

Analyse av kvikksølv i biologiske  
prøver som eksponeringskontroll.

av

N. Gundersen og Gunnar Mowé

HD 708/77

ARBEIDSFORSKNINGSINSTITUTTENE  
BIBLIOTEKET  
Gydas vei 8  
Postboks 8149 Oslo Dep. Oslo 1

## I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

I	INNLEDNING	s. 1
II	ANALYSE	s. 2
a	Analysemetode U-Hg	" "
b	Kontroll U-Hg analyse	s. 3
c	Konsentrasjonskorrigering, urinprøver	s. 5
III	TANNLEGEKONTORER	s. 8
a	Tannlegepersonell 1973-74	" "
b	Tannlegepersonell 1975	s. 10
c	Tannlegepersonell 1976	s. 11
d	Undersøkelse tannlegekontorer	s. 13
e	Tanntekniske laboratorier	s. 15
f	Rapporterte kvikksølvundersøkelser	s. 16
IV	BEDRIFTER SOM BENYTTET KVIKKSØLV	s. 22
V	KLOR-ALKALI FABRIKKER	s. 23
VI	FISKESPISERE	s. 26
VII	OPPFØLGING AV KVIKKSØLVUTSKILLELSE OVER TID	s. 28
VIII	SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	s. 32

## I N N L E D N I N G

En forutsetning for overvåking og individuell yrkesmedisinsk vurdering av kvikksølveksponerte, er kjennskap til de toksikologiske mekanismer vedrørende uorganisk kvikksølv. Det er viktig å understreke at overvåkingen bør omfatte både arbeidsmiljøet og de enkelte arbeidstakere.

Den rutinemessige kontroll av kvikksølveksponerte ved Yrkeshygienisk institutt, baserer seg på undersøkelse av kvikksølv i urinen. Uorganisk kvikksølv utskilles i urinen, og den utskilte mengde er avhengig av eksponeringsgraden. Kvikksølveksponeringen i arbeidsmiljøet avhenger av kvikksølvkonsentrasjonen i innåndingsluften. Dessuten kan kvikksølv tas opp ved nedsvelging på grunn av f.eks. forurensede fingre.

I denne rapport har en prøvd å samle noe av våre resultater som foreligger, m.h.p. kvikksølv i urinprøver fra personer som omgås kvikksølv i sitt daglige arbeid, og vurdere de enkelte yrkesgruppers eksponeringsnivå.

Ved henvendelse fra Helsedirektoratet, tannlegekontoret, av 31/1-77 ad. "Kvikksølvbelastning hos tannhelsepersonell" (46/77 H.dir.8 IM/AB) var det ønsket at det ble gitt en nærmere orientering om, og omfanget av, representativiteten og resultatene av målingene som er utført ved Yrkeshygienisk institutt.

Hovedvekten av denne rapporten er derfor viet tannlegepersonell.

Da det i dette brev er nevnt den omtale den amerikanske tannlegeforenings tidsskrift ga problemet i sitt juni-nummer 1976, vil jeg redegjøre for disse artiklene i lys av vår erfaring.

Det er også i rapporten redegjort kort for andre, nyere undersøkelser fra tannlegekontorer.

## A N A L Y S E

ANALYSEMETODE U-Hg

Idag bygger stort sett alle rutinemetoder for bestemmelse av uorganisk kvikksølv på flåmmeløs atomabsorpsjonsteknikk. I surt miljø vil uorganisk kvikksølv reduseres av Sn(IV) forbindelser.



Det dannede metalliske kvikksølv vil kunne drives ut av en **vanndig** løsning med luft- eller nitrogenstrøm.

Ved å lede gasstrømmen med kvikksølv damp inn i lysveien på et atomabsorpsjonsinstrument innstilt for kvikksølvbestemmelse, vil en få et signal for kvikksølv. Mengden kvikksølv bestemmes så ved å benytte kjente standardløsninger.

En kan også benytte spesielle kvikksølvmonitorer som er vesentlig rimeligere utstyr enn AA-instrument.

Ved instituttet har en benyttet følgende instrument:  
Bacharash Hg SNIFFER W2.

En utnytter den egenskap ved kvikksølv at det er et metall som har et høyt damptrykk ved romtemperatur. Med slike monitorer kan kvikksølv dampkonsentrasjon i arbeidsatmosfæren bestemmes direkte.

For oppslutning av urinprøver for Hg-bestemmelse, har vi tidligere benyttet en prosedyre utarbeidet i Sverige av Prof. Lindstedt, hvor urinprøvene mineraliseres over natt med  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KMnO}_4$ , overskudd permanganat reduseres med hydroksylamen.

Vi har nu gått over til en forenklet metode, utarbeidet av Magos et al, hvor en foretar reduksjon i sterkt basisk miljø, direkte i urinprøven.

Som reduksjonsmiddel benyttes for begge metodene  $\text{SnCl}_4$ .

## KONTROLL U-Hg ANALYSE

For kontroll av analyseresultatens nøyaktighet vil interlaboratoriekontroller være av betydning. Av større internasjonal interlaboratoriekontroll på tungmetallanalyse i biologiske prøver kan nevnes: "Intercomparison Program of Lead Mercury and Cadmium Analysis in Blood, Urine and Aqueous Solutions" ( Clin. Chem. 21/4 (1975) 551-557) ledet av R. Lauwerys.

Det deltok 66 europeiske laboratorier. Det ble funnet at den viktigste faktor til variasjonene i resultatene skyldtes interlaboratorievariasjoner.

Analytisk metode og erfaring syntes å være uten betydning. Med unntak av kvikksølvbestemmelse i urin, ble tilfredsstillende intralaboratoriepresisjon ikke oppnådd. Det tydet på at systematiske feil er årsak til den høye interlaboratorievariasjon mellom "presise" laboratorier.

Dårlige overensstemmelser ble funnet for analyse av bly og kadmium i blod og urinprøver.

Vi har sammenliknet våre to metoder for U-Hg analyse ved å analysere en serie tilfeldige urinprøver fra kvikksølv-eksponerte.

Overensstemmelsen har vært relativ god innenfor ca. 10%. Dette må anses tilfredsstillende, da en har en stor naturlig variasjon i urinprøveverdiene for en enkeltperson. Metoden etter Lindstedt gir mest nøyaktig resultat, den modifiserte hurtigmetode etter Magos kan gi for høye verdier. Derfor blir prøver med høye verdier kontrollert ved Lindstedts metode.

En har også foretatt enkelte interlaboratoriekontroller.

Resultater fra undersøkelse av urinprøver fra Borregaard er vist i fig.1

Urinprøvene fra arbeidere ved kloralkalifabrikken ble delt i to, den ene del analysert ved Forskningsavdeling Borregaard etter Lindstedts metode og kvikksølvbestemt med P-E MAS 50 kvikksølvmonitor.

µg Hg/L

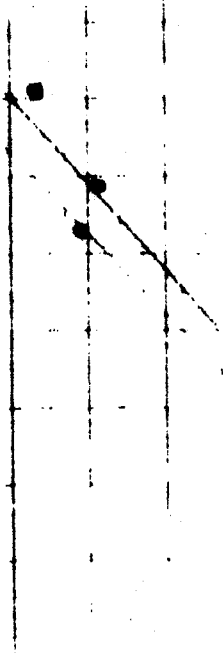
YHI

KVIKKSØLV: URIN

A-870-75

Fig. 1

Borrsgaards resultater ligger ca. 10% over YHI verdier.   
 spredningen mellem resultaterne mindre end 10%.



+ 1 prøve YHI: 455 µg Hg/L  
B: 488 "

Borrsgaard  
µg Hg/L

50 100 150

50

100

50

## KONSENTRASJONSKORRIGERING, URINPRØVER

Urinprøver er enkelt å ta og kan utføres av den person som skal kontrolleres, uten hjelp av medisinsk personell, som ved blodprøvetaking.

Det vil ofte være ønskelig å få bestemt døgnutskillelsen, men i praksis er det meget vanskelig å samle 24-timers urin hos en arbeider.

Det er derfor nødvendig for rutinekontroll å ta tilfeldige urinprøver.

Konsentrasjonene av slike urinprøver vil variere med personens tilførsel av væske forut for prøvetakingen. Det er derfor ønskelig å benytte flere urinprøver fra samme person for å prøve å kompensere for slike tilfeldige variasjoner.

Som rutineopplegg benyttes ved YHI to urinprøver pr.kontroll, henholdsvis en morgen- og en kveldsurin. Denne rutine er ikke lagt opp for å få et mål for eksponeringsmengden over en arbeidsdag, men for å kunne minske effekten av konsentrasjonsvariasjoner.

Istedenfor å ta flere prøver, ville det være hensiktsmessig å ha en korreksjonsfaktor som tar hensyn til en tilfeldig urins konsentrasjon. I rutinekontroll er det blitt benyttet:

- 1) bestemmelse av urinens spesifikke vekt,
- 2) bestemmelse av urinens kreatininnhold.

Kreatinutskillelsen pr. døgn hos en person er relativt konstant, men vil variere noe med kosten. For en voksen mann er den angitt til 1,7 g/døgn (1,5-1,8). Den normale urinutskillelse er i gjennomsnitt 1,5 liter. En får da at grovt sett skulle konsentrasjonen av kvikksølv i en tilfeldig urinprøve uttrykt pr. gram kreatinin, gi et mål for døgnutskillelsen.

I det siste året har vi ved YHI foretatt kreatininbestemmelse på de store analyseserier for tungmetallbestemmelse i urin.

Kreatininbestemmelse har en spredning på ca.  $\pm$  0,1 g Kr/l urin.

Kvikksølvbestemmelsen anser vi har en spredning på ca. 10%.

Resultater av en nylig utført kontrollserie for to personer som er eksponert for metallisk kvikksølv, er vist i følgende diagram:

	Variasjonsbredde		
	Hg-U	Kreatinin	Hg/K
P I	43 - 95	1,0 - 1,6	44 - 59
P II	74 - 215	1,0 - 2,2	62 - 136

En ser at en får mindre variasjon i kvikksølvverdiene i urinprøvene for en person ved å angi kvikksølvmengden pr. gram kreatinin enn pr. liter urin.

