

NILU TR: 1/91

NILU TR :1/91
REFERANSE : E-8713
DATO : JANUAR 1991
ISBN : 82-425-0180-7

Utprøving av beisemetoder for metaller

T. Ofstad



NILU

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
Norwegian Institute For Air Research
POSTBOKS 64 — N-2001 LILLESTRØM — NORWAY

INNHold

	Side
SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING	5
2 ARBEIDSPLAN	5
3 TILLAGING AV PRØVER	7
4 GJENNOMFØRING	8
5 RESULTATER	10
6 TOLKNING AV RESULTATENE	13
7 ANBEFALINGER	15
VEDLEGG A: Tabeller	17
VEDLEGG B: Figurer	29

SAMMENDRAG

Denne rapporten har som målsetting å bestemme hvilken av de to beiseprosedyrene vi benytter på NILU som er best egnet. De to forskjellige beisemetodene er definert i ISO (International Organization for Standardization) og ASTM (American Society for Testing and Materials). Forskjellen i effektene kan bl.a. være angrep på basismetallet. Dette er ikke ønskelig, fordi det gir usikre vekttapstall.

Konklusjonene på bakgrunn av denne rapporten ble at vi valgte:

For Cu: ASTM-standarden

For Al: ISO-standarden

For Zn: ASTM-standarden

For Fe: ASTM-standarden

UTPRØVING AV BEISEMETODER FOR METALLER

1 INNLEDNING

For å bestemme korrosjonshastigheten for bruksmetaller som jern/stål (Fe), kobber (Cu), sink (Zn) og aluminium (Al), settes det ut plater av metallene til eksponering på forskjellige steder i Norge. Korrosjon er angrep på metallet, som for eksempel rust.

Korrosjonshastighet beregnes på bakgrunn av vekttap som vi finner ved å fjerne korrosjonsproduktet (beise) etter eksponeringen, dvs. vekttap bestemmes som differansen mellom vekten før eksponering og etter beising.

Ved NILU benyttes to forskjellige standard beisemetoder, en ISO-beis (ISO: International Organization for Standardization) og en ASTM-beis (ASTM: American Society for Testing and Materials) for hvert av metallene (se tabell 1). Vi ønsker i denne undersøkelsen å se på de forskjellige beisenes egenskaper for å finne hvilken som er å foretrekke, og hvilken beis som har lengst "levetid".

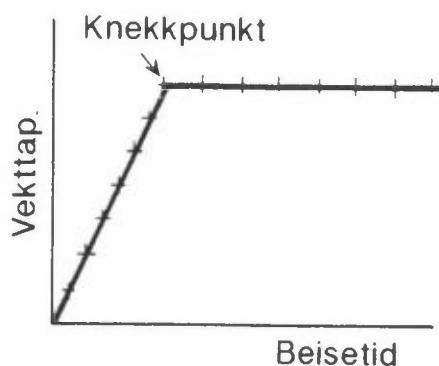
2 ARBEIDSPLAN

Følgende arbeidsoppgaver ble definert for prosjektet:

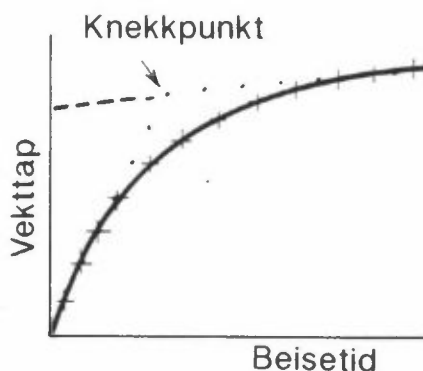
1. Utføre vekttapsmålinger på prøver av alle de nevnte bruksmetallene eksponert i klimaskap eller i felt. Begge beisemetodene, ISO og ASTM, skal anvendes.
2. Vurdere forskjellen mellom ISO- og ASTM-standardenes metoder ved å plote vekttapene (se illustrasjon side 4). Metoden består i å beise prøvene flere ganger, plote vekttapet, trekke tangentene til kurven ved start og ved avslutning av beisetiden. Skjæringspunktet = knekkpunktet

gir det mest riktige vekttap. Tangenten fra 0 kan være vanskelig å definere, og et tilnærmet riktig resultat oppnås ved å benytte tangenten ved avsluttet beisetid forlenget tilbake til Y-aksen.

