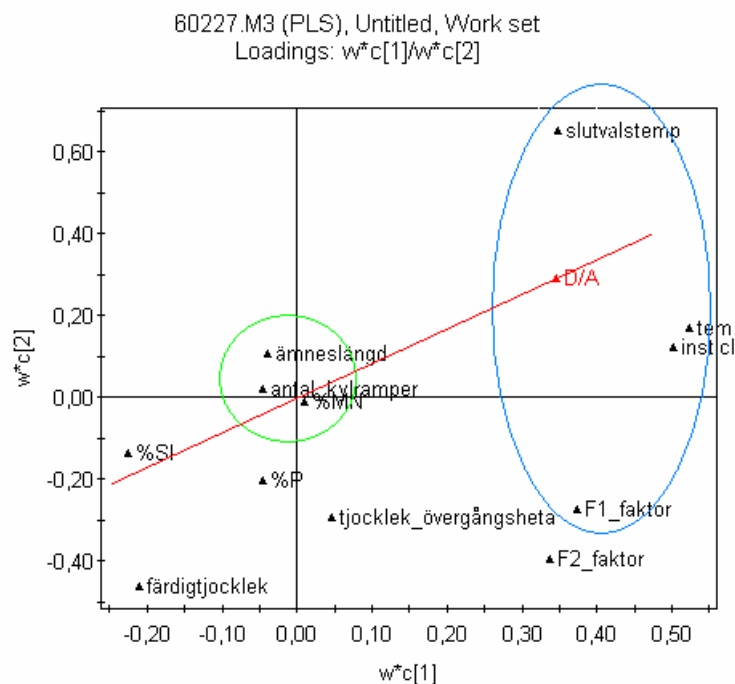
Figur 22 Fraktion defekter för olika halter av kisel



Figur 23 Fraktion defekter för olika halter av mangan

## 5.2 Samband i Simca

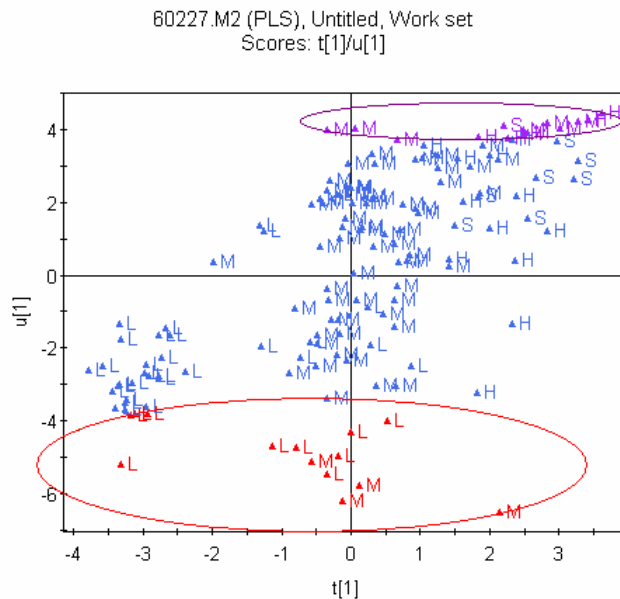
För att kunna tolka analyserna som görs i Simca är det bra att veta hur tolkningen fungerar. De analyser som är gjorda i denna rapport är utförda med PLS(Partial Least Squares projections to latent structures ) analys. PLS är en metod för att jämföra två matriser med varandra med hjälp av en linjär multivariat modell. Skalan på loadingsplotten är i form av normerade vektorer och skall användas för att jämföra variabler med varandra. Plotten kan alltså ses som en karta där avstånd mellan punkter jämförs. Matrisen X innehåller driftsdata från verket, matrisen Y innehåller fraktion defekter d.v.s. hur stor fraktion av bandets översida som ytsyningsanläggningen anser vara tertiärt glödskal. Vid tolkning av analysen jämförs olika utskrifter från programmet. I loadingsplotten representerar varje triangel i plotten en X eller Y variabel. Loadingsplotten talar om hur X variablerna påverkar Y variabeln. X variablerna projiceras på en tänkt axel genom origo och Y. De X variabler som projiceras på Y axelns positiva sida påverkar den negativt. De X variabler som projiceras på motsatt sidan påverkar Y variabeln positivt [13]. Den blå ringen i Figur 24 visar de variabler som mest påverkar fraktionen defekter. Den gröna ringen i Figur 24 visar de variabler som minst påverkar fraktionen defekter.



Simca-P 8.0 by Umetrics AB 2004-11-15 08:42

Figur 24 Övningsbilder från Simca

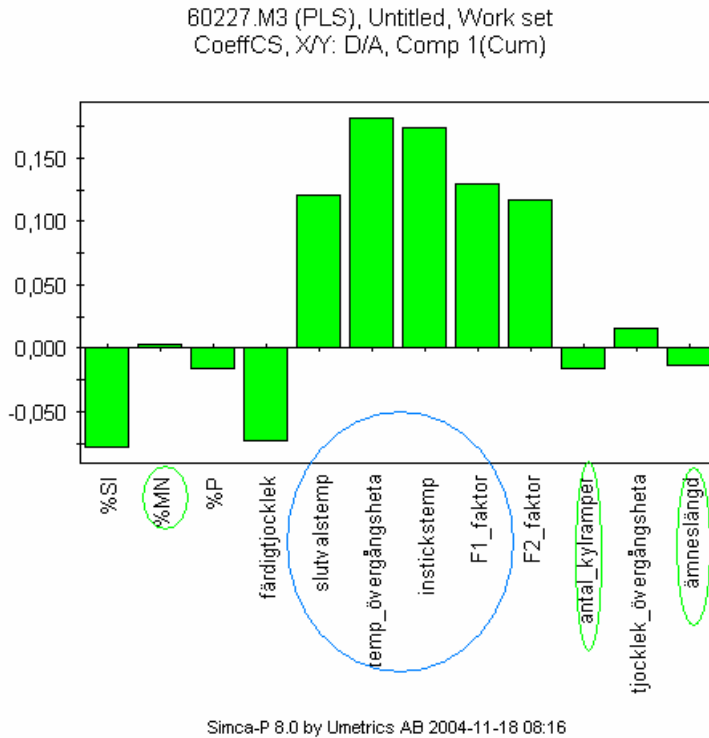
I Figur 25 kan ses hur varje band plottas med en triangel i scoreplotten. Koordinaten bandet får är ett medelvärde av alla X och Y värden ett band har jämfört med loadingsplotten. Till exempel ett band med högt värde på slutvalstemperatur kommer att hamna i den övre högra delen av scoreplotten, jämför med Figur 24. Skalan plotten har är en funktion av hur många variabler som undersöks och hur mycket den förklarar. Skalan är därför av mindre betydelse. Det är bättre att använda plotten som en karta där bandens läge i plotten jämförs med varandra. De band som har högst värde på fraktion defekter(D/A) är de som är markerat med lila ring i Figur 25. De band som har lägst värde på fraktion defekter är markerade med röd ring.



Simca-P 8.0 by Umetrics AB 2004-11-29 14:03

Figur 25 Övningsbilder från Simca

I Figur 26 kan ses en coefficientplott. Den visar hur stor påverkan en X variabel har på Y variabeln, negativt och positivt. I Figur 24 finns det en röd linje genom origo och D/A. Om X variablerna projiceras ortogonalt på den linjen blir avståndet till origo värdet den får i coefficientplotten. Skalan är densamma som i loadingsplotten normerade vektorer.



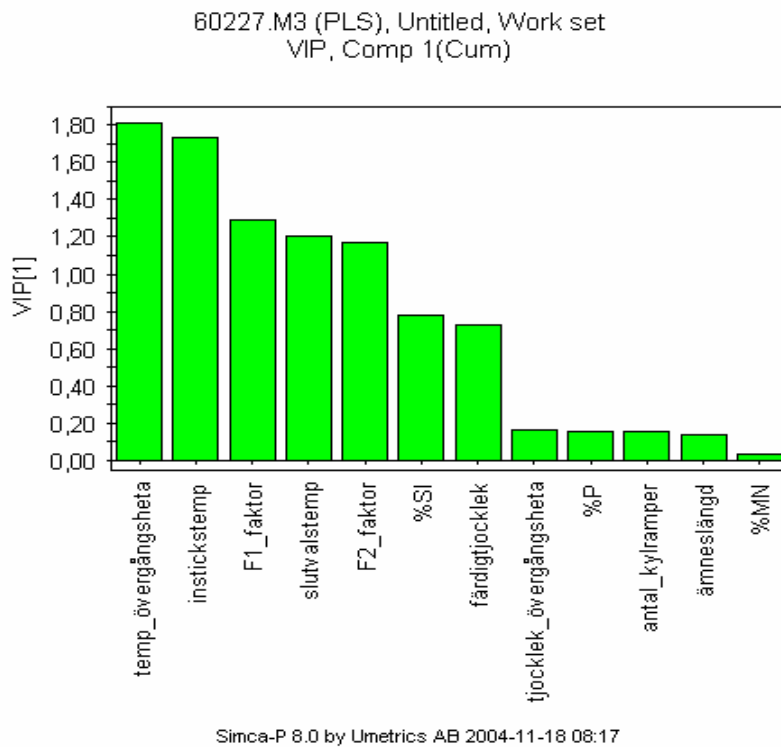
Figur 26 Övningsbilder från Simca

I en VIP plott kan det utläsas hur stor inverkan en X variabel har på Y variabeln. De variabler med högre värde än ett är de mest inflytelserika för modellen.