I en serie for en gruppe kvikksølveksponerte (104/77) ser en tydelig at det var mindre variasjon i Hg/Kr verdiene enn i Hg/U verdiene:

Pr.Nr	Hg-U		Kreatinin (Kr)	Hg/Kr	
		%			%
1	122	40	1.6	76	3
	81		1.1	74	
2	51	24	2.0	26	8
	40		1.7	24	
3	23	63	3.2	7	13
	12		1.6	8	
4	9	77	1.4	6	15
	4		0.6	7	
5	46	-	2.4	19	-
6	14	44	1.2	12	29
	9		1.0	9	
7	36	32	2.6	14	33
	26		2.5	10	
8	245	82	2.4	102	9
	102		1.1	93	
Snitt		52			16



En ser at en ikke får kompensert helt for variasjonene. Endel av dette må tilskrives usikkerhet i analysen, da en bestemmer forholdet mellom to usikre analyseverdier.

Det er derfor mest hensiktsmessig å angi kvikksølvverdien både som Hg-U og Hg/Kr samt den målte kreatininverdi.

## TANNLEGEKONTORER

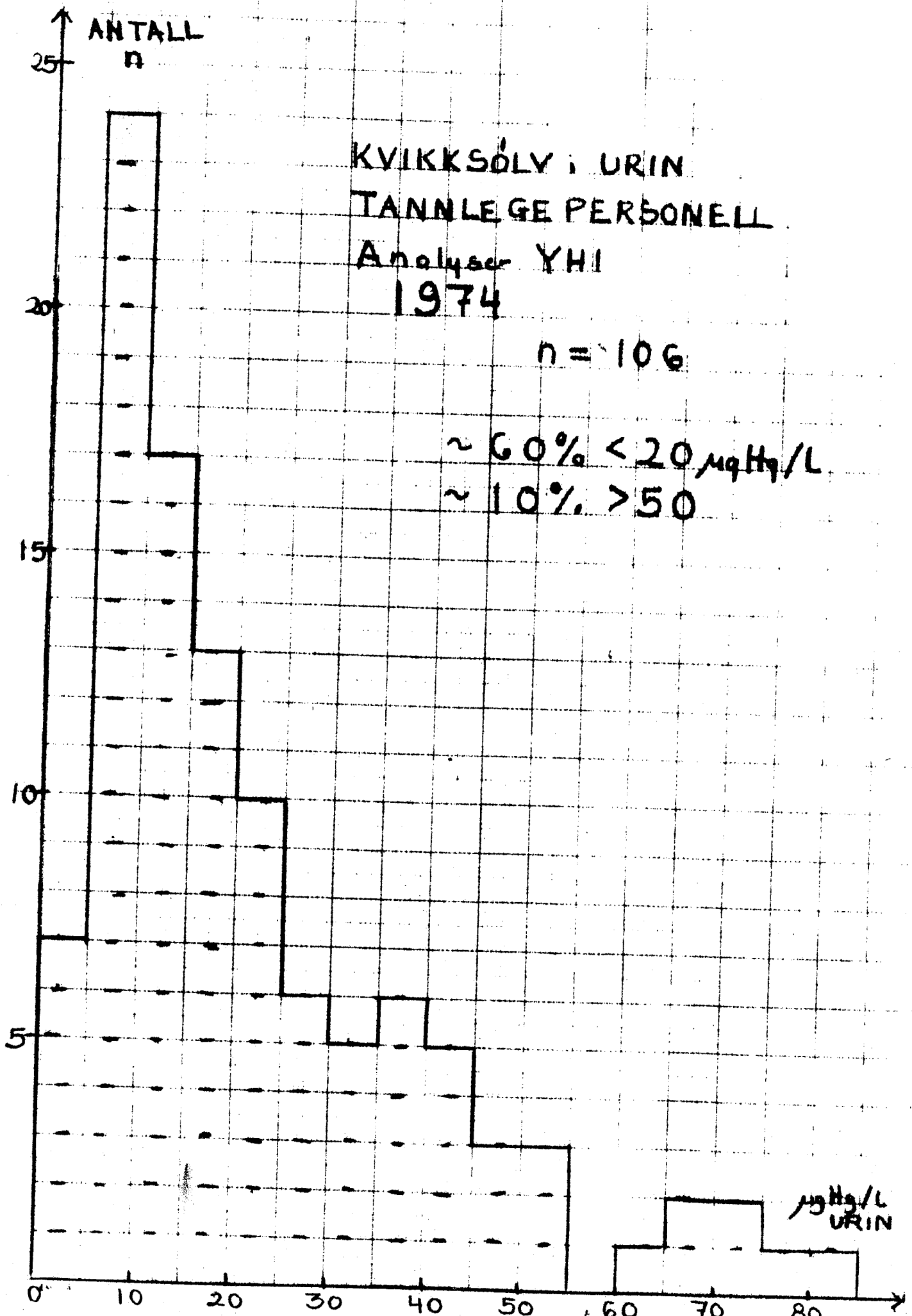
TANNLEGEPERSONELL 1973-74

Gjennomgang av tidligere kontrollanalyser av kvikksølv viser at ved enkelte tannlegekontor kan det være noen få personer (1-2 stk.) som viser forhøyede verdier ( $> 50 \mu\text{g Hg/l}$ ), mens hovedmengden viser normale verdier ( $< 20 \mu\text{g Hg/l}$ ). Ved andre tannlegekontorer har alle forhøyede verdier. I urinprøver fra 1973 har vi funnet verdier over  $200 \mu\text{g Hg/l}$  for en enkelt person. De øvrige på dette kontor viste også forhøyede verdier.

./.  
Hovedmengden av verdier for målingene for 1974 er vist i vedlagte figur. En fant ca. 60% av verdiene under  $20 \mu\text{g Hg/l}$  og kun ca. 10% viste verdier over  $50 \mu\text{g Hg/l}$ .

Dette bilde stemmer godt med resultatene av målingene fra 1975.

For to tannlegeassistenter ved en skoletannklinikk fant vi i 1973 høye kvikksølvverdier i urinprøvene. Verdiene viste at arbeidsrutinen og arbeidshygiene m.h.p. kvikksølv, ikke kunne være tilfredsstillende. Det ble anmodet om forbedring av arbeidsrutinen. Dette ble gjort. Personene hadde deretter en permisjonstid på 2 måneder og ble senere fulgt i ca. 1 år med urinprøveanalyser. Kontrollen ble avsluttet når kvikksølvverdiene i urinen var kommet ned i normalområdet.



TANNLEGEPERSONELL 1975

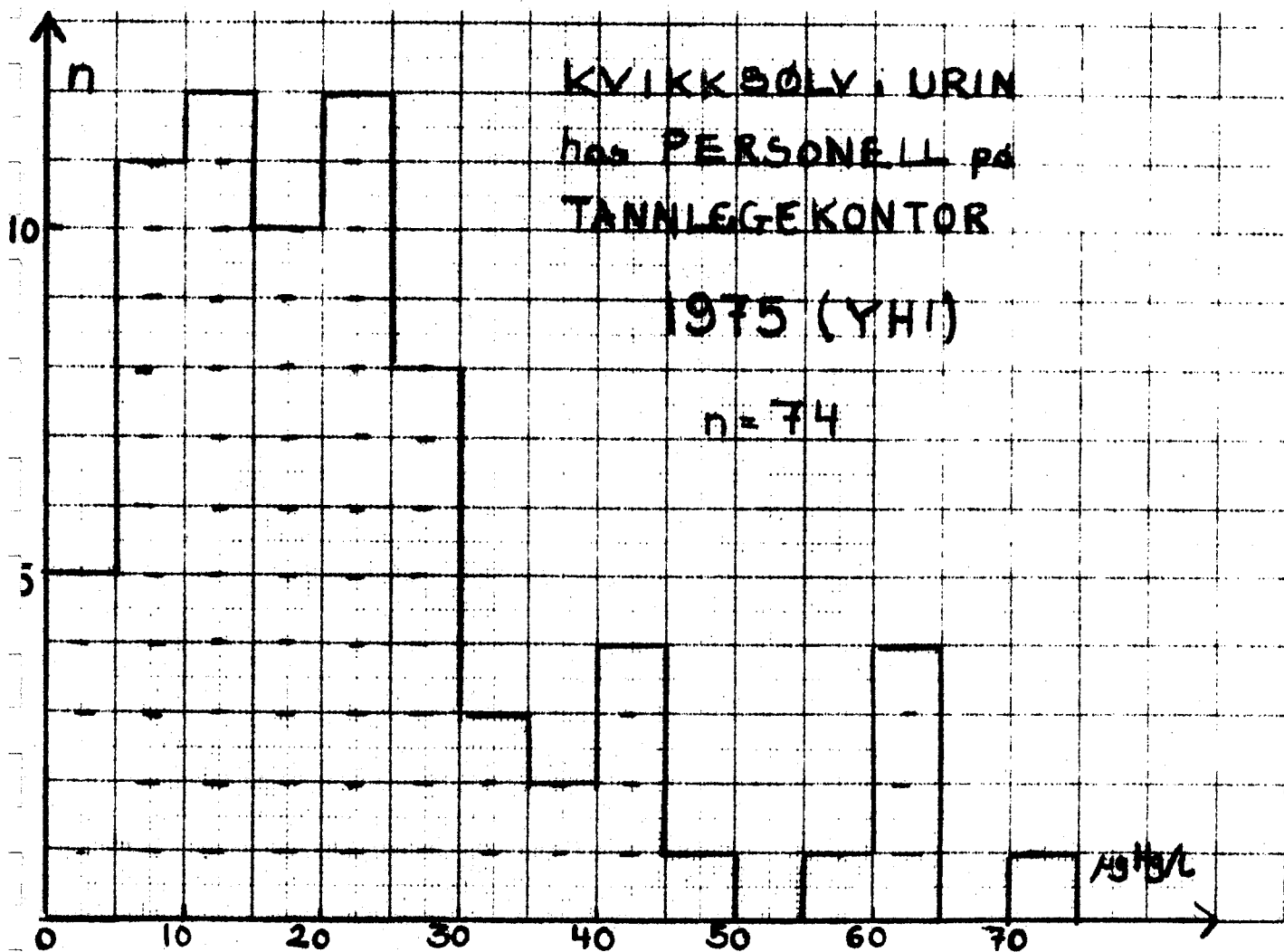
Resultatene fra hovedmengden av de urinprøver som er blitt analysert fra ansatte ved tannlege- og teknikerkontorer i 1975, er vist i følgende figur.

(P.g.a. analyseproblemer med kvikksølvinstrumentet kan enkelte av verdiene være noe usikre.)