Den ideelle kurven burde vise:



men siden beisene også angriper basismetallet, blir kurvene f.eks.:



En ser at linjen fortsetter å stige etter knekkpunktet, dvs. her får vi videre vekttap etter at korrosjonsproduktet er fjernet. Beisen har altså angrepet basismetallet. En antar at den prosessen også foregår mens beisen fjerner korrosjonsproduktet. Ved å ekstrapolere linjen fra knekkpunktet til Y-aksen og avlese vekttapet der, har en tatt hensyn til den effekten.

3. Undersøke om fargeforskjellen på beisene før og etter bruk kan brukes til å definere når beisene bør skiftes. Dette er spesielt interessant for ASTM-beisen for stål: Clarks-løsning. Se tabell 1.

4. Clarks-løsning blir dårligere (angriper basismetallet) etter hvert. For å se om det skyldes helt eller delvis forbruk av inhibitorer, tilsette mer av inhibitoren tinnklorid for å se om det blir en forbedring.
5. For å undersøke de to stålbeisenes angrep på basismetallet ble ueksponerte plater og slipte plater beiset enten i Clarks-løsning eller etter ISO-standard. Eventuelle vekttap ble bestemt etter ulike beisetider.
6. For å undersøke hvor mye beisene angriper eksponerte plater etter at korrosjonsproduktet er fjernet, ble ferdig beisete plater beiset videre for å måle eventuelt ytterligere vekttap.

3 TILLAGING AV PRØVER

Det ble satt ut prøver på Borregaard (Sarpsborg), et sterkt forurenset industrimiljø, i klimaskapet og i salttåkekammeret, for å danne korrosjonsprodukter på metallplatene både kunstig og "naturlig". Prøvene på Borregaard (10x15 cm) ble eksponert i henholdsvis 3 måneder og 1 år.

I klimaskapet ble det benyttet små plater (10x7,5 cm). Eksponeringsforholdet i skapet var 5 døgn med 85% RH i 25°C, 2 400 µg SO₂/m³, og med et "regnvær" på ett minutt pr. døgn. Så opptørking i 2 døgn med 25°C og 30% RH. Deretter en ny lik periode på 7 døgn, men med SO₂ økt til 7 000 µg/m³.

I salttåkekammeret ble det kun eksponert Al. Prøvene ble eksponert i ca. 4 uker i 25°C og kontinuerlig dusjet med en 0,5% NaCl-løsning.

Beiseløsningene ble tillaget etter de anbefalinger som gitt i henholdsvis ISO- og ASTM-standardene. Se tabell 1.

4 GJENNOMFØRING

STÅL

Forsøk med tilsetning av inhibitoren tinnklorid i Clarks-løsningen

Normalt skal tinnkloridmengden være 20 g/l. I følgende forsøk ble det her prøvd med det normale forholdet kontra en løsning med halvert mengde, og en med dobbelt mengde. Undersøkelsen gikk ut på å se om tinnklorid ble forbrukt under beising og hvilken effekt forbruket eventuelt hadde for angrepet på stål. Vurderingen gikk på å sammenligne farge på løsningen, vekttap, og eventuelt angrep på blankt stål.

Det ble benyttet en "gammel" Clarks-løsning og en "gammel" Clarks-løsning der det ble tilsatt tinnklorid, slik at forholdet ble doblet, se tabell 2 og figur 1. Begge løsningene ble testet for å se om en eventuelt kunne tilsette tinnklorid i en løsning for å erstatte forbrukt tinnklorid.