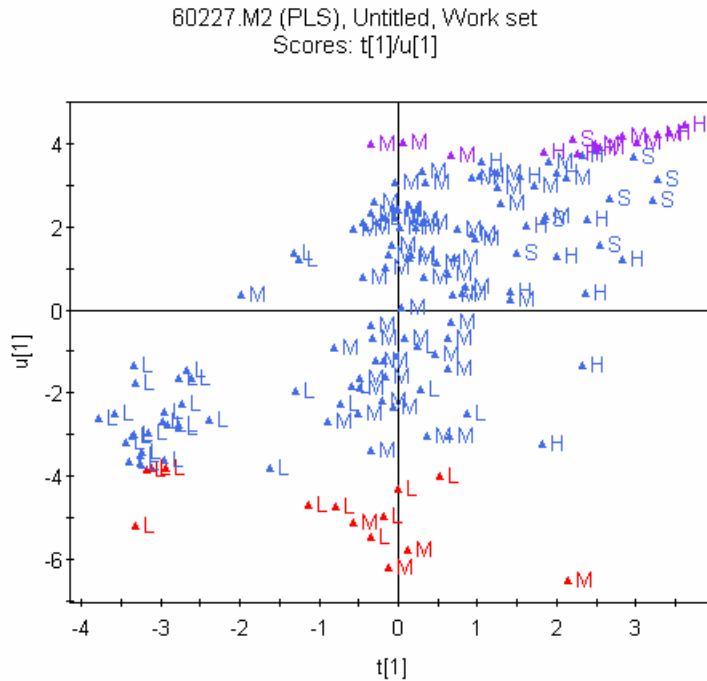
## 5.2.1 Kiselfritt kolstål

Detta stål ur kvalitetsgrupp 1 är ett kiselfritt kolstål, men vissa band innehåller ändå lite kisel. Det är ett av de mest frekvent valsade material i breddbandverket. De variabler som mest påverkar bildningen av tertiärt glödskal i denna grupp är enligt Figur 27 temperaturen på övergångsheta, instickstemperaturen, F1 faktor och slutvals temperaturen.



Figur 27 VIP plott för kiselfritt kolstål

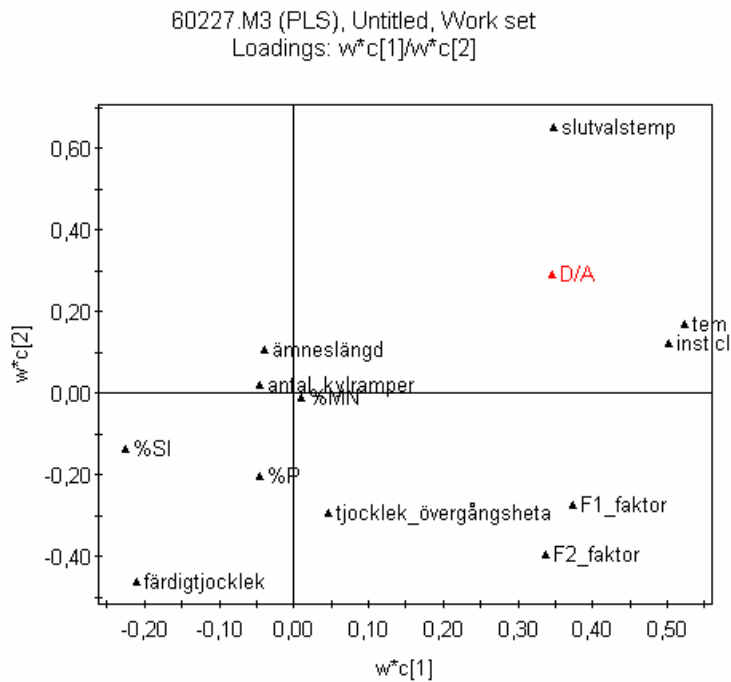
I Figur 28 kan utläsas att de band behäftade med mest tertiärt glödskal är plottade i övre högra hörnet är band valsade i H och S kampanjer, och i motstående hörnet L kampanjer. Detta stämmer väl med att det är mest temperaturen som påverkar fraktion defekter i detta ÄS. De band som är markerade i lila är de med högst (10 %) fraktion defekter. De band som är markerade röda är de med lägst (10 %) fraktion defekter.



Simca-P 8.0 by Umetrics AB 2004-11-30 09:11

Figur 28 Scoresplott för kiselfritt kolstål

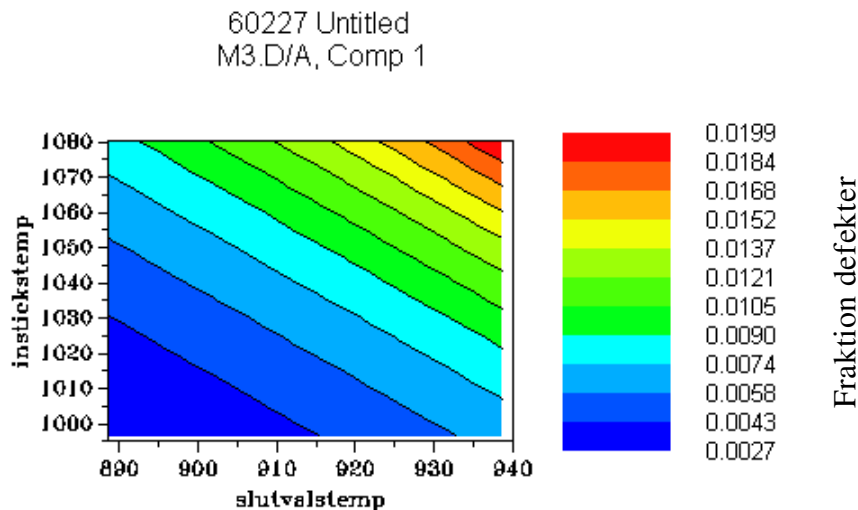
I Figur 29 kan utläsas att det finns flera variabler som påverkar fraktion defekter positivt, det är kiselhalten, antal kylramper, färdigtjockleken, ämneslängden och fosforhalten.



Simca-P 8.0 by Umetrics AB 2004-11-15 08:42

Figur 29 Loadingplott för kiselritt kolstål

I Figur 30 ses tydligt att med högre insticks och slutvalstemperatur ökar sannolikheten att banden behäftas med tertiärt glödskal.

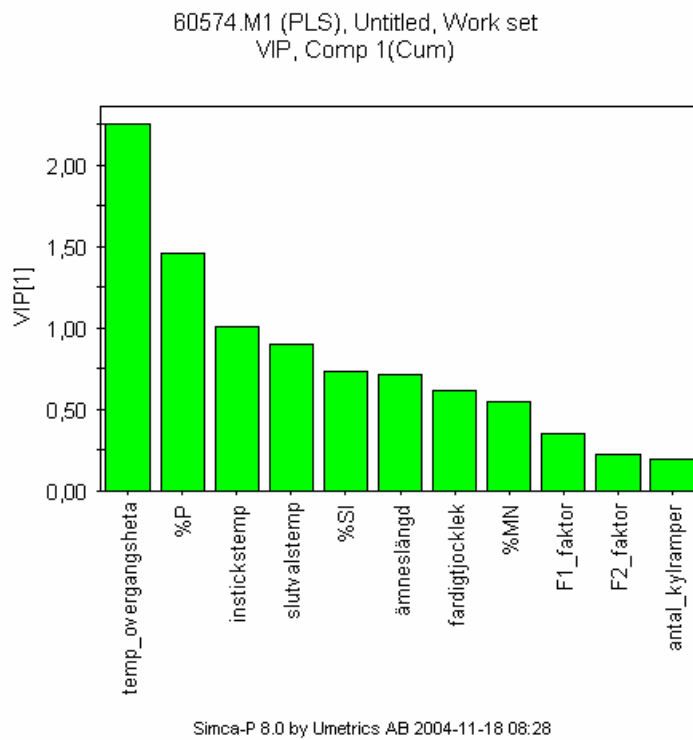


Simca-P 8.0 by Umetrics AB 2004-11-24 15:26

Figur 30 Contourplott för slutvalstemperatur mot instickstemperatur

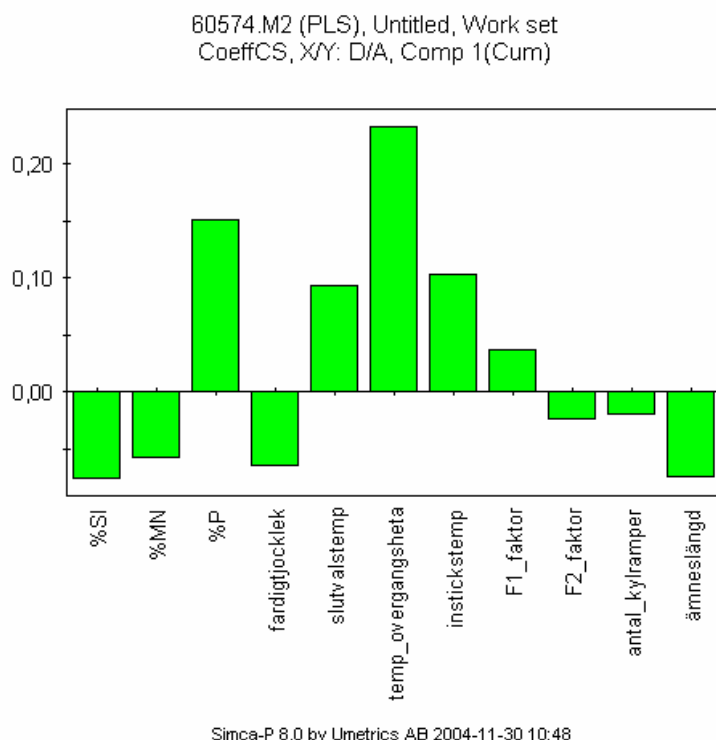
## 5.2.2 Kiselfritt nioblegerat stål A

Denna grupp av stål är ett kiselfritt nioblegerat stål. De variabler som mest påverkar bildning av tertiärt glödskal är enligt Figur 31 temperaturen på övergångshetan, fosforhalten, instickstemperaturen och slutvalstemperaturen. Intressant att fosforhalten kom upp som näst vanligaste variabeln.