En ser at ca. 50% av verdiene ligger under 20  $\mu\text{g Hg/l}$  urin, og det er mindre enn 10% som viser verdier over 50  $\mu\text{g Hg/l}$ .

Resultatene kan indikere at med den analysemetode som benyttes, kan en anse normalområdet opptil ca. 20.

Dersom verdiene er over ca. 50  $\mu\text{g Hg/l}$  urin, er resultatet høyere enn vanlig på tannlegekontorer, og en bør se nærmere på arbeidsrutinen og arbeidshygiene til personene på den arbeidsplassen.



## TANNLEGEPERSONELL 1976

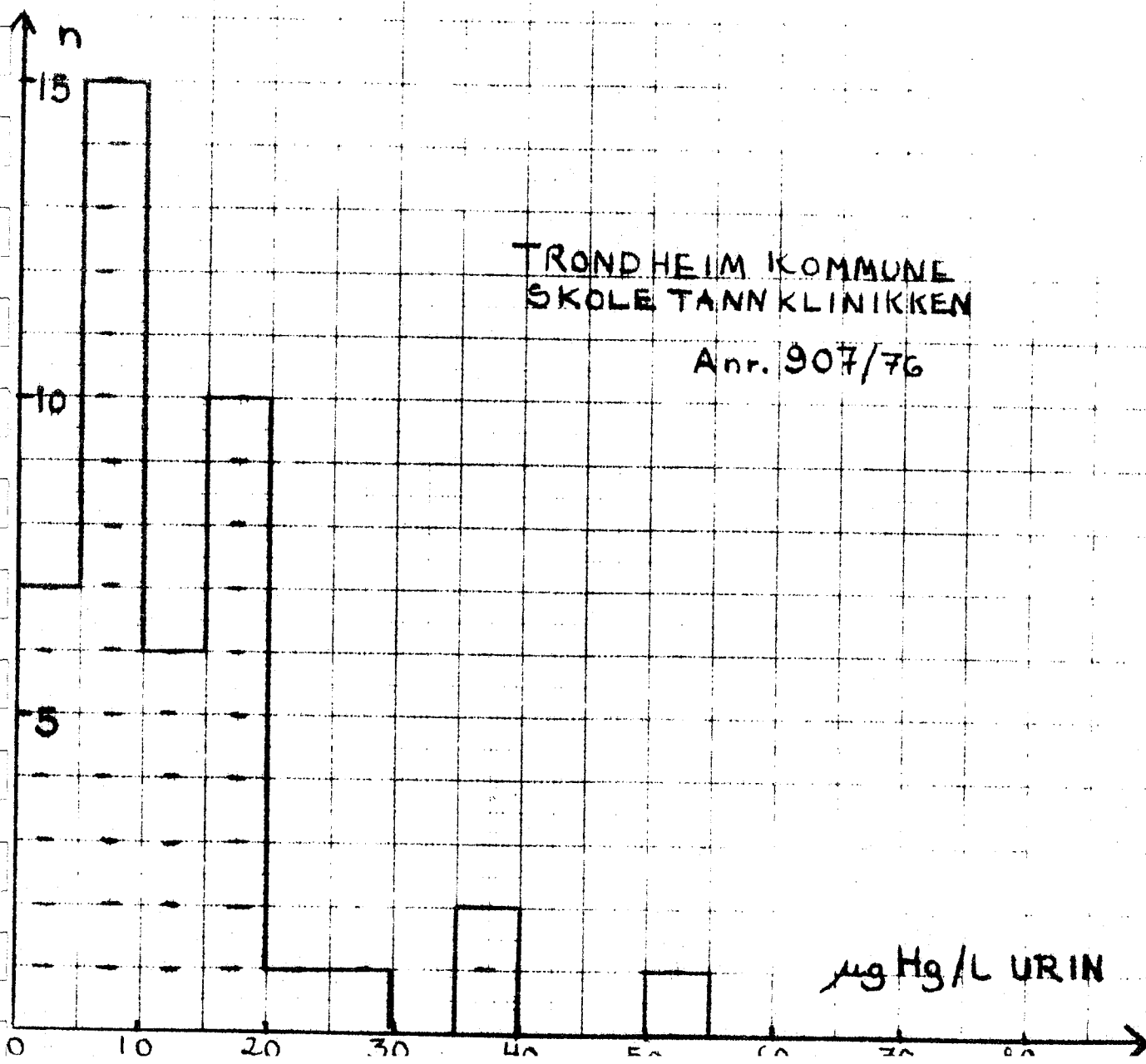
Resultatene av kvikksølvkontroll ved urinanalyse er gitt i følgende histogram. (antall n = 43)

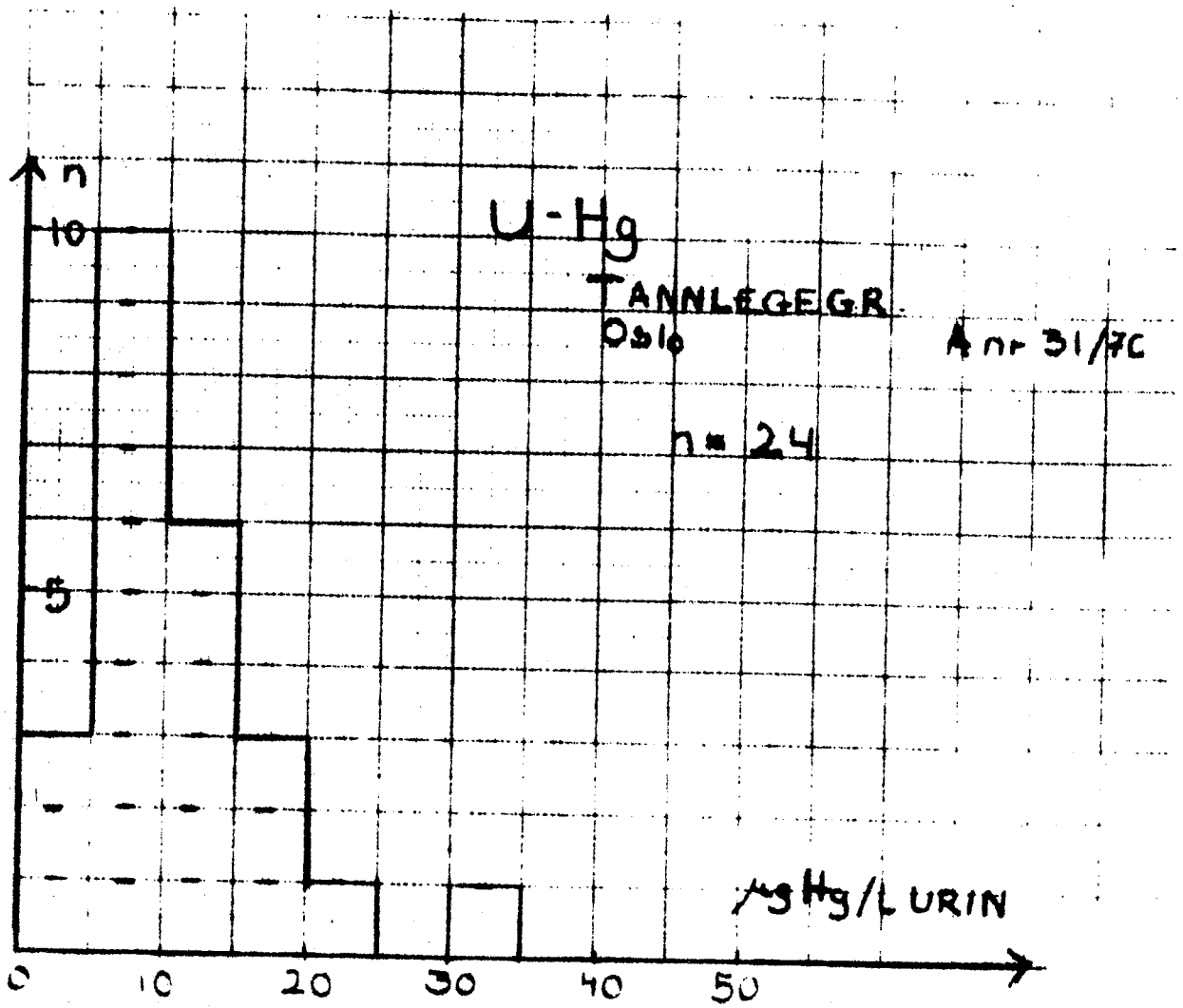
Av figuren finner en at ca. 50% (22 stk.) viste verdier under 10  $\mu\text{g Hg/l}$  urin, og ca. 90% av verdiene var under 20  $\mu\text{g Hg/l}$  urin.

Omtrent tilsvarende resultater viser en annen gruppe tannlegepersonell. Undersøkelsen er utført tidlig i 1976.

./. Verdiene er vist i vedlagte figur.

Resultatene fra disse to gruppene viser at kvikksølveksponeringen må være liten, og på et nivå som ikke skulle gi grunn til yrkeshygienisk bemerkning.





## UNDERSØKELSE TANNLEGEKONTORER

Ved YHI ble det i 1973 foretatt en noe nøyere undersøkelse av arbeids- og eksponeringsforhold for kvikksølv ved et mindre utvalg tannlegekontorer nov./des. 1973.

(Undersøkelse av kvikksølveksposisjon på offentlige tannklinikker i Oslo<sup>1</sup> av Jon Norseth.)

I denne undersøkelsen er det blitt foretatt målinger av kvikksølvmengden i luften på 15 tannklinikker i Oslo i november-desember 1973.

I tillegg til luftmålingene ble også urinprøver og blodprøver fra ansatte tannleger (n = 22) og tannlegeassistenter (n = 33) kontrollert. Det ble også foretatt en oversikt over arbeidsrutinen og arbeidshygiene på disse tannlegekontorer.

Luftmålingene ble utført med kvikksølvmonitor av type Mercury Vapor Sniffer, modell MV-2 fra Bacherach, hvor konsentrasjoner kan avleses direkte i  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Kvikksølvdampekonsentrasjonen som ble målt i luften, varierte fra 0,00 til 0,40  $\text{mg}/\text{m}^3$ . De høyeste verdiene ble kontrollert ved nye målinger ved senere besøk.