Lagde deretter nye Clarks-løsninger med tre forskjellige mengder tinnklorid: 10 g/l, 20 g/l og 40 g/l). Dette for å se på fargevariasjonene under beising og på vekttapet. Se tabell 3 og figurene 2, 3 og 4.

Sammenligning mellom beisevæskene

For å se på forskjellen i beiseeffekt mellom Clarks-løsningen (ASTM) og ISO-beisen, ble det lagd nye beiser. Det ble her valgt å beise moderat korroderte prøver. Se tabell 4 og figurene 5, 6, 7 og 8.

For ytterligere dokumentasjon ble det også beiset godt korroderte plater i ISO-beisen (brukt), sammen med en blindprøve. Se tabell 5 og figur 9.

KOBBER

Det ble lagd nye beiseløsninger til både ASTM- og ISO-standardene for denne testen. Forsøkene ble utført med moderat korroderte prøver. Se tabell 6 og figurene 10 og 11.

ALUMINIUM

Det ble lagd nye beiseløsninger for aluminium til både ASTM- og ISO-standardene til testen, og forsøket ble utført med moderat korroderte plater i begge løsningene. Se tabell 7 og figurene 12 og 13.

SINK

Også for sink ble det lagd nye ASTM- og ISO-beiser. Også her ble det benyttet moderat korroderte plater. Se tabell 8 og figurene 14 og 15.

BLINDTEST

Alle metallene ble testet ueksponert i de respektive løsninger for å se på beisenens angrep på selve metallet.

Til slutt ble det undersøkt om stål reagerte forskjellig i ny og gammel løsning av ISO og Clark. Det ble prøvd blanke plater (nye), slipte plater (nye plater slipt med smergel) og brukte, tidligere beisete plater. Se tabell 9.

Avslutningsvis ble middels korroderte stålplater beiset i ISO, Clarks-løsning, og i ren saltsyre (HCl). Dette for å vise inhibitorenes innvirkning i å forhindre angrepet på selve metallet. Se tabell 10.

5 RESULTATER

STÅL

- Clarks-løsning (brukt) kontra Clarks-løsning med 20 g/l tinnklorid ekstra, dvs. 40 g/l, se tabell 2 og figur 1. Den doble mengden tinnklorid virker beskyttende i startfasen og hemmer selve beisingen. "ISO-kurven" stiger noe mindre bratt enn kurven for vanlig Clarks-løsning.
- Clarks-løsninger (nye) 10 g/l, 20 g/l og 40 g/l tinnklorid, se tabell 3, figurene 2, 3 og 4. Beisevæskene var fra start av helt fargeløse.

Ved beising av korrodert stål fikk en følgende fargeforandringer:

10 g/l: Mørk brun i bunn i startfasen. Etter hvert nesten helt klar igjen, litt grums i bunn.

20 g/l: Brun i bunn i starten, klar etter hvert.

40 g/l: Rustbrun i bunn i starten, ganske fort klar.

Beising av moderat korroderte plater:

10 g/l: Tegner en bratt kurve, viser raskt et høyt vekttap, jevnet ut etter hvert, men med et høyere totalt vekttap enn 20 g/l og 40 g/l.

20 g/l: Tegner en "normal" kurve, uten buktninger som 10 g/l- og 40 g/l-kurvene.

40 g/l: En noe ustabil kurve (buktninger). Totalt vekttap noe lavere enn 20 g/l, og betydelige lavere enn 10 g/l.

Beising av "mer" korroderte plater:

Også her er det 10 g/l som er "raskest" i starten. Forholdet jevner seg ut etter hvert, og det totale vekttapet er tilnærmet likt.