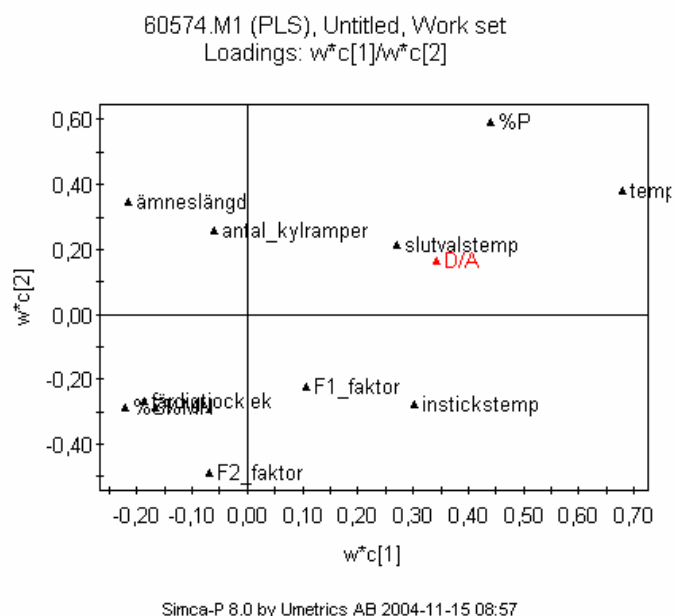


Figur 31 VIP plott för kiselfritt nioblegerat stål A

I Figur 32 kan utläsas tydligt vilka variabler som påverkar positivt och vilka som påverkar negativt. Fosforhalten, slutvalstemperaturen, temperaturen på övergångshetan, instickstemperaturen och F1 faktorn påverkar positivt. Kiselhalten, manganhalten, färdigtjockleken, F2 faktorn, antal kylramper och ämneslängden påverkar negativt på fraktion defekter. Det är lite förvånande att F2 faktorn påverkar negativt, det borde växa till mera glödskal när temperaturen och tiden är större mellan par 1 och 2.

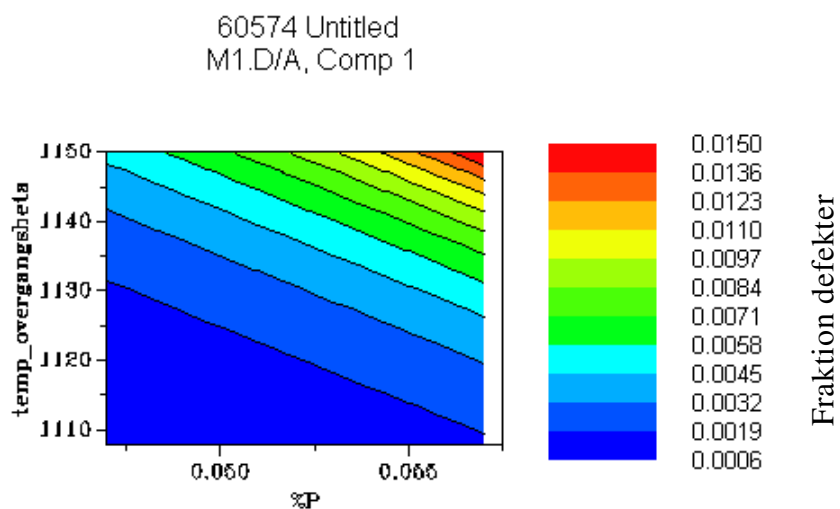


Figur 32 Coefficient plot för kiselritt nioblegerat stål A



Figur 33 Loadingsplott för kiselritt nioblegerat stål A

I Figur 34 kan det utläsas att det är sannolikt att om fosforhalten minskas kan de tertiära glödskaalproblemen minskas.

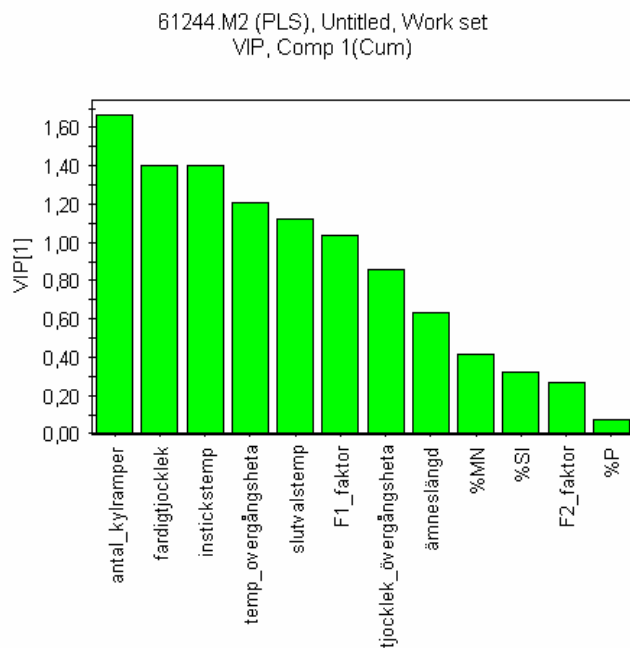


Simca-P 8.0 by Umetrics AB 2004-12-01 08:17

Figur 34 Contourplott för fosforhalten mot temperaturen på övergångshetan

### 5.2.3 Kiselfritt nioblegerat stål B.

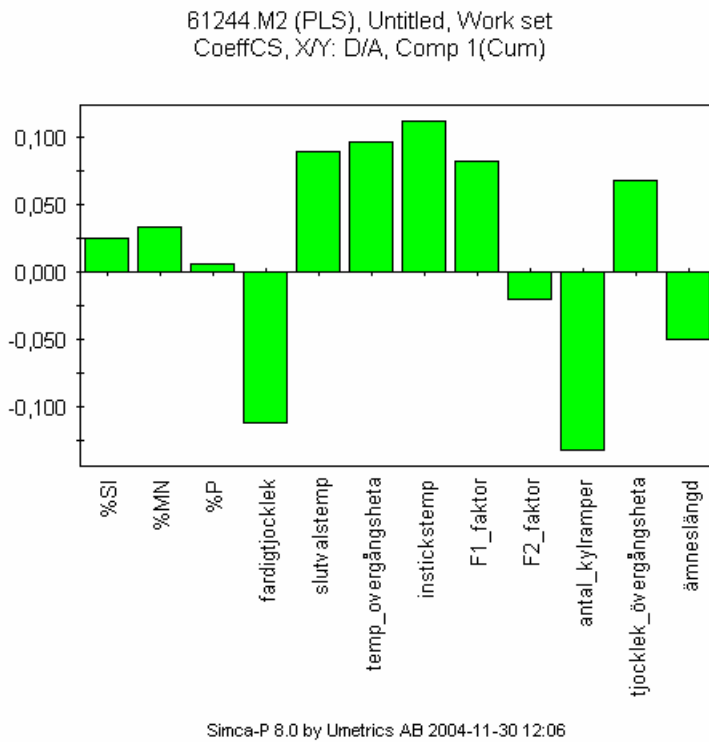
I denna grupp kan utläsas i Figur 35 att de variabler som påverkar bildningen av tertiärt glödskaal mest är antal kylramper, färdigtjocklek, instickstemperaturen och temperaturen på övergångshetan.



Simca-P 8.0 by Umetrics AB 2004-11-25 08:37

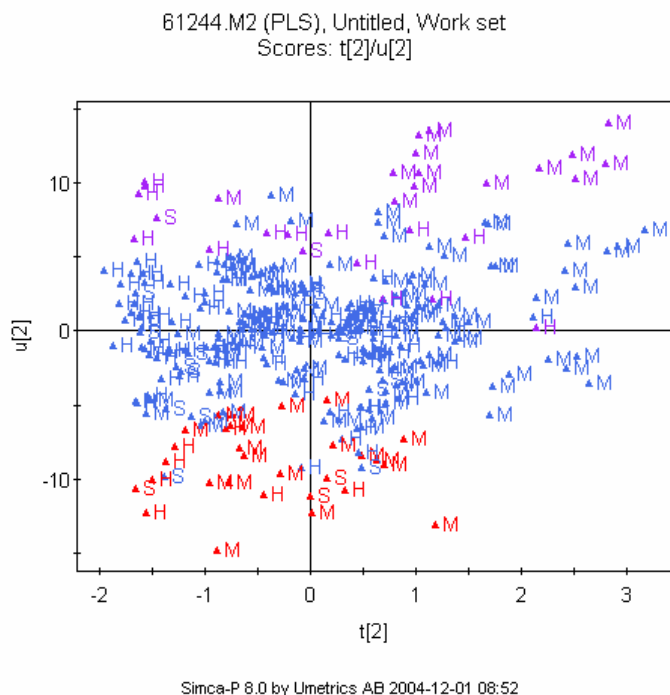
Figur 35 VIP plot för kiselfritt nioblegerat stål B

I Figur 36 kan det utläsas att flera kylramper ger mindre sannolikhet att banden behäftas med tertiärt glödskal. Ämneslängden påverkar fraktion defekter positivt. Korta ämnen blir varmare i ugnen, troligen är det därför de blir mer drabbade av tertiärta glödskals problem.

