



LUND UNIVERSITY

PIXE och tillämpningar inom arbetsmiljöområdet

Akselsson, Roland

1977

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Akselsson, R. (1977). *PIXE och tillämpningar inom arbetsmiljöområdet*. Artikel presenterad vid Provtagningsmetodik och analysteknik inom arbetsmiljöområdet nu och i framtiden, Mariehamn, Åland, Finland.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Bidrag till STU-seminariet "Provtagningsmetodik och analys-
teknik inom arbetsmiljöområdet nu och i framtiden, Mariehamn,
Finland den 15 och 16 februari 1977".

PIXE OCH TILLÄMPNINGAR INOM ARBETSMILJÖOMRÅDET

Roland Akselsson

Institutionen för kärnfysik, LTH, Lund, och
Institutionen för hygien, LU, Lund.

PIXE (ARBETSMILJÖ) - GRUPPEN I LUND

PIXE (Particle Induced X-ray Emission analysis) är en spårelementanalysmetod som utvecklats i Lund med stöd av STU och AFR (Ref. 1). Med stöd av ASF och AFR dels utvecklas metoden så att den blir mera användbar för analyser av prov från arbetsmiljöer, dels tillämpas metoden för att karakterisera svetsrökspartiklar. Detta arbete utföres huvudsakligen vid institutionen för kärnfysik vid LTH men med ett mycket aktivt samarbete med Institutionen för hygien, LU. Aktivt samarbete bedrivs också med avdelningen för svetsteknik och Institutionen för oorganisk kemi II vid LTH. Samarbetsprojekt inom området planeras även med Svejsecentralen i Köpenhamn, SINTEF i Trondheim och Sentralinstitutet för industriell forskning i Oslo. Deltagare i PIXE-gruppen är f n Sven A E Johansson, Roland Akselsson, Thomas B Johansson, Mats Ahlberg, (f n gästforskare i USA), Behari Lal Jangida (IAEA-stipendiat), Gerd Johansson, Katarina Johansson, Klas Malmqvist, Mats Bohgard, Lars-Eric Carlsson, Hans Christer Hansson, Hans Lannefors, Bertil Rudell, Knut Sjöberg, Kristina Tingskog, Jan Pallon, Leif Spanier och Eva-Marta Johansson.

PIXE OCH TILLÄMPNINGAR INOM ARBETSMILJÖMRÅDET

1. Behov av analysmetoder

Den tekniska utvecklingen går snabbt. Nya material bearbetas och nya bearbetningsmetoder används vilket medför att människan i arbetsmiljön exponeras för nya former av partikulära luftföroreningar. Det är ofta svårt att förutsäga karaktäristika såsom storlek, morfologi, kemisk sammansättning, kristallinitet och mängd hos sådana föroreningar. Ännu svårare är det att bestämma dos-respons relationer för nya typer av exponeringar speciellt eftersom synergistiska effekter torde förekomma ganska frekvent. För att likväl med rimliga säkerhetsmarginaler kunna garantera god arbetsmiljö ställs stora krav på forskning, utvecklingsarbete och övervakning av arbetsmiljö. PIXE-metoden kan här ge värdefulla bidrag.

För att skaffa underlag för relevanta gränsvärden för exponering måste såväl epidemiologiska som kliniska undersökningar göras. Mycken information kan ofta också erhållas från andra slag av toxikologiska experiment såsom försök med vävnadsodlingar och bakteriekulturer. För alla metoderna gäller att det är mycket viktigt att exponeringen är väl karakteriserad. Stor omsorg bör läggas ner på sådana karakteriseringar. PIXE-metoden kan ge betydelsefull bidrag. Den måste emellertid kompletteras med någon oxidationstalskänslig metod t ex ESCA och metoder som karakteriserar individuella partiklar. Sådana metoder är t ex SEM, TEM och PASEM med röntgenfluorescensutrustning. TEM möjliggör dessutom elektron-diffraktion för bestämning av kristallina komponenter. För att studera olika elements metabolism efterlyses även metoder att analysera biologiskt material. Ofta är det mycket små mängder och låga koncentrationer som behövs.

Vid utveckling av nya arbetsmaterial och nya tillverkningsrutiner måste hänsyn tagas till arbetsmiljön även för arbetare i senare produktionsled. För att detta skall vara möjligt krävs dels att metoder för karakterisering finns, dels att dos-respons samband är utforskade.

Trots alla försiktighetsåtgärder måste arbetsmiljön ständigt övervakas. Övåntade exponeringar kan förekomma. Dessutom kan övåntade negativa hälsoeffekter uppträda och då är det viktigt att ha information om exponeringen så att orsak kan fastställas och undanröjas. Detta ställer stora krav på kapacitet, ekonomi och relevans av provtagnings- och analysmetoderna. Snabba, ej alltför dyra, multikomponentmetoder behövs. PIXE är en sådan metod.