- Clarks-løsning kontra ISO-beiser (nye). Tabell 4 og figurene 5, 6, 7 og 8 (inkludert en test på ISO-beisens angrep på bart metall etter at korrosjonsproduktene er fjernet). Beisingen går betydelig tregere i ISO-beisen enn i Clarks-løsningen. Det synes som om vekttapet blir større i ISO-beisen enn i Clarks-løsningen. Det vil si at ISO-beisen angriper stålet mer enn Clarks-løsningen gjør. En ser også at kurvene til Clarks-løsningen gir et mer markert knekkpunkt enn ISO-kurvene (lettere å ekstrapolere).
- ISO-beisen, grumsete (brukt). Tabell 5 og figur 9. Her får tidligere eksponert blind et noe høyere vekttap enn ny blind, men parallellene er relativt bra.

KOBBER

- Undersøkte om det ble forskjellige resultater ved bruk av ISO-beisen kontra ASTM-beisen. Tabell 6 og figurene 10 og 11. ASTM-beisen er betydelig raskere enn ISO-beisen, dessuten blir det bedre paralleller. Ingen av beisene angriper metallet nevneverdig etter at korrosjonsproduktene var fjernet. Kurvene fra ASTM-beisen er penere og renere og gir en mer definert avbøying enn kurvene for ISO-beisen.

ALUMINIUM

- Undersøkte om det ble forskjellige resultater ved bruk av ISO-beisen kontra ASTM-beisen. Tabell 7 og figurene 12 og 13. Ingen av beisene synes å angripe metallet nevneverdig. ISO-beisen er atskillig raskere og ser ut til å fjerne Al-oksiden effektivt. ASTM-beisen har en lang initieringsperiode før oksiden begynner å fjernes. Jo mer oksider desto lengre beisetid.

ISO-beisen er rask, og kurvene bryter fint over i en markert vinkel. Den svake stigningen etter knekken indikerer lite angrep på metallet.

SINK

- Undersøkte om det ble forskjellige resultater ved bruk av ISO-beisen kontra ASTM-beisen. Tabell 8 og figurene 14 og 15.

Heller ikke her synes det som om beisene angriper metallet. Tidsmessig er begge beisene like. Kurvene er også svært like, nesten sammenfallende. Fine "vinkler" og nesten rette linjer etter knekken, dvs. lite eller intet angrep på metallet.

BLINDTEST STÅL

- Testing av angrep på bart stål i ISO-beisen og i Clarks-løsning (ny og gammel). Tabell 9.

Beisene ble prøvd på plater uten korrosjon, både nye, tidligere beiset og slipte plater.

Brukt Clarks-løsning gir høyest blindverdi. Ellers skiller ISO-beisen og Clarks-løsningen svært lite, slipte plater gir laveste blindverdier uansett.

- ISO- (ny), Clarks-løsning (ny) og saltsyre (HCl) (beisevæske uten inhibitor), hvilke forskjeller er det? Tabell 10.

Beiset med forholdsvis tette og jevne intervaller. Ren saltsyre fjernet korrosjonsproduktet relativt raskt, men angriper metallet kraftig på grunn av mangel på inhibitor som beskytter metallet. ISO-beisen angriper metallet noe mer etter hvert, det resulterte i et noe høyere totalt vekttap enn for Clark-løsningen, dvs. ny Clarks-løsning er bedre enn ISO-beis.

6 TOLKNING AV RESULTATENE

STÅL

- Clarks-løsning med forskjellige mengde tinnklorid:
I forhold til vanlig Clarks-løsning blir kurvene noe mer ustabile med den doble mengden tinnklorid, men metoden kan kanskje forlenge beisens levetid, for verdiene er rimelig godt sammenfallende.
Med 40 g/l tinnklorid tåler beisen mer korrosjonsprodukter før den misfarger og vekttapskruven blir "S"-formet, men vekttapstallene stemmer relativt godt overens. Det kan tyde på at det kan tilsettes mer tinnklorid etter hvert, men det er ingen grunn til å starte med mer, selv om det er klart at inhibitor forbrukes. 10 g/l tinnkloridbeisen er tatt med bare for å se på effekten av redusert tinnklorid-mengde. Den skal ikke benyttes og beskytter metallet minst.