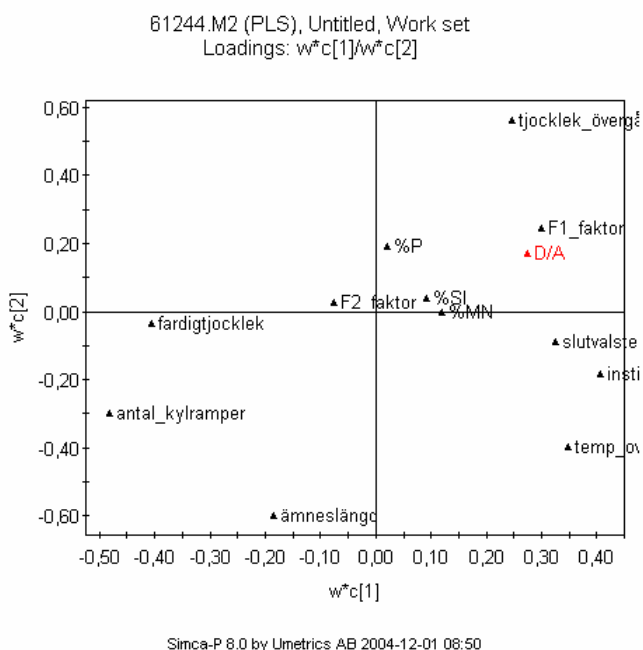


Figur 36 Coefficientplott för kiselritt nioblegerat stål B

Om Figur 37 och Figur 38 jämförs kan det utläsas att det är M kampanj band som är mest drabbade av tertiärt glödskal. Varför? Titta på loading plotten i övre högra hörnet. Där finns tjocklek övergångsheta, det verkar vara så att band i M kampanj med tjock övergångsheta drabbas mer av tertiärt glödskal än S och H kampanj band med tunnare övergångsheta. Dessa band svalnar mer innan de färdigvalsas när övergångshetan är tunnare.



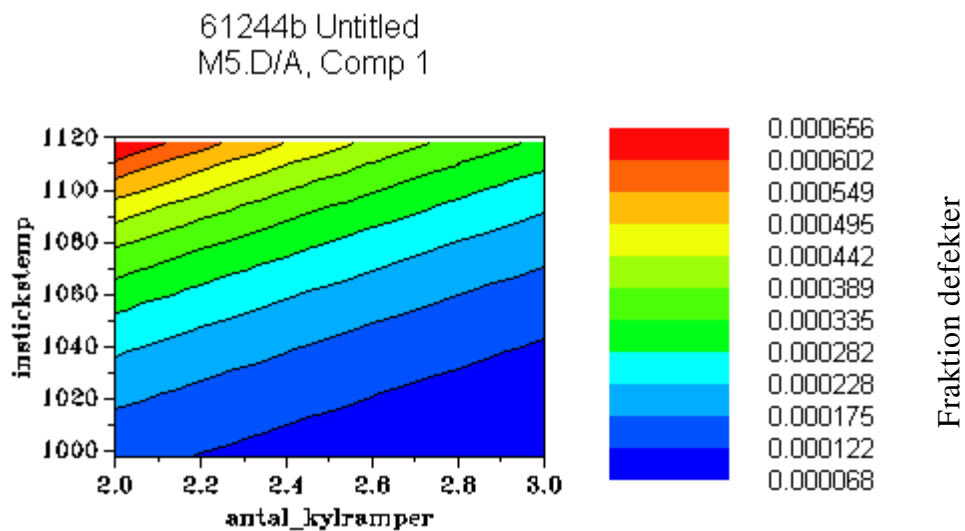
Figur 37 Scoreplott för kiselfritt nioblegerat stål B



Figur 38 Loadingplott för kiselfritt niob legerat stål B



Det syns tydligt i Figur 39 att ytkylningen gör att banden blir mindre drabbade av tertiärt glödskal. Detta är bra då bulken på hetan är varmare än ytan, då hålls valskrafterna och momenten nere samtidigt som det blir mindre problem med tertiärt glödskal.

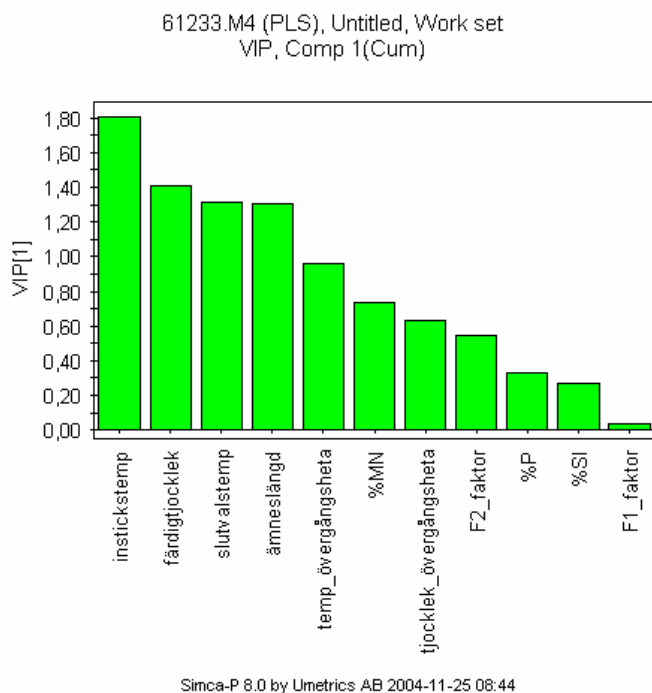


Simca-P 8.0 by Umetrics AB 2004-11-18 08:13

Figur 39 Contourplott för antal kylramper mot instickstemperatur

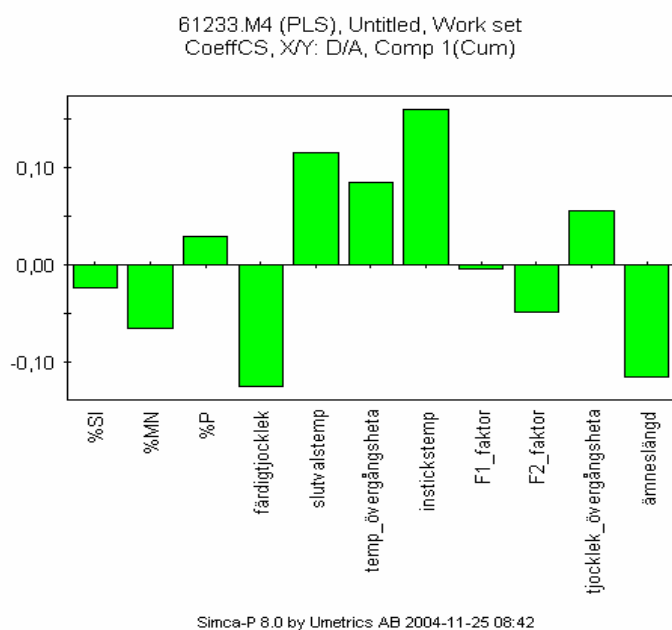
## 5.2.4 Kiselfritt nioblegerat stål C.

I denna grupp är de variabler som påverkar bildningen av tertiärt glödskal enligt Figur 40 mest temperaturberoende variabler. Instickstemperaturen är den variabel som mest påverkar fraktionen defekter av glödskal på banden.

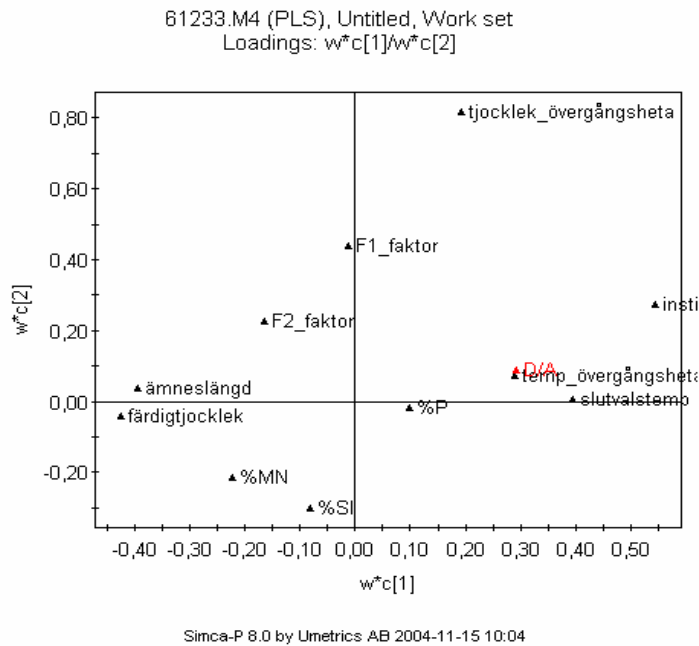


Figur 40 VIP plott för kiselfritt nioblegerat stål C

Ämneslängden påverkar starkt positivt i denna grupp. Korta ämnen drabbas mer ofta av tertiärt glödskal.