2. För- och nackdelar med PIXE

Vid PIXE-analys får laddade partiklar från någon accelerator träffa det prov som skall analyseras. Härvid induceras röntgenstrålning med en energi som är karakteristisk för det element den kommer från. Genom att detektera den utsända röntgenstrålningen och analysera den med avseende på energi och intensitet kan många element bestämmas kvantitativt och samtidigt.

S A E Johansson och T B Johansson har nyligen publicerat en översiktsartikel om PIXE (Ref. 2). Vid en konferens om PIXE och dess tillämpningar (augusti 1976 i Lund) gavs också en översikt av PIXE-metoden (Ref. 3).

Fördelar med metoden är att den

- ger låga detektionsgränser, ca 10^{-10} - 10^{-9} g för många element samtidigt vid rutinanalyser, element tyngre än svavel kan bestämmas kvantitativt och några lättare element kvalitativt,
- ger korta analystider, rutinanalyser tar 2 - 5 min,
- ger vid rutinanalyser 10 - 15% noggranhet och precision för element som förekommer väl över detektionsgränsen
- ger relativt billiga analyser
- inte kräver någon provbehandling då tunt prov insamlats på tunt underlag

Nackdelar med metoder är att den

- har relativt höga detektionsgränser vad gäller koncentrationer, 0.1 - 50 ppm beroende på matrisen. För biologiska prov krävs ofta någon form av förkoncentrering,
- kräver tillgång till accelerator.

Andra nackdelar som helt eller delvis kan elimineras är

- i. provet är i vacuum och värms upp av protonerna. Bortledningen av värme i vacuum är låg varför provet kan bli ganska varmt. Uppvärmningen medöfr risk för att vissa element förflyktigas. Strålen går emellertid att ta i luft eller annan gas varvid problemet reduceras avsevärt.
- ii. Den analyserade arean kan endast varieras i området 1 - 50 mm². Principiella hinder att utöka detta området föreligger emellertid ej.
- iii. Lättare element ger lågenergetisk röntgenstrålning som är svår att detektera kvantitativt. Det finns emellertid möjlighet att kombinera PIXE med andra metoder så att flera lättare element kan bestämmas.

PIXE uppfyller väl, i jämförelse med andra befintliga analysmetoder, de krav på analysmetod som ställdes i avsnitt 1 ovan, dvs PIXE är tillräckligt känslig, noggrann, precis och selektiv för den nödvändiga forskningen och den är ej för dyr för de viktiga rutinkontrollerna på arbetsplatser.

3. Utvecklingsmöjligheter för PIXE

a. Metodutveckling

- i. Arbete pågår för att komplettera PIXE så att samtidig mätning av en del lättare element kan ske. Ytterligare utveckling i denna riktning kan förutses.
- ii. Det vore önskvärt att konstruera en analyskammare så att en större del av ett filterprov kunde analyseras. Detta skulle minska kraven på en jämn filterbelastning.
- iii. För analys av prov med liten area är det fördelaktigt att ha en protonstråle med liten diameter ($\phi=1-100 \mu\text{m}$), en sk mikrostråle eller semimikrostråle. Sådan metodik finns utvecklad vid andra laboratorier och intressanta resultat föreligger t ex har man undersökt hur metallinnehållet i hårstrån från förgiftade personer varierar med avståndet från hårstrånas rot (Ref. 4).

Andra nackdelar som helt eller delvis kan elimineras är

- i. provet är i vacuum och värms upp av protonerna. Bortledningen av värme i vacuum är låg varför provet kan bli ganska varmt. Uppvärmningen medöfr risk för att vissa element förflyktigas. Strålen går emellertid att ta i luft eller annan gas varvid problemet reduceras avsevärt.
- ii. Den analyserade arean kan endast varieras i området 1 - 50 mm². Principiella hinder att utöka detta området föreligger emellertid ej.
- iii. Lättare element ger lågenergetisk röntgenstrålning som är svår att detektera kvantitativt. Det finns emellertid möjlighet att kombinera PIXE med andra metoder så att flera lättare element kan bestämmas.

PIXE uppfyller väl, i jämförelse med andra befintliga analysmetoder, de krav på analysmetod som ställdes i avsnitt 1 ovan, d v s PIXE är tillräckligt känslig, noggrann, precis och selektiv för den nödvändiga forskningen och den är ej för dyr för de viktiga rutinkontrollerna på arbetsplatser.