- Clarks-løsning kontra ISO-beis:
ISO-beisen er mye tregere og angriper basismetallet mer. Clarks-løsningen er best, vel og merke så lenge beisen er "ny". Etter hvert som inhibitorene forbrukes, øker angrepet på metallet.

KOBBER

- ISO-beis kontra ASTM-beis:
ASTM-beisen gir noe bedre paralleller, er enklere å tilberede og mye raskere. Derfor blir den å foretrekke. Visuelt blir platene "penere" i ISO-beisen. Ingen av beisene angriper metallet nevneverdig.

ALUMINIUM

- ISO-beis kontra ASTM-beis:
Ingen av beisene synes å angripe basismetallet særlig under normale forutsetninger. Ved uheldig valg av materialer under

beiseprosessen kan en lett få galvanisk korrosjon på aluminium. Visuelt kan prøvene bli noe gråfarget. Se Al tilleggstest.

- ISO-beisen må koke, og fjerner derfor oksid-belegget mer effektivt. Dette er spesielt viktig dersom det er mye korrosjonsprodukter. Vekttapet ble litt høyere med ISO-beisen enn med ASTM-beisen, noe som igjen viser at den fjerner korrosjonsproduktet mer fullstendig, noe som blindtesten også bekrefter. ISO-metoden er dessuten betydelig raskere enn ASTM-metoden, selv om en tar hensyn til tiden som går med til å varme opp væsken. (Bedret effekt med ASTM-beisen kan oppnås dersom en på forhånd "børster" prøven med oppvaskbørste el.lign. under rennende varmt vann, for å redusere oksidbelegget noe.)

SINK

- ISO-beis kontra ASTM-beis:
Metodene er nesten helt like. ASTM-beisen inneholder i tillegg bariumpromat (1 g/l), som er en inhibitor. Dette kan være årsaken til et noe lavere vekttap her og noe mindre angrep på selve metallet. Vi vil benytte ASTM-beisen i fremtiden, med unntak av bindende avtaler slike som i ISO-programmet, der vi må benytte ISO-beisen.

ALUMINIUM TILLEGGSTEST

På bakgrunn av episodene med "grå" aluminiumspiraler (helix), med høyt vekttap og dårlige sammenfallende paralleller, ble det bestemt å foreta ytterligere en test: Brukte, "nye" og "grå" helix ble beiset i konsentrert HCl i ett minutt. Det ble liten fargeendring på saltsyra med den "blanke" helixen, mens den "grå" helixen farget saltsyra svakt grå.

Videre ble en "blank" helix beiset i gammel ISO-beis liggende nede i karet for å få kontakt med metallet for å oppnå en eventuell galvanisk effekt. Resultat: Prøven ble "grå".

En helix med samme galvaniske kontakt som forannevnte, men i ny beiseløsning, gav følgende resultat: Helixen ble også her "grå-farget", men i svakere grad.

Prøvde så med ny helix i glasskar, med både ny og gammel beis. Resultat: Ingen fargeforandring.

Vekttap på test-helixene:

"blank" i HCl	: 0,0690 g
"grå" i HCl	: 0,0756 g
"blank" i kar med galvanisk kontakt, gammel beis	: 0,0119 g
"blank" i kar med galvanisk kontakt, ny beis	: 0,0047 g
"blank" i glass, ny beis	: 0,0000 g
"blank" i glass, gammel beis	: 0,0008 g

På bakgrunn av denne testen og tidligere erfaringer, ble følgende konklusjoner trukket: Årsaken til "grå" prøver og høye vekttap skyldes galvanisk korrosjon, dvs. kontakt mellom to forskjellige metaller. Dette er nå forhindret ved innkjøp av nytt utstyr. Alt utstyr til Al-beising er nå laget av aluminium, og muligheten for galvanisk korrosjon fjernet.