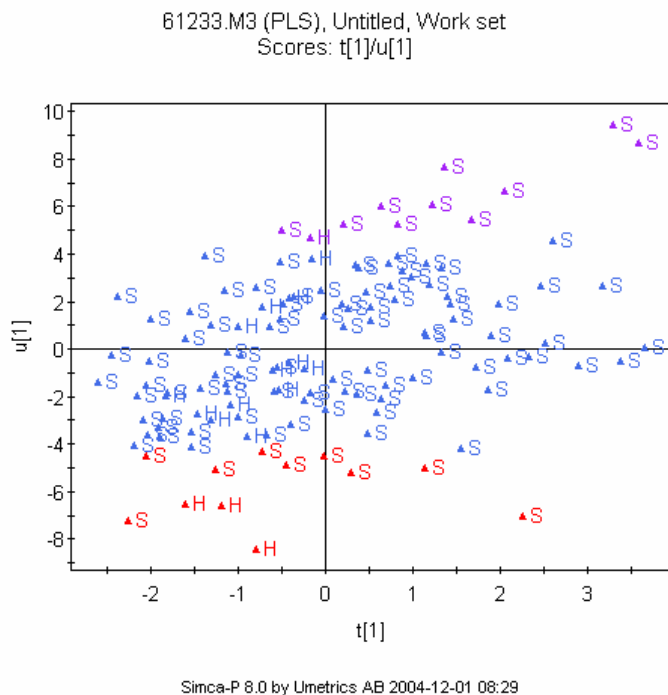


Figur 41 Coefficientplott för kiselfritt nioblegerat stål C



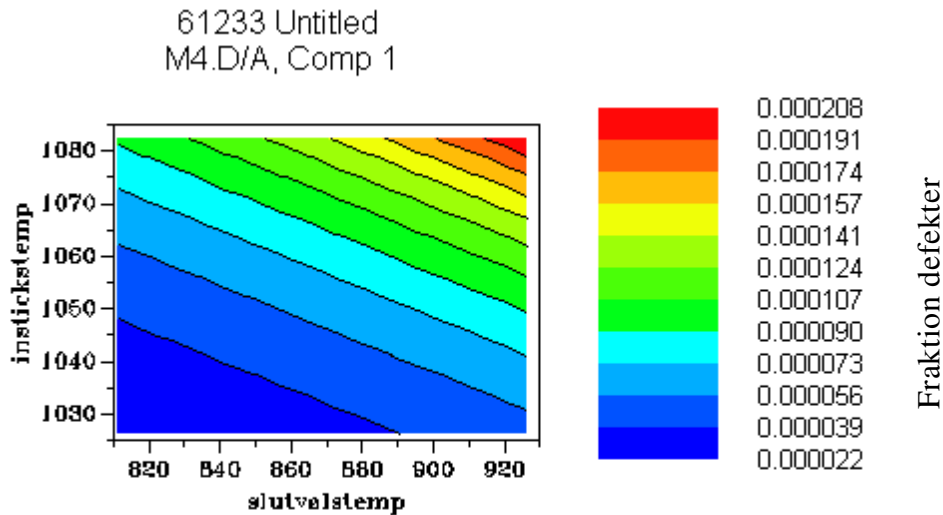
Figur 42 Loadingsplott för kiselritt nioblegerat stål C

Det är svårt att få någon information från scoreplotten för denna grupp då nästan alla band är valsade i S kampanj.



Figur 43 Scoreplott för kiselritt nioblegerat stål C

Det går att se i Figur 44 att om temperaturen på hetan före par 1 sänks minskar också sannolikheten att banden blir drabbade av tertiärt glödskal.

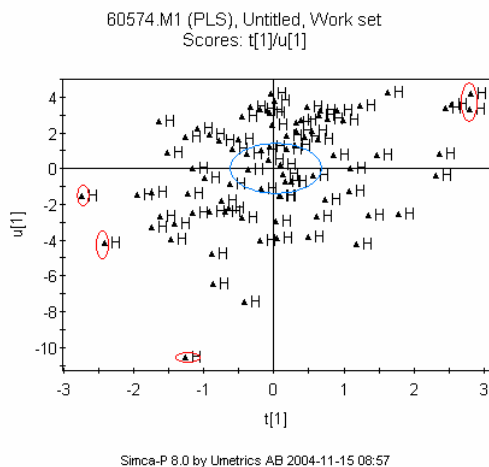


Simca-P 8.0 by Umetrics AB 2004-11-25 08:43

Figur 44 Contour plot för instickstemperatur mot slutvalstemperatur

### 5.3 Modell för prediktering i Simca

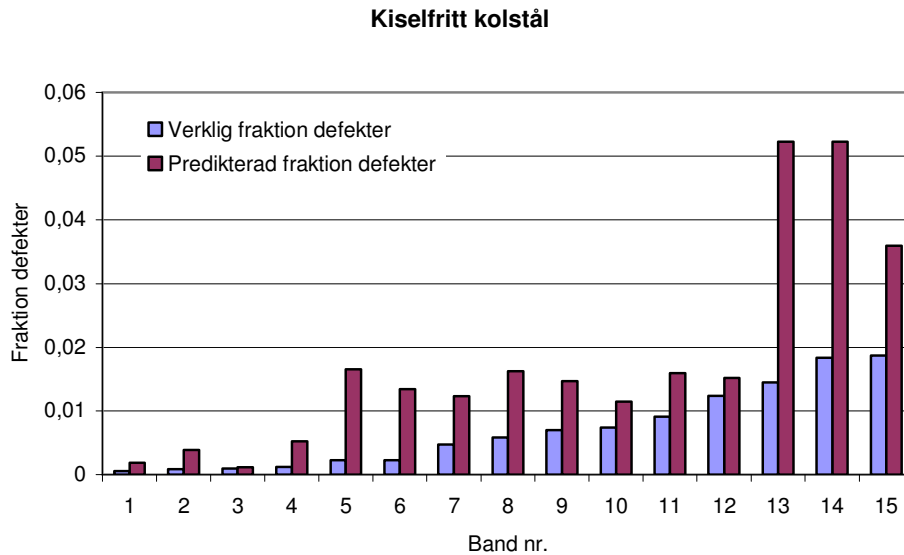
Det finns många störningar i modellerna i detta arbete, p.g.a. mätmetoder och ej färdigutvecklad ytsyningsanläggning. Detta gör att modellerna har ”dålig täckning i ytterområdena”. Därför fungerar prediktionen bäst om de band som skall predikteras hamnar i mitten på modellen enligt Figur 45 blå ring. D.v.s. om ”distance to model” är litet. Om banden istället hamnar i utkanten av modellen se Figur 45 röd ring, blir prediktionen inte lika tillförlitlig[13]. Detta kan naturligtvis förändras genom att implementera flera observationer i modellen.



Figur 45 Övningsbild från Simca

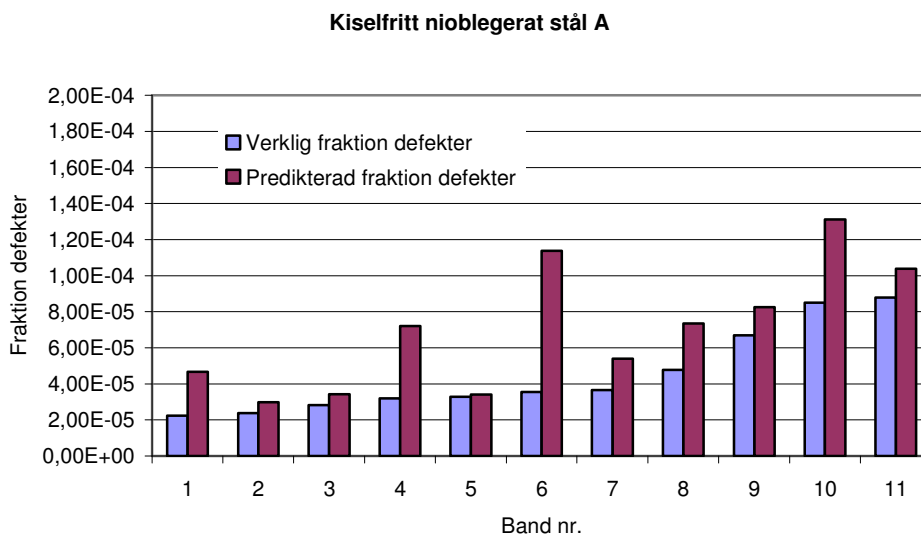
I Figur 46 - Figur 49 kan ses prov på prediktering av fraktion defekter för några slumpvis utvalda band.