3. Utvecklingsmöjligheter för PIXE

a. Metodutveckling

- i. Arbete pågår för att komplettera PIXE så att samtidig mätning av en del lättare element kan ske. Ytterligare utveckling i denna riktning kan förutses.
- ii. Det vore önskvärt att konstruera en analyskammare så att en större del av ett filterprov kunde analyseras. Detta skulle minska kraven på en jämn filterbelastning.
- iii. För analys av prov med liten area är det fördelaktigt att ha en protonstråle med liten diameter ($\phi=1-100 \mu\text{m}$), en s k mikrostråle eller semimikrostråle. Sådan metodik finns utvecklad vid andra laboratorier och intressanta resultat föreligger t ex har man undersökt hur metallinnehållet i hårstrån från förgiftade personer varierar med avståndet från hårstrånas rot (Ref. 4).

iv. Speciellt vid analys av biologiskt material vore det fördelaktigt ur uppvärmningssynpunkt att ta ut protonstrålen i luft eller ännu hellre i en gas som t ex helium, vilken skulle ge ännu bättre värmebortledning och ej ge störande röntgenstrålning från argon. Värmebortledning är speciellt viktig då mikrostråle används p g a denna stråles ofta höga energitäthet.

b. Analyser av metalledamm

Vid detta seminarium har stor vikt lagts vid möjligheter att utveckla metoder för att kunna analysera prov tagna med befintliga provtagningsmetoder. Man får emellertid inte glömma att nya metoder kan möjliggöra analys av nu icke konventionella prov som lika bra eller bättre och billigare karakteriserar det man vill mäta t ex exponeringen. Det bör vara möjligt att konstruera en bärbar filterprovinsamlare med föravskiljare som möjliggör sammanhängande deltidsprov under en hel dag (t ex 32 st 15 min prov), vars prov sedan kan analyseras med PIXE. Eventuellt kan man parallellt ta ett prov som direkt ger ett 8 timmars värde och som kan ge indikation på om det är intressant att analysera alla deltidspreven.

Det pågår utveckling av provinsamlingsapparatur även vid IVL i Göteborg. Denna bygger på elektrostatisks uppsamling. Apparaten blir liten och energisnål och torde kunna modifieras för kontinuerlig provinsamling med prov lämpliga för PIXE analys.

Utveckling, kalibrering och optimering av nya provinsamlingsystem torde vara lämpliga STU-projekt.

c. Analys av biologiska prov.

Enligt ovan är det en fördel att ha en extraherad protonstråle vid analys av biologiskt material. Men provurval och provbehandling är viktigare. Halterna i obehandlad vävnad är ofta mycket låga varför proverna måste väljas med omsorg. Ögonkammарväska, servospinalvätska eller annat prov som nödvändigtvis är litet utgör ofta ett idelaiskt prov för PIXE-analys. Alternativt måste förkoncentrering göras t ex lågtemperaturinaskning eller isolering av speciella enzym eller protein. Vad beträffar dessa enzym och proteiner bör man undersöka om separationsmetodik kan modifieras så att kontamination undviks och så att lämpligt prov för PIXE-

analys kan erhållas. 0,1 mg prov med 10 ng av ett intressant element kan utgöra ett sådant prov. Om biologiska prov inte kan göras tunna utan måste göras tjocka t ex i form av pellets tillkommer arbete med att kontrollera att metoden ger riktiga resultat. Det vore en fördel att ha tillgång till referensmaterial.

4. Sammanfattning

PIXE-metoden är utvecklad för vissa typer av prov. Den är ny varför det torde finnas många oprövade användningsområden. Speciellt borde arbete läggas ner på att utveckla provbehandlingsmetoder för analyser av biologiskt material så att metodens fördelar t ex dess låga detektionsgränser (massa) och relativt låga kostnader utnyttjas. För att kunna identifiera medicinskt intressanta frågeställningar, till vars lösande PIXE kan ge bidrag, krävs samarbete med medicinsk expertis.

Vad gäller analys av partikulära luftföroreningar är PIXE-metoden mera prövad. Emellertid bör lämplig provinsamlingsmetodik för arbetsmiljö utvecklas, så att bärbar provinsamlingsutrustning med tidsupplösning erhålls.

5. Referenser

1. T.B. Johansson, R. Akselsson och S.A.E. Johansson, X-Ray Analysis: Elemental Trace Analysis at the 10^{-12} g Level, Nucl. Instr. Meth., 84(1970)141-143
2. SAE Johansson och T.B. Johansson, Analytical Application of Particle Induced X-Ray Emission, Nucl. Instr. Meth., 137(1976) 473-516
3. International Conference on Particle Induced X-Ray Emission and Its Analytical Applications, Lund, Sweden, August 23-26, 1976, publiceras 1977 i Nucl. Instr. Meth.
4. P. Horowitz, M. Aronson, L. Grodzins, W. Ladd, J. Ryan, G. Merriam och C. Lechene, Elemental Analysis of Biological Specimens in Air with a Proton Microprobe; Science, 194(1976)1162-1165

Mariehamn den 16/2 1977

Roland Akselsson