Ser en bort fra et kontor som skilte seg ut med den høyeste verdi (0,40  $\text{mg}/\text{m}^3$ ), fant en et gjennomsnitt på 0,028  $\text{mg}/\text{m}^3$  og variasjonsbredde fra 0,00 til 0,08  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Det vil si at hovedmengden av målingene (80-90%) lå under den amerikanske grenseverdi (TLV) for kvikksølv damp på 0,05  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Kvikksølvverdiene varierte lite innenfor et enkelt tannlegekontor, men kunne vise større variasjoner ved ulike besøk på samme kontor.

Det skulle indikere at dersom det først søles med kvikksølv, sprer denne seg rundt i hele lokalet. De høyeste verdier kunne en observere ved silbrinoppvarming utført over åpen flamme i reagensrør.

Gjennomsnittet av samtlige urinprøver i undersøkelsen var 22  $\mu\text{g}$  Hg/l med variasjonsbredde 1 til 82  $\mu\text{g}$  Hg/l.

Den gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjonen i blod var 7 ng/g fullblod og en variasjonsbredde 1 til 21 ng/g.

Det var kun 1 av de 23 tannlegene og 4 av de 33 klinikk-assistentene som viste urinverdier over 50  $\mu\text{g}$  Hg/l urin.

Dette stemmer med våre senere undersøkelser fra 1975 og 1976 at det er ca. 10% av de undersøkte som viser verdier over 50  $\mu\text{g}$  Hg/l urin.

Det var spesielt når kobberamalgam (sibrin) ble oppvarmet i åpen flamme at en fant høye korttidseksponeringer med målinger over 1,0 mg Hg/m<sup>3</sup>. Det må sies at slikt arbeid uten bruk av adekvate avsugsinnretninger, er yrkeshygienisk uakseptabelt.

En arbeidsmetode som å holde amalgam-massen plastisk ved å klemme den direkte i håndflaten og presse ut overskytende kvikksølv, er meget uheldig arbeidshygiene. Det er kjent at kvikksølv kan opptas gjennom hud.

Undersøkelsen konkluderer med at det ikke foreligger fare for alvorlig kvikksølvforgiftning på de 15 undersøkte tannklinikker, selv om kvikksølvkonsentrasjonen i enkelte klinikker var for høy.



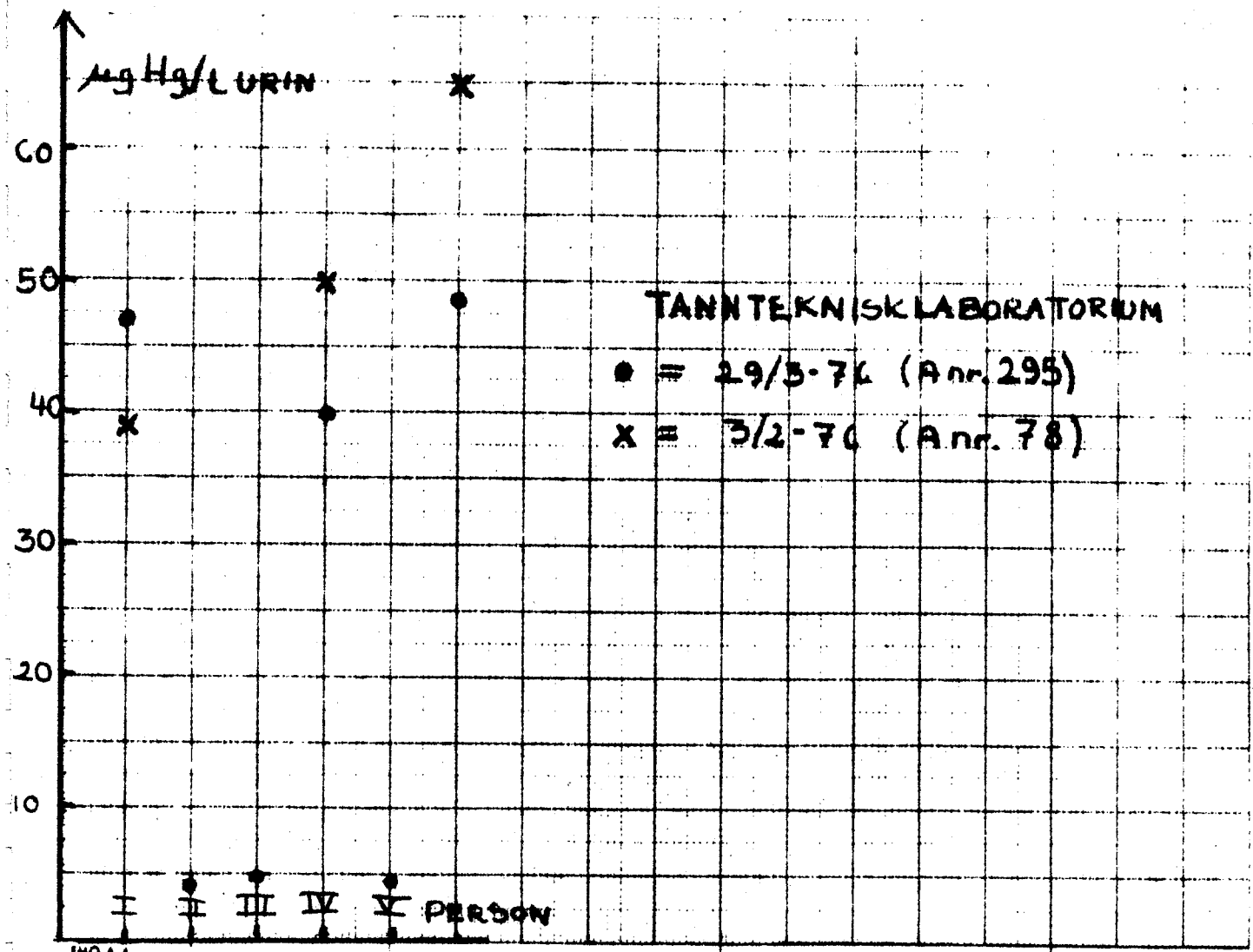
### TANNTÉKNISKE LABORATORIER

I følgende figur er gitt verdiene for personell ved et tannteknisk laboratorium.

Som en ser viser resultatene verdier som tyder på en kvikksølveksponering over det vi vanligvis finner hos tannlegepersonell.

Gjentatt kontroll etter ca. 2 måneder viser fortsatt omtrent samme nivå i urinprøvene for disse personer.

Dette er i overensstemmelse med de opplysninger en har fått fra tannteknikere, at på slike verksteder er yrkeshygieniske forhold ved arbeid med kvikksølv flere steder ikke tilfredsstillende.



RAPPORTERTE KVIKKSØLVUNDERSØKELSER

Det er aktuelt å sammenlikne våre resultater med andres undersøkelser av tilsvarende type.

I en undersøkelse av 50 tannlegekontorer fant Joselow et al (1968) en gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon på  $0,020 \text{ mg/m}^3$  med variasjon fra  $0,002$  til  $0,160 \text{ mg/m}^3$ .

Gronka et al (1970) fant for 50 tannlegekontorer et snitt på  $0,027 \text{ mg/m}^3$ .

Buchwald et al (1972) fant at konsentrasjonen av kvikksølv-damp i 22 av 23 undersøkte tannlegekontorer ikke overskred  $0,055 \text{ mg/m}^3$  i luften.

Buchwald, H.: Exposure of Dental Workers to Mercury,  
American Industrial Hygiene Ass. J., 33:492, 1972.

Gronka, P.A., Bobkoskie, R.L. et al: Mercury Vapor Exposures  
in dental Offices, J.Amer.Dent.Ass., 81:923, 1970.

Joselow, M.M. & Goldwater, L.J. et al: Absorption and Excretion  
of Mercury in Man. XV Occupational Exposure  
among Dentists, Arch. Environ.Health, 17:39, 1968.

I Journal of the Am. Dent. Ass. har kvikksølvproblematikken blitt omhandlet en rekke ganger, og en skal derfor gi en oversikt over endel av disse artiklene.

I JADA 89 (1974) p. 901 gis et konsentrat av rapporterte kvikksølvundersøkelser i tannlegekontorer. Resultatene er gitt i følgende oversiktstabeller fra artikkelen.

**Table 1 • State mercury surveys, vapor detection.**

State, year, type, and extent of survey	% personnel or offices exposed to Hg vapor levels of		
	< 0.05 mg/m <sup>3</sup> *	> 0.05 mg/m <sup>3</sup> < 0.10 mg/m <sup>3</sup>	> 0.10 mg/m <sup>3</sup>
Maryland, 1971 vapor detection, 62 offices, 93 dentists, and 200 assistants	Dentists	86	14
	Assistants	84	16
Massachusetts, 1970-1971, vapor detection 77 dentists, and 68 assistants	< 0.05 mg/m <sup>3</sup>	≥ 0.05 < 0.10 mg/m <sup>3</sup>	≥ 0.10 mg/m <sup>3</sup>
	At breathing level		
	78.0	14.2	7.8
	At floor level		
67.5	19.5	13.0	
Minnesota, 1971, vapor detection 128 offices	≤ 0.05 mg/m <sup>3</sup>	> 0.05 mg/m <sup>3</sup>	> 0.10 mg/m <sup>3</sup>
	At breathing level		
	87.5	12.5	4.7
	At floor level		
74.2	25.8	8.6	
South Carolina, 1970, vapor detection 49 offices	< 0.05 mg/m <sup>3</sup>	≥ 0.05 mg/m <sup>3</sup>	
	84	16	
Pennsylvania, 1970, vapor detection 59 offices, and 98 total personnel	< 0.05 mg/m <sup>3</sup>	≥ 0.05 mg/m <sup>3</sup>	> 0.10 mg/m <sup>3</sup>
	80	20	10
Texas, 1972-1973 vapor detection 60 offices	≤ 0.05 mg/m <sup>3</sup>	> 0.05 mg/m <sup>3</sup>	> 0.10 mg/m <sup>3</sup>
	90	10	0

\* The value of 0.05 mg Hg/m<sup>3</sup> of air is the TLV for airborne mercury vapor  
† Values are averages with 37% of offices exceeding 0.05 mg Hg/m<sup>3</sup> at various observations.

Symbols:

- < means less than
- ≤ means equal to or less than
- > means greater than
- ≥ means equal to or greater than.

Undersøkelsene fra en rekke amerikanske stater viser overskridelse av TLV-verdien på 0,05 mg Hg/m<sup>3</sup> på en rekke tannlegekontorer. Overskridelsene ligger i området 10 til 20%. Som normalverdi for kvikksølv i urin, opererer de med 0,015 mg Hg/l og som grenseverdi 0,15 mg Hg/l. 4% av tannlegene og 11% av assistentene viste urinverdier over grenseverdien i en av undersøkelsene.