### Modell för kiselfritt kolstål.



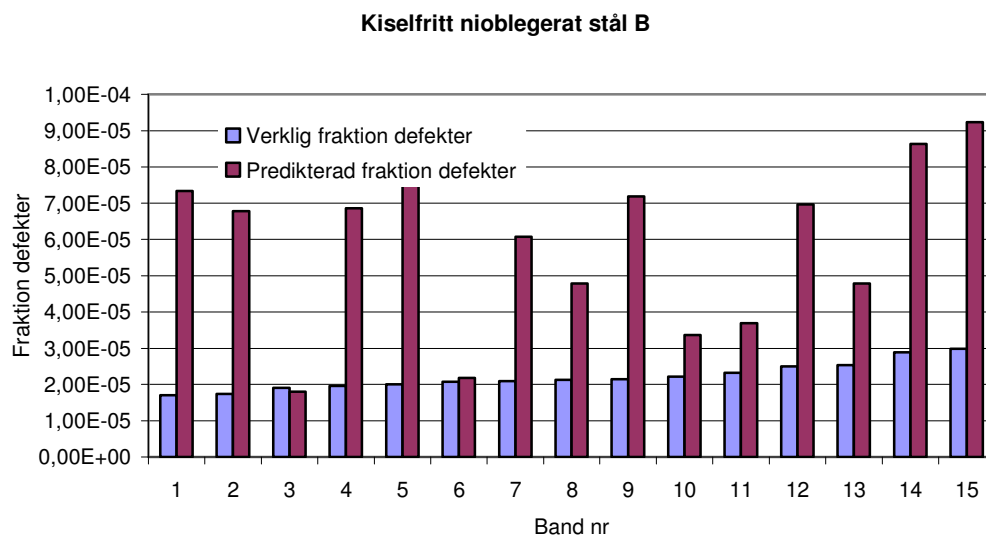
Figur 46 Verklig fraktion defekter mot Predikterad

### Modell för kiselfritt nioblegerat stål A



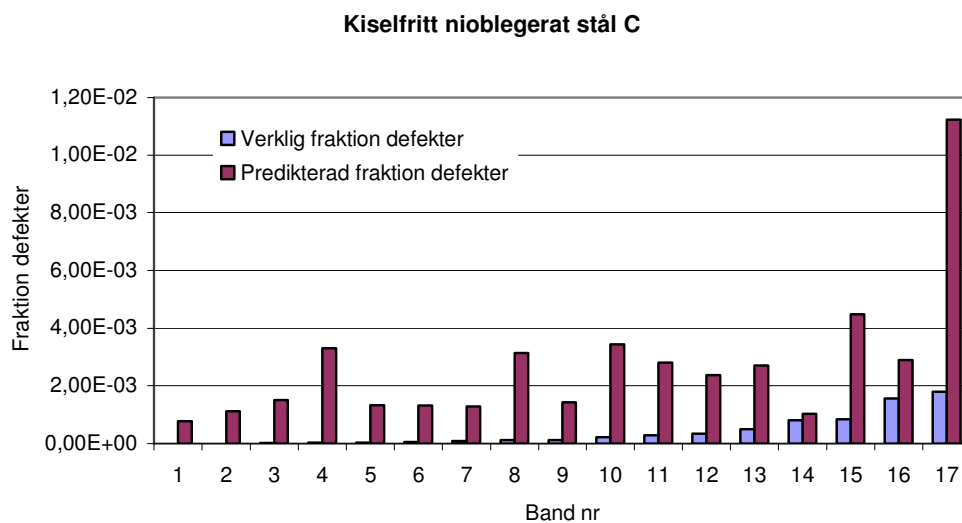
Figur 47 Verklig fraktion defekter mot Predikterad

## Modell för kiselfritt nioblegerat stål B



Figur 48 Verklig fraktion defekter mot Predikterad

## Modell för kiselfritt nioblegerat stål C



Figur 49 Verklig fraktion defekter mot Predikterad

## 6 Diskussion

För att öka förståelsen för vad som framkommit i rapporten diskuteras här resultaten.

Olika stålsorter verkar vara olika hårt drabbade av glödskalets problem. Detta beror troligen på flera faktorer. I denna rapport liksom i andra rapporter har framkommit att hög temperatur på hetan verkar vara en av de större orsakerna till glödskalets problem. Detta har att göra med att diffusionen av joner i oxidskiktet är snabbare vid högre temperatur. En annan faktor som påverkar är vilka legeringsämnen och i vilka halter som finns i stålet. Dessa legeringselement bygger upp passivskikt på stålytan som försvårar diffusionen av joner i oxidskiktet.

Det finns ett samband mellan färdigtjockleken och slutvalstemperaturen. För de band som skall valsas ut tunnast riktas slutvalstemperaturen högre för att ej änden på bandet skall bli för kall och toleranserna ej kan hållas. Vid en temperatur över 1100°C på hetan ökar sannolikheten att banden av de kiselfria kolstålen och de niob legerade stålet A drabbas av glödskalets problem. Detta är naturligt då diffusion av joner i oxidskiktet då är snabbare än vid lägre temperaturer. Dessa stål är även låglegerade, d.v.s. diffusionen hindras ej i större omfattning av legeringsämnenas föreningar med wüstiten. Vid högre halter av fosfor i stålen verkar problemen med tertiärt glödskalet öka. Detta är tvärt emot vad teorin säger skall inträffa. Men denna rapport visar att så är fallet. Vid högre halter av kisel verkar problemen med tertiärt glödskalet försvinna. Ett skikt av fayalit bildas då i wüstiten. Glödskalets bildning hindras då betydligt.

Det är svårt att analysera en variabel i taget, viktig information kan då försvinna. Vissa stålsorter med ett högt legeringsinnehåll av någon legering värms till en högre temperatur i ugnen, det kan då vara svårt att veta om det är legeringsämnet eller den höga temperaturen som orsakar glödskalets problem. Detta problem försvinner dock om flera variabler kan analyseras samtidigt t.ex. i en programvara för multivariat dataanalys. För de kiselfria kolstålen och de niob legerade stålet A är det temperaturen på övergångshetan som är den variabeln som mest påverkar det tertiära glödskalet. Även fosforhalten i det niob legerade stålet A gör att glödskalet växer mer. För de andra två stålen bromsar legeringsämnena tillväxten av glödskalet. Det syns även tydligt att ramperna för ytkylning gör nytta genom att bromsa glödskalets tillväxten på banden.

Den prediktering som utförts i Simca fungerar bäst om modellen innehåller många valsade band. Därför stämmer predikteringen bäst för det kiselfria kolstålet, där antal valsade band är många. För de andra stålen är predikteringen ej lika säker, då dessa modeller innehåller färre valsade band.

## 7 Slutsatser

Det är många parametrar som påverkar om det skall bli problem med tertiärt glödskal på ett band.

Simca är ett bra hjälpmedel att använda för att analysera stora mängder av data, se trender och dra slutsatser av dessa.

Ytsyningsanläggningen tar bilder på bandytan och jämför bilden med defekter i databas för automatisk klassning av defekter. Den kan tala om hur stor del av bandytan som är behäftad av tertiärt glödskal. Den är ej färdigutvecklad, därför något osäker i klassning av just tertiärt glödskal.

De variabler som mest påverkar bildningen av tertiärt glödskal i bredbandverket är enligt detta examensarbete i allmänhet instickstemperatur, temperatur på övergångsheta, sluvstemperatur, antal kylramper i ytkylning och legeringsinnehåll. Fosfor verkar negativt, kisel och mangan verkar positivt på glödskalproblemet.

Den modell för prediktion av tertiära glödskalproblem har i nuläget en något osäker funktion vad gäller tillförlitlighet. Men den fungerar och blir bättre ju mer data som implementeras i modellen.



## 8 Förslag till fortsatt arbete

Mitt förslag till fortsatt arbete är att göra om sökningarna i databaserna om några år när ytsyningsanläggningen blivit färdigutvecklad och mer säker på klassningen av defekter. Därefter göra om Simca analyserna med förhoppningsvis bättre noggrannhet. Förslag på nya variabler att ta med kan vara vilket tur nummer ett band har i en kampanj. Det kanske även går att omarbeta variablerna F1 och F2 faktor så de blir bättre. Göra fullskaleförsök i bredbandverket på vissa stålsorter och dimensioner för att verifiera resultaten från litteraturstudien och Simca analysen. Utvärdera försöken med ytsyningsanläggningen.

## 9 Erkännanden

Jag vill här passa på att rikta ett stort tack till mina handledare på SSAB Tunnpå Dan Falkman, Birgitta Friberg, och Christer Jonsson. Och på Högskolan Dalarna min examinator Lars Hansson och handledare Mohammed Tahir.

Jag vill tacka Bengt Brolund för hjälp att komma igång med Simca.

Jag vill tacka Lennart Eriksson och Conny Wickström på Umetrics för allmän hjälp med Simca.

Och sist men inte minst vill jag tacka övriga chefer och personal på varmvälsverket för en bra tid.

Utan er alla hade mitt examensarbete varit omöjligt att utföra.

Jag hoppas arbetet kommer till någon nytta.