7 ANBEFALINGER

For Fe vil vi benytte vanlig Clark-løsning uten noen ekstra tilsetning av inhibitorer. Men, levetiden er begrenset, så en må lage ny beis ofte.

For Cu vil vi benytte ASTM-beisen videre.

For Al vil vi gå over til ISO-beisen.

For Zn vil vi beholde ASTM-beisen.

Merk:

Til prøvene i ISO-programmet må vi uansett bruke ISO-beiser.

Galvanisk kobling:

Unngå kobling mellom ulike metaller under beisingen. Benytt samme metall eller kombinasjoner av metaller hvor en har lang erfaring med at galvanisk korrosjon ikke oppstår.

Levetid (fornyelse av beis):

Den enkleste og sikreste metoden for å definere beisens levetid og den tid den har god effekt, er å akseptere en gitt blindverdi: Ved hver beising beises det også en blindprøve, og alltid like lenge. Når denne verdien overskrider en akseptabel verdi, forkastes beisen.

Andre muligheter til å bestemme levetiden kan være:

Bestemme Fe-mengden spektrometrisk med å tilsette Fe-beisen Rhodanid. Det må defineres et "metningspunkt" som kan avgjøre beisens levetid.

En kan benytte lignende metoder for de andre beisene ved å bruke ionisert koblet plasma-massespektrometer (ICP-MS) eller atomabsorpsjon (AAS) for å finne ut hvor mye metallioner det er i beisen. En metode for å beregne inhibitorens effektivitetslengde kan da utvikles. På grunn av de sterke syrene som brukes i beisevæskene har en ikke gått videre med disse metodene.

VEDLEGG A

Tabeller

Tabell 1: Oversikt over beisevæsker brukt til forsøkene.

BEISE-PROSEDYRE ISO

Metall	Løsning	Temperatur	Tid	Anmerkninger
Stål Fe	500 ml konsentrert saltsyre (HCl) (37%) 3,5 g Hexamethylentetramine (C ₆ H ₁₂ N ₄) Dest. H ₂ O til 1 liter	20-25°C	10 min. ++	Eller hyppige beise/veieintervaller
Aluminium Al	50 ml fosforsyre (H ₃ PO ₄) ca. 85% 20 g kromtrioksid (CrO ₃) Dest. H ₂ O til 1 liter	90-95°C	5-10 min.	Dersom korrosjonsproduktene ikke er fjernet, fortsett med følgende metode:
	Salpetersyre (HNO ₃) ca. 65%	20-25°C	1-5 min.	Fjern større mengder oksid først
Sink Zn	200 g kromtrioksid (CrO ₃) Dest. H ₂ O til 1 liter	80°C	1 min.	Unngå klorid-kontaminering
Kobber Cu	54 ml svovelsyre (H ₂ SO ₄) 95% Dest. H ₂ O til 1 liter	40-50°C	30-60 min.	"Boble" beise-vasken med nitrogen. Børst av prøvene etter beisingen, gjenta beising i ca. 4 sek.

BEISE-PROSEDYRE ASTM

Metall	Løsning	Temperatur	Tid	Anmerkninger
Stål og støpejern	Konsentrert saltsyre (HCl) Antimonoksid (Sb ₂ O ₃) 20 g/l Tinnklorid (SnCl ₂) 20 g/l (Clarks-løsn)	Romtemperatur 20°C	15-20 min.	Eller til oksidene er fjernet
Aluminium og aluminiumlegering	Konsentrert salpetersyre (HNO ₃) Kromoksid (CrO ₃) 50 g/l	20°C	5-10 min.	Minst 10 min. vanligvis
Sink	Vann Kromoksid (CrO ₃) 200 g/l Bariumkromat (BaCrO ₄) 1 g/l	80°C	1 min.	
Kobber	1/10 H ₂ SO ₄	Romtemperatur	3 min.	Lett skrubbing

Tabell 2: Vekttap av korrodert stål etter ulik beisetid.