I artikkelen "Mercury: Its relation to the dentist's health and dental practice characteristics" av G.C. Bahistone et al (JADA 92 (1976) p. 1182-1188) hvor over 1.500 tannleger er blitt undersøkt, var det ingen sammenheng mellom kvikksølvinnholdet i blod og tannlegepraksis og kliniske data.

I snitt fant de 8,2 ng Hg/ml blod, og kun ca. 1% med verdier over 30 ng Hg/ml. Den yrkeshygieniske grense på 0,05 mg Hg/m<sup>3</sup> skulle på gruppebasis tilsvare ca. 30-40 ng Hg/ml blod, og dette stemmer med deres konklusjon om at tannleger i USA utøver god arbeidshygiene ved bruk av kvikksølv.

I neste artikkel: "Mercury toxicity in the Dental office; a neglected problem" av D.G. Mantyla (JADA 92 (1976)p.1189-94) påpekes at det er kjent at kvikksølvforgiftninger har forekommet hos tannlegepersonell, men at det kun må anses som enkelttilfeller som vil unngås ved skikkelig yrkeshygiene.

I artikkelen: "The silent hazard: an unusual case of mercury contamination of a dental suite" av L.D. Pagnotto (JADA 92 (1976) p. 1195-98) er det rapportert at ved rengjøring med støvsuger etter hørverk på et tannlegekontor hvor ca. 10 kg kvikksølv ble spredd utover, fant en høye utskillelser av kvikksølv i urin hos personalet lenge etter rengjøringen. Dette var ikke annet enn det en måtte forvente når store kvikksølvmengder samles opp med støvsuger, de toksiske kvikksølvdamperne vil ikke fanges opp av støvsugeren, men blåses igjennom.

I neste artikkel: "The mercury enigma in dentistry" av W.B. Eames et al (JADA 92 (1976) p. 1199-1203) rapporteres som tidligere kjent, at den viktigste faktor til høye kvikksølvdampekonsentrasjoner i luften er kvikksølv-søl.

I artikkelen: "Development of mercury hypersensitivity among dental students" av R.R. White (JADA 92 (1976) p. 1204-07) ble det funnet en økning av antall overfølsomhet for kvikksølv i løpet av tannlegestudiet, og kontaktdermatitis må sies å være et yrkeshygienisk problem i tillegg til den kjente risiko som kvikksølvdampeksposering kan være.

I en artikkel av W.A. Ayer et al: "Hand steadiness and mercury blood levels among practicing dentists: preliminary findings (JADA 92 (75) p. 1208-10): Håndskjelvingen som ble målt, økte med alderen (som ventet), men kunne ikke korreleres med kvikksølvinnholdet i blod. Dette var også ventet ut fra at høyeste B-Hg verdi var ca. 60 ng Hg/ml blod.

I **siste** artikkel om kvikksølv i juninummeret: "Usefulness of chemical analysis of head hair for exposure to mercury" av J.J. Hefferes (JADA 92 (76) p. 1213-16) angis at kvikksølv i hår er en indikerende og ikke et absolutt mål for kvikksølvopptak hos tannlegepersonell.

Håranalyse er med hell benyttet for en retrospektive undersøkelse av kvikksølvinntak av Clarkson et al (1972) i forbindelse med kvikksølvforgiftningskatastrofen i Irak. For rutinekontroll av kvikksølveksponering hos tannlegepersonell er urinanalyse å foretrekke.

Clarkson, T.W. et al: Methylmercury Poisoning in Iraq,  
Science, 181:230, 1972.

Resultater fremlagt på internasjonal symposium om klinisk kjemi og kjemisk toksikologi av metaller (Monte Carlo mars-77) av G. Lindstedt; "Mercury in Blood and Urine from Chlorine-Alkali Workers Compared to individual Exposure", viste god korrelasjon mellom kvikksølveksponering og blodverdiene ( $r = 0,93$ ), og dataene indikerte at TLV ( $0.05 \text{ mg/m}^3$ ) tilsvarte ca.  $30 \text{ ng Hg/g}$  blod.

Korrelasjonen med urinverdiene var mindre god, men det ble ikke benyttet konsentrasjons"korrigering" som kreatinin.

I en annen fremlagt undersøkelse fra tannlegekontorer av G.C. Battistone et al; "Mercury as an occupational hazard in the practice of dentistry", hvor over 2000 tannleger inngikk, viste at sivile tannleger hadde 25% over  $20 \text{ ng/ml}$  blod og  $20 \mu\text{g/l}$  urin, mens en ved militære tannlegeklinikker fant ca. 50% av verdiene over disse grensene og 10% med urinverdier over  $60 \mu\text{g/l}$ , men kun 2% av de sivile tannlegene hadde så høye urinverdier.

I militære tannklinikker hadde en store rom med over 10 stoler, dette viste seg lite yrkeshygienisk tilfredsstillende.

En fant også høyere verdier der gulvbelegget var uheldig utformet m.h.p. kvikksølvkontaminering.

Resultater rapportert fra Japan viste høye urinverdier hos eksponerte kvikksølvarbeidere, snitt over  $400 \mu\text{g/l}$ , og selv for ueksponerte (?) fant de snitt på  $120 \mu\text{g/l}$ . Dette må ut fra den yrkeshygieniske standard i skandinavia sies å være uakseptabelt.

En amerikansk undersøkelse av R. Henderson et al fra Olin Corp.: "Effects of industrial mercury exposure on urinary mercury, EMG and psychomotor functions", viste svake, statistisk signifikante forandringer i deres skjelving og EMG frekvensspekter. Effektene var ikke kliniske, og de var reversible. Dette ble først observert for personer med Hg-U verdier over ca.  $400 \mu\text{g/l}$  urin.

I et oversiktsforedrag av T.W. Clarkson om kvikksølvfor-  
giftning, ble det angitt at den laveste blodverdi som var  
satt i forbindelse med forgiftning av metylkvikksølv, var  
i området 200-400 ng Hg/ml.

Ut fra den anbefalte TLV verdi på 0.05 mg/m<sup>3</sup> for kvikksølv-  
damp skulle på gruppebasis tilsvare omkring 35 ng Hg/ml  
blod og urinkonsentrasjon på 150 µg Hg/l.

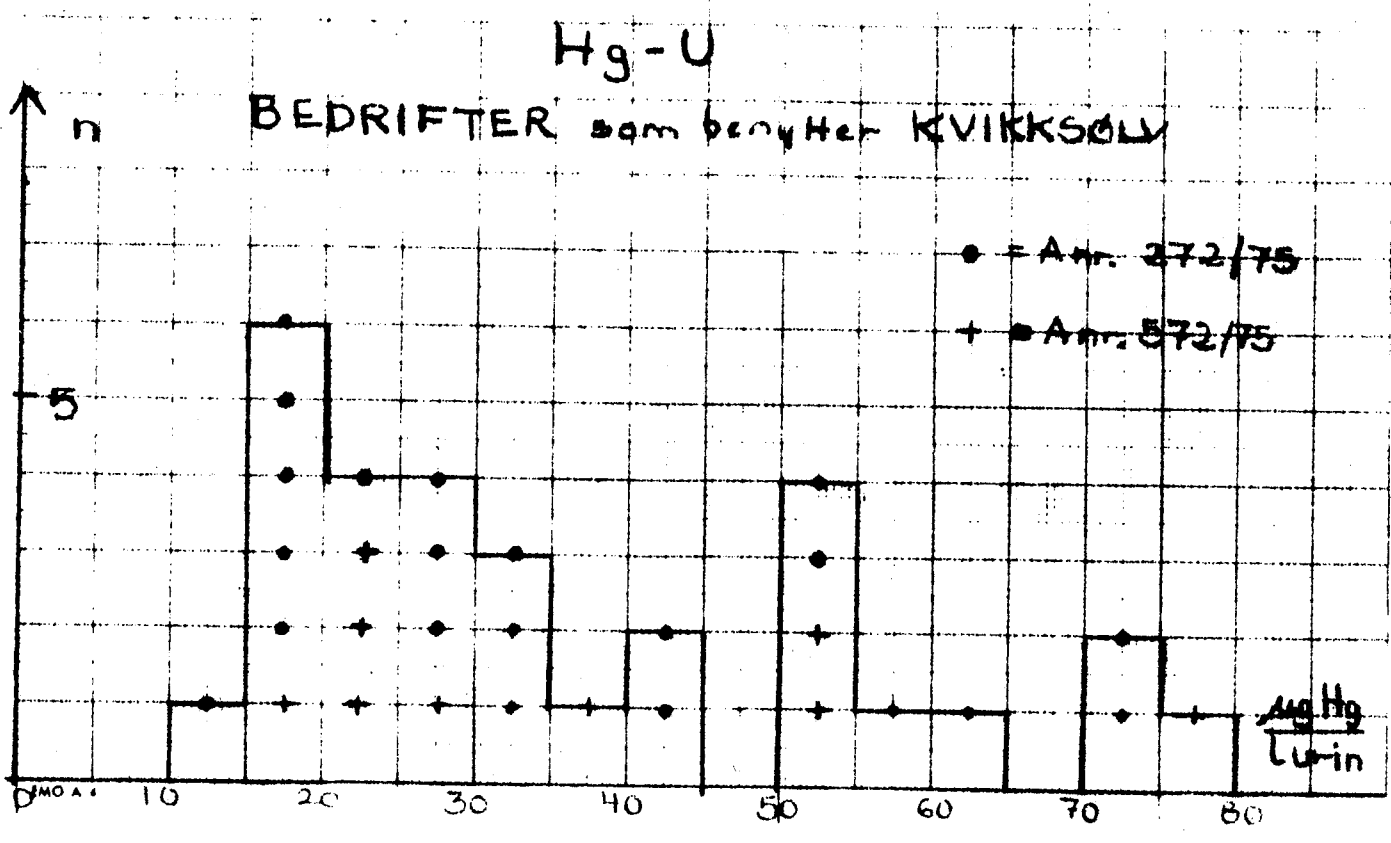
En artikkel av Lauwerys et al "Occupational Exposure to  
Mercury Vapors and Biological Action" i Arch. Environ. Health  
27, 1973 p 65, angir at TLV på 0.05 mg/m<sup>3</sup> tilsvare en urin-  
verdi "probably closer to 50 µg/l than 100 µg/l".