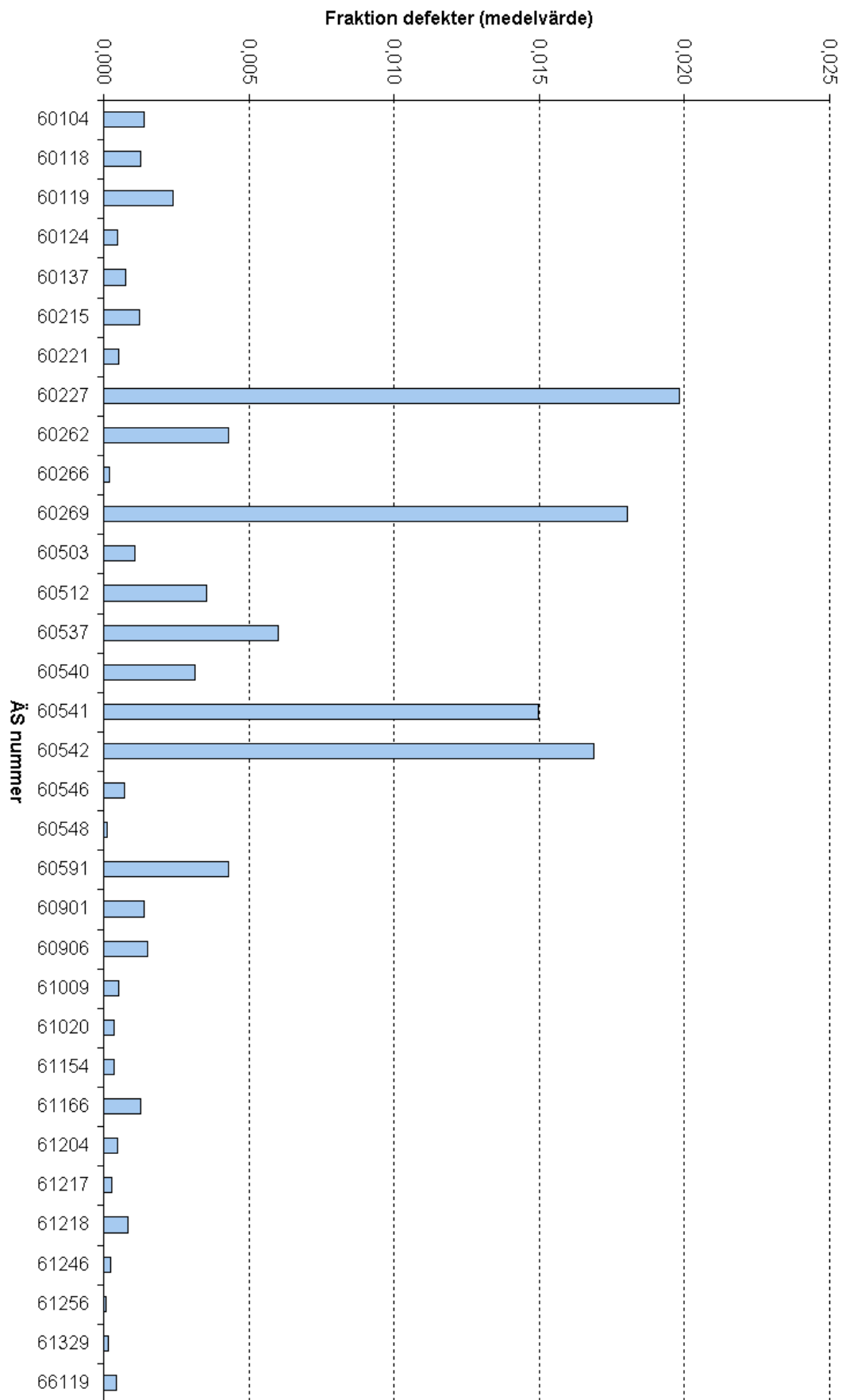
Tack för en trevlig tid!

Borlänge 2005-03-10

Stefan Gatu

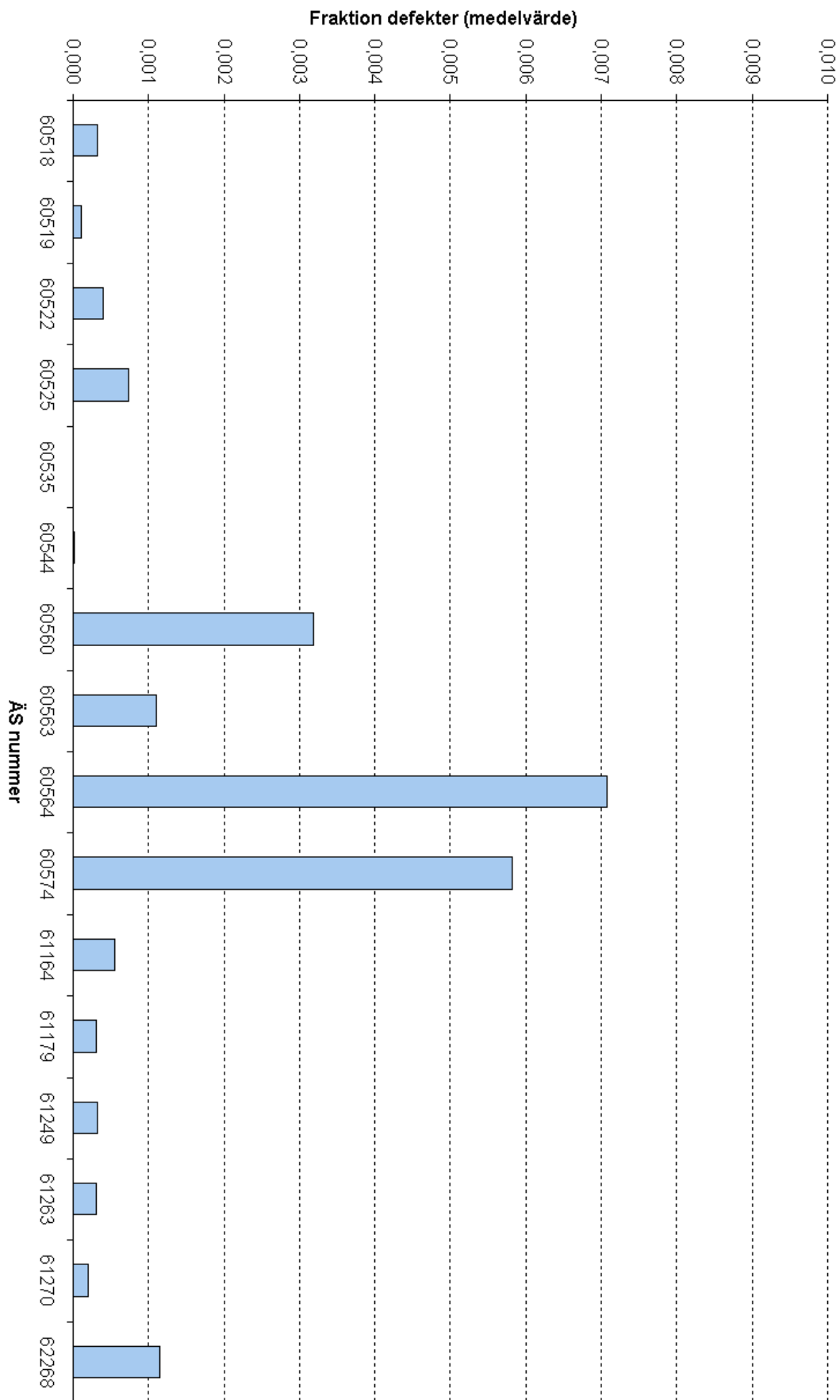
## 10 Referenser

1. L. Eriksson, E Johansson, N. Kettaneh-Wold och S. Wold(2001) Multi- and Megavariate Data Analysis, ISBN 91-973730-1-X
2. J Peltomaa, K-A Willebrand(1989) Varmvalsning I Bredbandverket Del 2&3, 1989-08-11.
3. Dan Falkman(2004), Processteknik Varmvalsning, SSAB Tunnpå, 0243-72392, Samtal om processen under hösten 2004.
4. Bertil Lönnerberg och Bengt Johansson(2001), Glödskaalsbildning på kolstål-En litteraturstudie, juni 2001, IM-2001-512, ISSN:1403-848/X.
5. Magnus Jarl(2003), Vad är oxid på kolstål nr 11, 2003-10-29, ISSN 1404-7225.
6. P.H. Bolt, F. Friedel, H. Pircher, X. Cornet, S. Ehlers och F. Steinert(2000) Investigation of the formation, constitution and properties of scale formed during the finishing rolling, cooling and coiling of thin hot stripes, ECST/NEST workshop Düsseldorf, 5&6 Oktober 2000, ECSC project 7210-PR/153.
7. David T. Blazevic(1983) Rolled in scale – The consistent problem. 1983
8. David T. Blazevic(1999), Tertiary rolled in scale the hot strip mill surface problem of the 1990's, 1999
9. Parsytec HTS 4.2, Systembeskrivning, Uppbyggnad och funktioner
10. L. Luyckx och F. Lorang(1965) Formation of fleck scale during hot rolling of wide strip, jan 1965, BISI 4107
11. Yoshio Oike, J. Sato, K. Minami, K. Yoshitake och S. Yamanaka(1992) Influence of rolling conditions and chemical composition of rolled material on strip surface flaw caused by surface deterioration of hot work rolls, ISIJ International Vol. 32, nr. 11, s. 1211-1215
12. Dan Falkman(2001) Ytkylning/Ytrensning i bredbandverket, Teknisk rapport nr. 0039 SSAB Tunnpå, 2001-04-10
13. S. Wold, M. Sjöström, L. Eriksson, Partial Least Squares Projections to Latent Structures (PLS) in Chemistry