I en lengere artikkelserie av G. Bell et al fra Journ. of  
Occupational Medicine 15, 1973, "Mercury Exposure Evaluations  
and Their Correlation with Urine Mercury Excretions" finner de  
omtrent 1:1 luft/urin forhold (mg/m<sup>3</sup> til mg/l).

Disse forhold mellom luft og urinverdier ved kvikksølv-  
eksponering stemmer godt med de samlede resultater fra  
Borregaard fabrikker. Statistisk beregning av analysedataene  
derfra indikerer at 0.05 mg Hg/m<sup>3</sup> skulle tilsvare omtrent  
75 µg/l i snitt på gruppebasis.

BEDRIFTER SOM BENYTTET KVIKKSØLV

Det er i rutinekontrollen foretatt kvikksølvbestemmelse i urin fra arbeidere i industri som benytter metallisk kvikksølv i produksjonen. Resultatene (1975) fra to slike bedrifter er vist i følgende figur:



En finner her høyere verdier enn hva som er vanlig på tannlegekontorer.

Alle verdiene ligger under 100 µg Hg/l og skulle ikke gi grunn til spesielle bemerkninger utover at en prinsipielt bør prøve å minske kvikksølveksponering mest mulig.

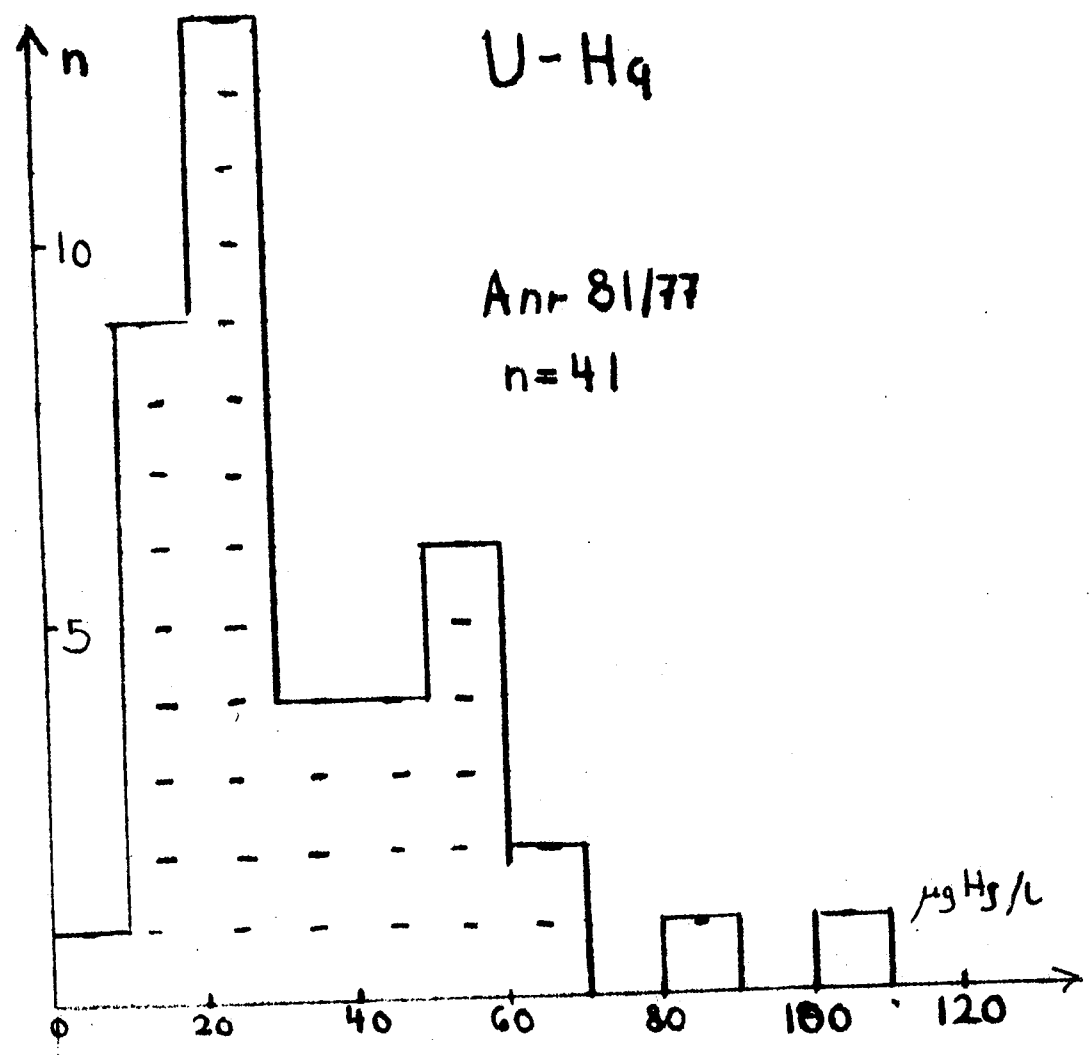


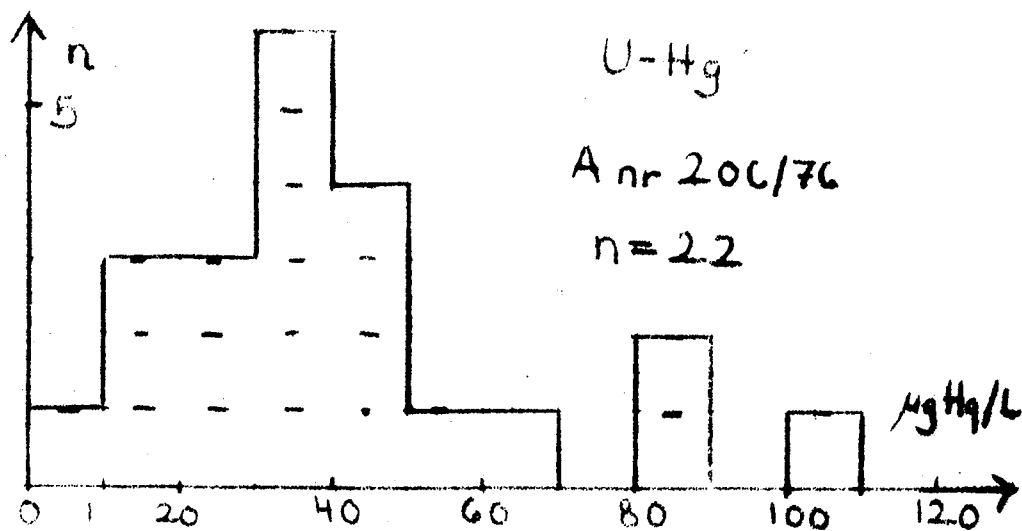
# K L O R - A L K A L I f a b r i k k e r

I en norsk kloralkalifabrikk har instituttet utført urin-analyser siden 1962.

I fabrikkens produseres klor og natriumhydroksyd ved elektrolytisk spaltning av natriumklorid ved hjelp av kvikksølv og grafitelektroder. På grunn av produksjonsprosessen vil det alltid være en viss risiko for eksposisjon overfor metallisk kvikksølv i produksjonslokalene, spesielt i sellesalen, der prosessen foregår.

Ved denne bedrift foretas fortsatt kvartalsmessig kontroll av sellesalsarbeiderene ved urinalyse. Resultatene fra et par slike kontrollserier for 1976 er vist i følgende histogram.





En ser som ventet, at kvikksølvutskillelsen er vesentlig høyere enn det vi finner hos tannlegepersonell. Det er samme person i begge seriene som viser verdier over 100  $\mu\text{g Hg/l}$ . Han er formann, og det er en yrkesgruppe som kan være mer eksponert enn øvrige arbeidere, da de er opptatt med driftsproblemer hvor muligheten for kvikksølveksponering er større enn ved normal drift.

For disse to seriene ligger gruppesnittet omkring 30  $\mu\text{g Hg/l}$ . For begge seriene er det 25% av verdiene som ligger over 50  $\mu\text{g Hg/l}$ .

Med unntak av den nevnte formann, er det ytterst få verdier i 1976 som ligger over 100  $\mu\text{g Hg/l}$ , og totalt sett ligger alle verdiene under 200  $\mu\text{g Hg/l}$ .

Det ser ut til at en har kommet ned til et nedre nivå for denne bedriftstype. En har hatt enkelte perioder med noe høyere kvikksølveksponeringer de senere år. Disse har hatt direkte sammenheng med utbedring og nyarbeide i fabrikk for å redusere utslippene til arbeidsatmosfæren, luft og vann.

Dette har vært omlegging av gulv og ombygging av kloakksystemet.

Resultatene indikerer at det er kun for enkeltpersoner og spesielle perioder at urinverdiene er høyere enn 100  $\mu\text{g}$  Hg/l ved denne fabrikk.

Ved Norges andre klor-alkali fabrikk foretas kontroll og måling av luft og analyse av biologiske prøver av bedriftens eget personell.

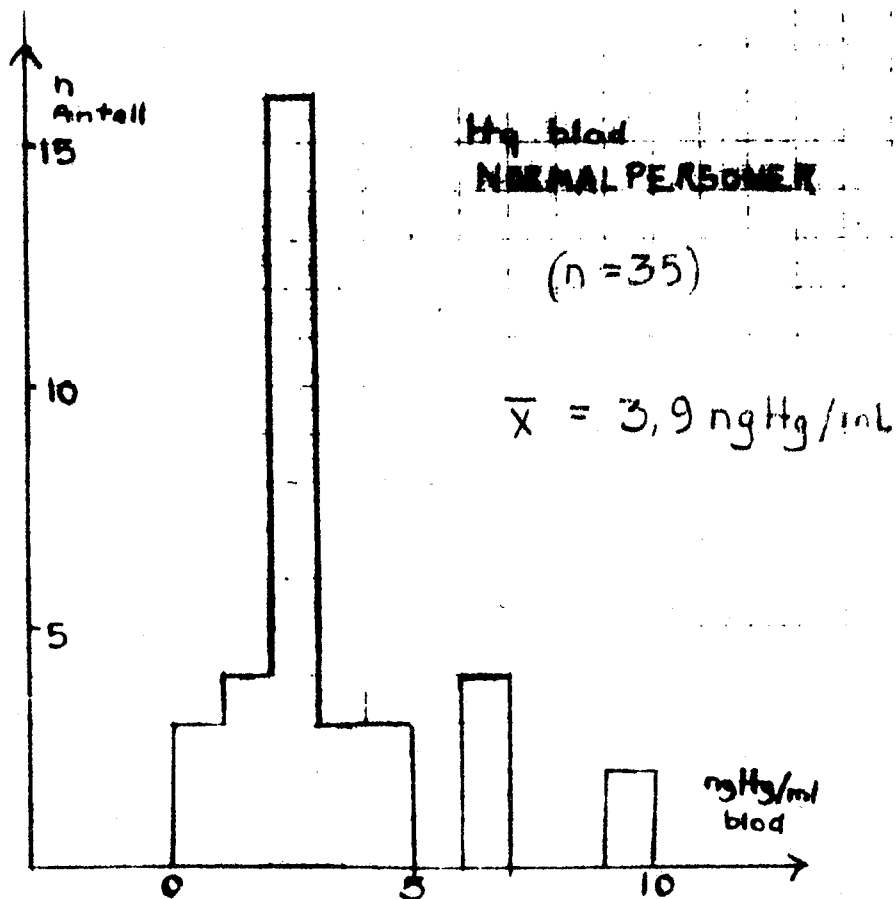
Yrkeshygienisk institutt har ingen nærmere kjennskap til nivået av kvikksølvinnholdet i urinprøver hos arbeideren på celledalen ved denne bedrift, og de retningslinjer som benyttes for vurdering av resultatene.

## F I S K E S P I S E R E

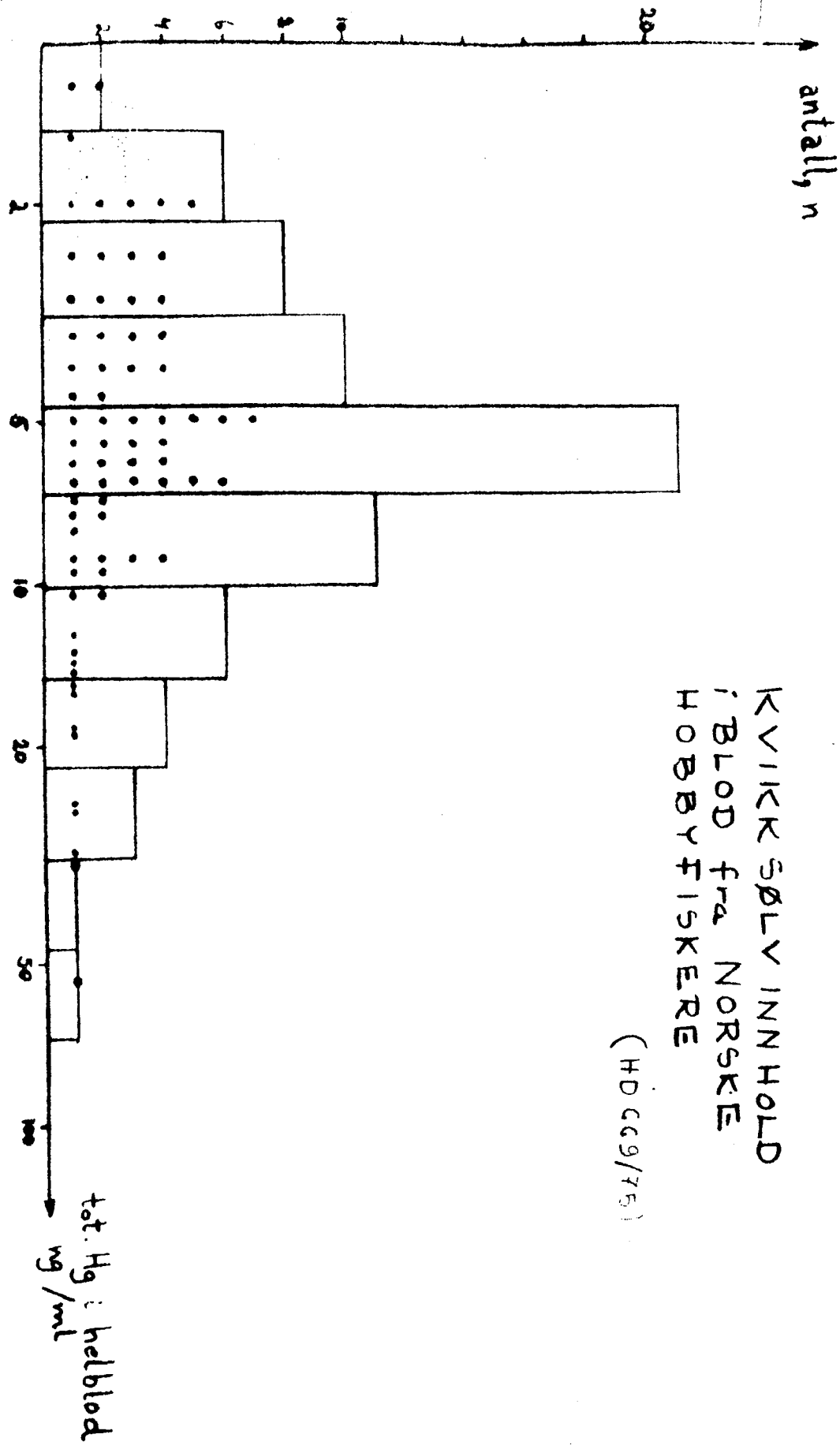
Ved instituttet har det i 1974-75 blitt foretatt en kartlegging av kvikksølvinnholdet i blod fra hobbyfiskere. Resultatene av undersøkelsen er gitt i yrkeshygienisk rapport "Undersøkelse av kvikksølvinnhold i blod fra Norske Hobbyfiskere" av Ulf Ebbestad, Nils Gundersen (HD 669/75). De funne blodverdier var vesentlig lavere enn rapporterte svenske blodverdier hos fiskespisere.

Vi kunne konkludere med at ved moderat fiskekonsum skulle ikke kvikksølvinntaket ha noen helsemessig betydning for de aller fleste norske hobbyfiskere. Resultatene for kontrollgruppen og hobbyfiskerene er vist i følgende figur. Dersom de høyere kvikksølvverdiene hos hobbyfiskerene, 20-50 ng Hg/ml, skulle komme fra eksponering for uorganisk eller metallisk kvikksølv, ville det tilsvare en eksponering omkring og over den yrkeshygieniske grensen på 0,05 mg/m<sup>3</sup>.

Dette forhold med økt kvikksølvinnhold i blod ved fiskekonsum gjør at kontroll av kvikksølv i blod hos personer yrkesmessig eksponert for uorganisk kvikksølv, er mindre egnet enn analyse av urinprøver.



KVIKK SØLV INNHold  
 i BLOD fra NORske  
 HOBBY FISKERE  
 (HD 669/75)



OPPFØLGERE AV KVIKKSØLV-  
UTSKILLELSE OVER TID

Ved instituttet har en kontrollert blod-og urinnivået m.h.p. kvikksølv fra en person som hadde benyttet et kvikksølvholdig hudpreparat (salve).

En skal her kun redegjøre for de analytiske resultater.

Resultatene fra urinprøvene tatt fra personen over flere måneder er vist i vedlagte figur.

En ser at en har store variasjoner over tid av kvikksølv i urinen.

En ser videre at disse henger sammen med variasjon i kreatininverdien.

For pasienten ble det også tatt blodprøver. En ser her at nivåverdiene synker jevnt over tid.

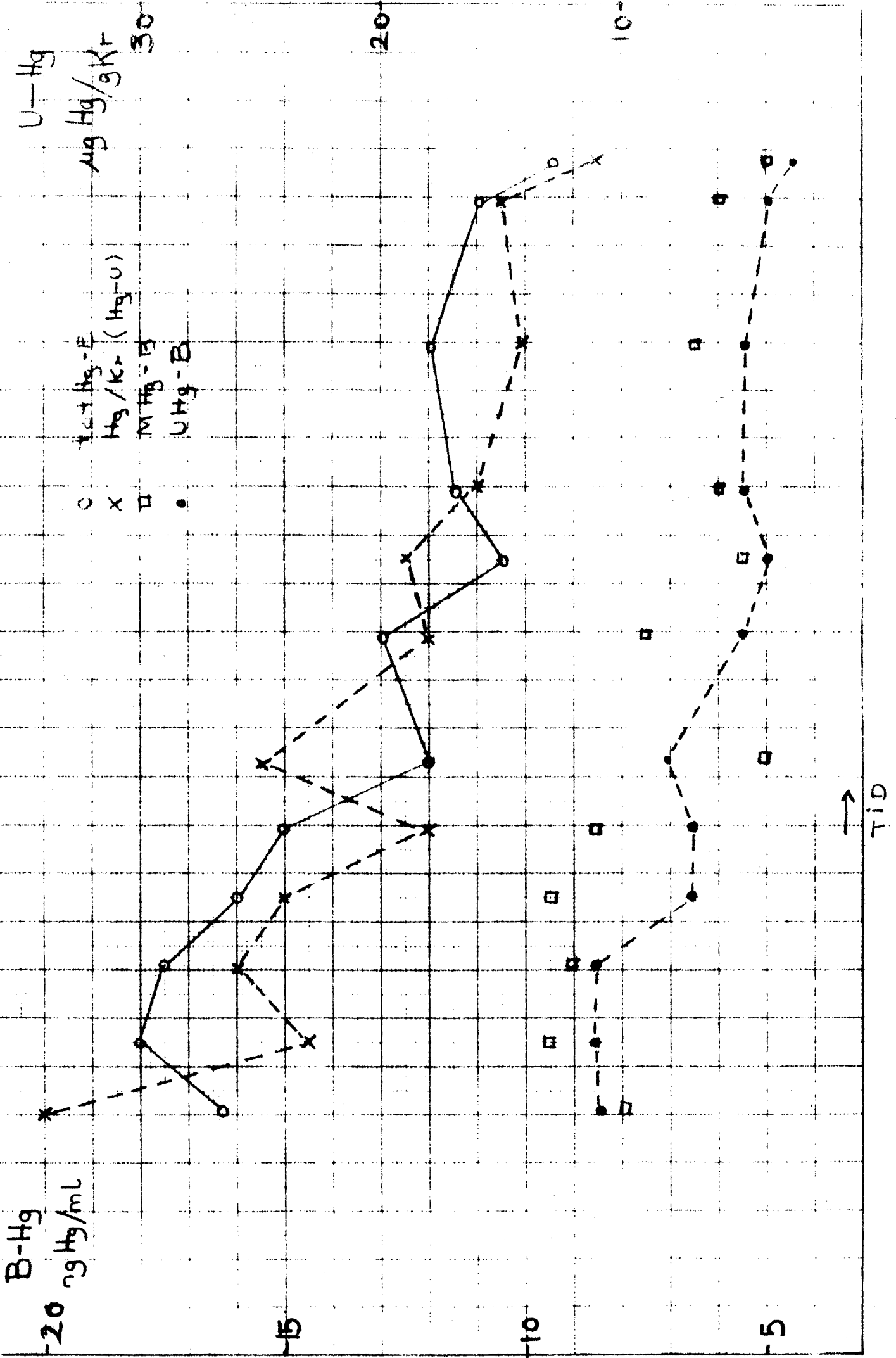
I en artikkel av L. Friberg; "On the value of measuring mercury and cadmium concentrations in urine", rapporteres også store variasjoner i urinverdier etter en høy kvikksølv-eksponering.