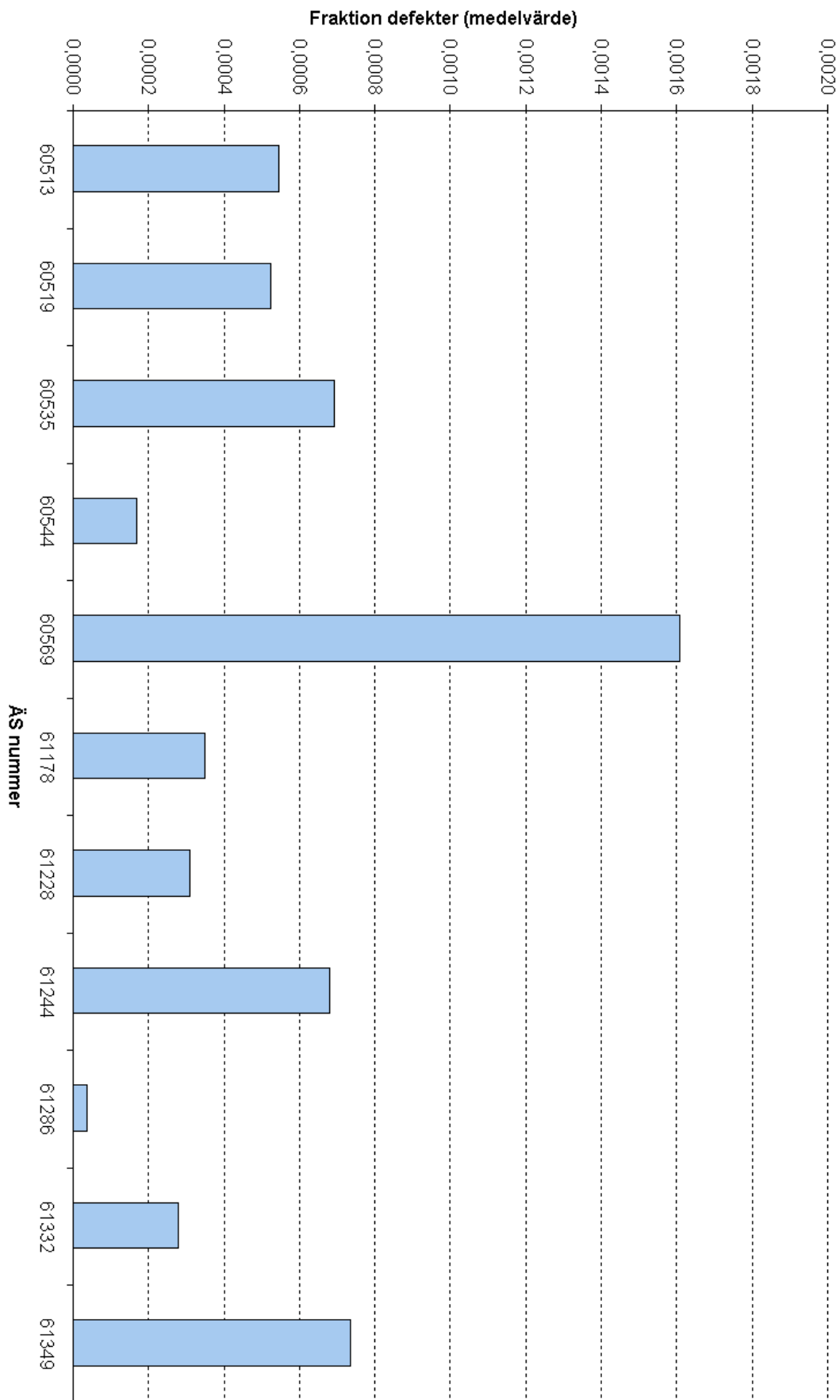


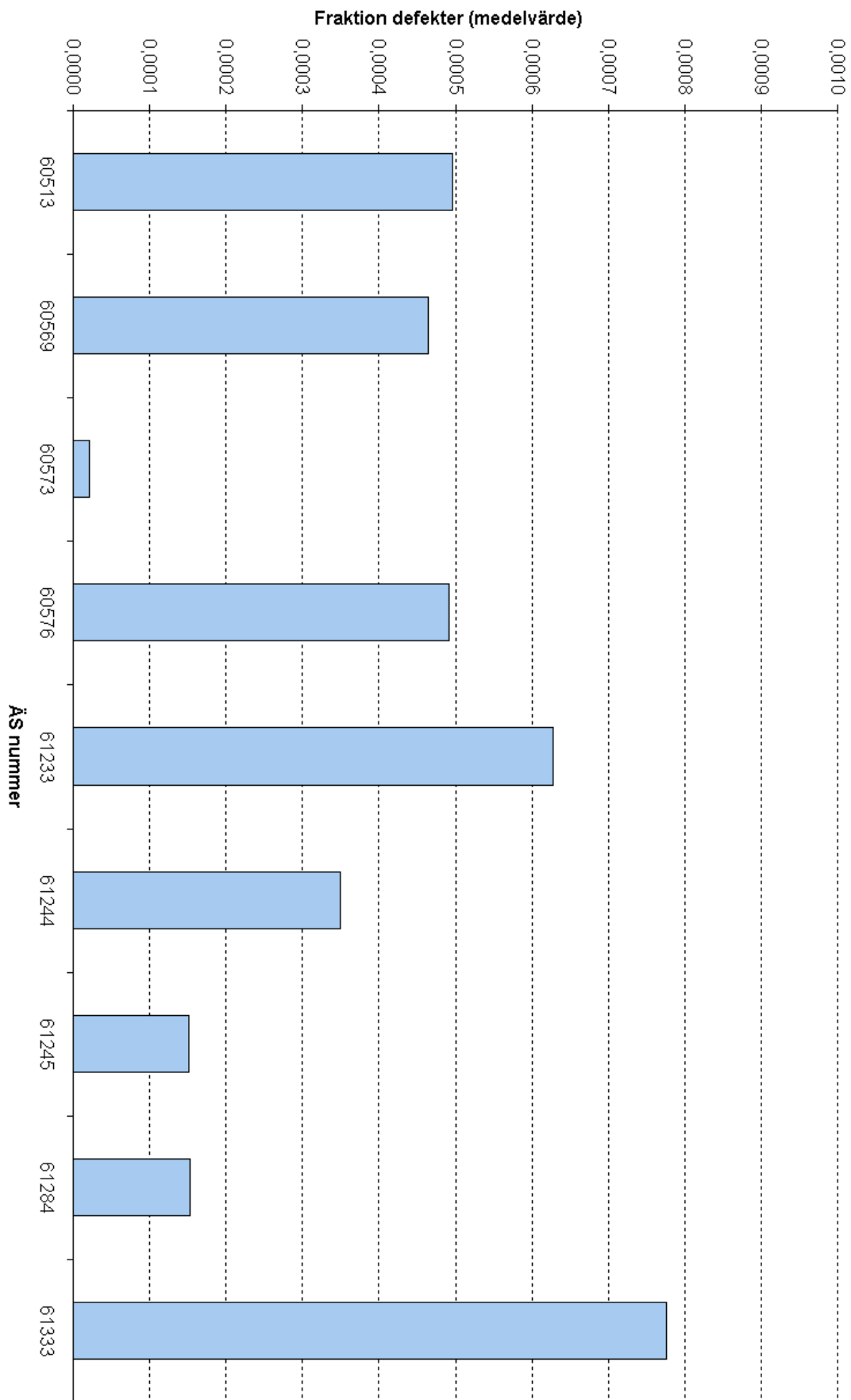
Kvalitetsgrupp 1

Kvalitetsgrupp 4



Kvalitetsgrupp 14





Kvalitetsgrupp 24

ClassId	Name	ShortName	ClassLevel	CustomClass	Status
50	Roll Mark	Valsmärke	3		7 U
51	Bruise	Intryck	3		7 U
52	Head Mark	Islagsm.	3		7 U
53	Spall	Släppa	3		7 U
54	R_Roll Mark	Valsmärke	3		7 U
55	R_Bruise	Intryck	3		7 U
56	R_Head Mark	Islagsm.	3		7 U
57	R_Spall	Släppa	3		7 U
58	Reserved for Pe		0		7 D
59	Reserved for Pe		0		7 D
60	Dent	Påkladd	3		7 U
61	Reserved for De		0		7 D
62	Reserved for De		0		7 D
63	Reserved for De		0		7 D
64	Reserved for De		0		7 D
65	Scale Pit	S.glödskal	2		8 U
66	Rolled in Scale	ScaleRI	2		8 U
67	Rolled in Scale	ScaleRI	2		8 U
68	Scale Red	R.glödskal	2		8 U
69	Scale Roll Skin	ScaleRS	2		8 D
70	Scale Salt and	S.glödskal	2		8 U
71	Scale Comet	S.glödskal	2		8 U
72	Scale Residues	Scale R	2		8 D
73	Scale Residues	ScaleRE	2		8 D
74	Scale Stripe	Scale S	2		8 D
75	Scale Point	Scale P	2		8 D
76	M Scale	S.glödskal	2		8 U
77	Rolled in Scale	P.glödskal	2		8 U
78	Loose Scale	S.glödskal	2		8 U
79	Heavy Scale	P.glödskal	2		8 U
80	Rolled In Scale	RIS 1	2		8 U
81	Rolled In Scale	S.glödskal	2		8 U
82	Rolled In Scale	S.glödskal	2		8 U
83	Rolled In Scale	P.glödskal	2		8 U
84	Reserved for Sc		0		8 D
85	Scratch	Scratch	2		9 D
86	Scratch Roll	Scrat.R	2		9 D
87	Scratch Small	Scrat.S	2		9 D
88	Scratch Dark	Repa	2		9 U
89	Scratch Bright	Repa	2		9 U
90	Scratch Crossw	Scrat.C	2		9 D
91	Reserved for Sc		0		9 D
92	Reserved for Sc		0		9 D
93	Reserved for Sc		0		9 D
94	Reserved for Sc		0		9 D