Han påpeker at urinutskillelsen av Hg varierer sterkt fra dag til dag og måned til måned, og også på ulike tider for samme dag. Men i denne artikkel er det ikke blitt bestemt kreatinininnholdet i enkeltprøvene.

Fremstilles resultatene av Hg i urin pr. gram kreatinin, får vi god overensstemmelse med det totale kvikksølvnivå i blodprøvene.

I blodprøvene ble både uorganisk- og metylkvikksølv bestemt. Resultatene tyder på at en får enda bedre sammenheng mellom de uorganiske kvikksølvverdiene i blod og kvikksølvutskillelsen i urin.





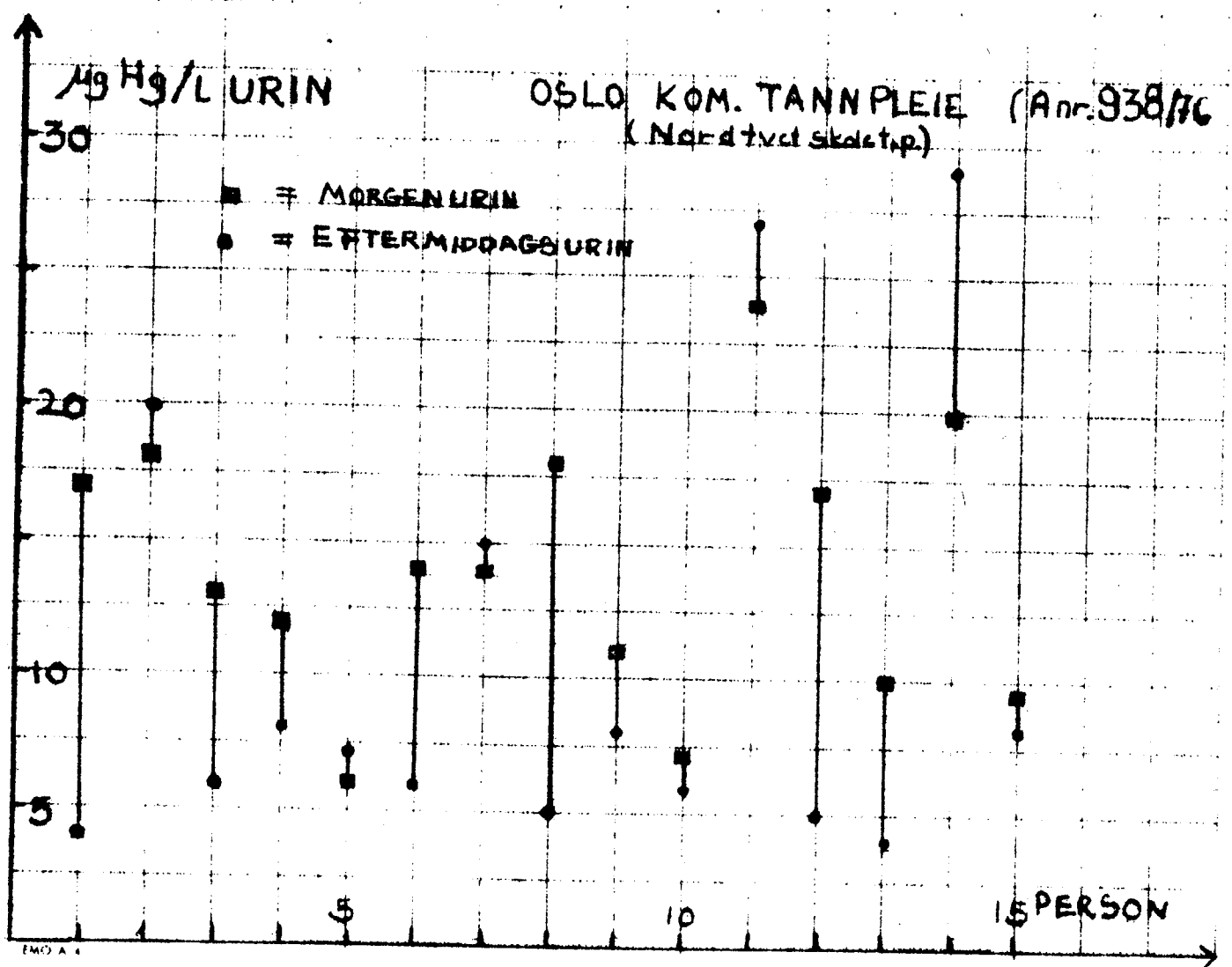


I vår rutinekontroll av kvikksølveksponerte tannleger bestemmes i en morgen- og en ettermiddagsurinprøve.

En har benyttet to prøver for å kompensere for døgnvariasjoner. I følgende figur er vist resultatene for en tilfeldig analyse-serie fra et tannlegekontor.

En ser at en har store variasjoner hos en enkelt person. Med unntak for 2 av de 15 personprøver, er variasjonen for enkelt-person (intrapersonvariasjonen) av samme størrelse som for gruppen (interpersonvariasjonen).

En ser videre at det er en tydelig tendens av at morgenurinen viser høyest verdi i denne serie. Det omvendte forhold ser en hos de personer med forhøyede verdier.



## SAMMENDRAG og KONKLUSJONER

Til rutinekontroll av kvikksølveksponerte benyttes ved Yrkeshygienisk institutt urinprøver for analyse av kvikksølv. Ved bestemmelse av kreatinininnholdet vil det være tilstrekkelig med en urinprøve fra hver person.

Hos ikke-yrkeseksponerte finner vi vanligvis verdier under 20 mikrogram pr. liter urin ( $\mu\text{g/l}$ ).

Høyere verdier i urinen er vanligvis uttrykk for yrkeseksponering.

Den anbefalte yrkeshygieniske grenseverdi for kvikksølv i luft er  $0,05 \text{ mg/m}^3$ .

En eksponering omkring den verdi skulle tilsvare 50 - 100  $\mu\text{g/l}$  urin.

Vi vil presisere at kvikksølvanalysene i urinen kan benyttes til å vurdere 2 forhold.

1. Eksponeringsgraden, arbeidsmiljøets kvalitet.
2. Vurdering av helserisiko, risiko for toksiske symptomer.

Kvikksølvanalyse av blodet er i praksis noe vanskeligere å benytte som rutinemetode, og metoden som sådan gir neppe informasjoner av vesentlig større betydning enn kvikksølvutskillelsen i urinen. En forutsetning er da at personer med høye verdier i urinen, kontrolleres etter relativt kort tid og at det blir foretatt en yrkesmedisinsk vurdering av den enkelte.

Sammenstilling av våre undersøkelser av TANNLEGEPERSONELL viser at ca. 90% av urinverdiene ligger under 50  $\mu\text{g/l}$ .

Ved enkelte TANNTEKNISKE LABORATORIER og BEDRIFTER som benytter kvikksølv, er urinverdiene høyere enn hva vi finner hos tannlegepersonell, men de aller fleste verdier under 100  $\mu\text{g/l}$ .

For ansatte på KLOR-ALKALI-fabrikk er det sjelden at vi idag finner verdier over 100  $\mu\text{g/l}$ .

Våre undersøkelser viser at kvikksølvinnholdet i en tilfeldig urinprøve gir mindre individuell variasjon ved å korrigere for utskilt mengde kreatinin i urinen.

FISKEPISERE vil kunne ha forhøyet kvikksølvinnhold i blod (metylkvikksølv) fra kvikksølvkontaminert fisk. Vi har ikke funnet så høye blod-verdier her i Norge at en skulle anta at det kan gi opphav til kvikksølvforgiftninger.

En kan konkludere med at urinverdier opp til ca. 50  $\mu\text{g}$  Hg/l urin kan benyttes som en praktisk øvre biologisk grense.

Urinverdier under dette nivå og normalt kreatinininnhold skulle indikere at det foreligger kvikksølveksponering som ikke skulle gi grunn til yrkeshygienisk bemerkning. Denne vurdering betyr ikke at personenes arbeidsmiljø nødvendigvis er tilfredsstillende.

For urinverdier høyere enn ca. 50  $\mu\text{g}$  Hg/l urin bør det tas fornyet kontrollprøver.

Ut fra de krav en idag vil kunne sette til arbeidsmiljøet, må en regne at kvikksølveksponering som gir opphav til urinverdier omkring 100-200  $\mu\text{g}$ /l urin, er yrkeshygienisk uakseptable og skulle gi anmodning om at vedkommende tas vekk fra det kvikksølveksponerte arbeid. Arbeidsforholdene og arbeidshygienen bør utbedres før vedkommende blir tatt inn i slikt arbeid igjen.

Det anbefales at for alle som er i kontakt med uorganisk kvikksølv i sitt arbeid, tas det minst en kontrollanalyse av en urinprøve pr. år. Ved rutineanalysen av kvikksølv bestemmes også kreatinininnholdet.

Som et ledd i den totale overvåking av de kvikksølveksponerte, og som et ledd i gjennomføring av preventive tiltak, vil vi anbefale følgende:

Arbeidsplassene til de personer som ligger over 50 mikrogram pr. liter urin, bør inspiseres. Hvorfor er disse personene sterkere eksponert enn resten av gruppen? På hvilken måte bruker de kvikksølv på arbeidsplassen?

Foreligger det risiko for kvikksølveksponering? Personlig hygiene? Det er viktig å studere hvilke muligheter for eksponering som foreligger på arbeidsplassen.

Målet for de forebyggende tiltak mot kvikksølveksponering bør være 0-eksponering.