PRØVE NR. Tid		Fe-beis type: Clarks-løsning 20 g/l tinnklorid (svart væske)														Totalt	
		Oppr.	10 min	20 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min	65 min	70 min	75 min	80 min		
14	Vekt	44,8561	42,4053	39,4680	37,5239	36,8728	36,4999	36,2694	36,1463	36,0747	36,0218	35,9729					
	Vekttap		2,4508	2,9373	1,9441	0,6511	0,3729	0,2305	0,1231	0,0716	0,0529	0,0489					
15	Vekt	44,5588	42,1972	39,1650	37,2554	36,5235	36,0598	35,7081	35,4999	35,3968	35,3396	35,2932					
	Vekttap		2,3616	3,0322	1,9096	0,7319	0,4637	0,3517	0,2082	0,1031	0,0572	0,0464					

PRØVE NR. Tid		Fe-beis type: Clarks-løsning 20 + 20 g/l tinnklorid														Totalt	
		Oppr.	10 min	20 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min	65 min	70 min	75 min	80 min		
16	Vekt	44,3843	44,0770	42,1272	40,2424		38,8336		37,2772	36,4974	35,5700	35,1344	35,0780	35,0237	34,9698		
	Vekttap		0,3073	1,9498	1,8848		1,4088		1,5564	0,7798	0,9274	0,4356	0,0564	0,0543	0,0539		
17	Vekt	44,8546	44,4802	42,3733	40,6617		39,0746		37,4640	36,7224	35,9906	35,6218	35,5583	35,4968	35,4377		
	Vekttap		0,3744	2,1069	1,7116		1,5871		1,6106	0,7416	0,7318	0,3688	0,0635	0,0615	0,0591		

14, 15, 16 og 17 = likt eksponert.

Tabell 3: Vekttap av korrodert stål etter ulik beisetid.

Tid	Oppr.	1 3 min	2 +2 min	3 +2 min	4 +2 min	5 +1 min+	6 +5 min	+5 min	+20 min	+5 min	Totalt vekttap	"Farge"
PRØVE NR.	Fe-beis: 10 g/l tinnklorid											
2369 Vekt	56,62	55,4420	55,0412	54,9143	54,8585	54,8375	54,8151				1,8049	1 = mørk brun i bunn, 2 = 1+ i løsn., 3 = 2, 4,5,6 = svakere
Vekttap		1,1780	0,4008	0,1269	0,0358	0,0210	0,0224					
2370 Vekt	56,53	55,5084	55,0865	54,9657	54,9230	54,9061	54,8798				1,6502	1 = mørk brun i bunn, 2 = 1+ i løsn., 3 = 2, 4,5,6 = svakere
Vekttap		1,0216	0,4189	0,1208	0,0427	0,0169	0,0263					
11 Vekt	43,8749		43,6838		41,9118	41,2614	39,2151	37,4617	5,8160	35,7368	8,1381	1 = mørk brun i bunn + brun i løsn.
Vekttap			0,1911		1,772	0,6504	2,0463	1,7534	1,6457	0,0792		
PRØVE NR.	Fe-beis: 20 g/l tinnklorid											
2371 Vekt	56,10	54,0302	54,8018	54,7362	54,7102	54,6989	54,6845				1,4155	1 = brun i bunn, 2 = ditto, 3 = 2, 4 = svakere, 5,6 = klar
Vekttap		1,0698	0,2284	0,0656	0,0260	0,0113	0,0144					
2372 Vekt	55,79	54,8242	54,6318	54,5782	54,5569	54,5480	54,5332				1,2568	1 = brun i bunn, 2 = 1, 3 = svakere, 5,6 = klar
Vekttap		0,9658	0,1924	0,0536	0,0213	0,0089	0,0148					
12 Vekt	44,9677		44,8176		43,1082	42,3564	40,3382	38,5886	37,0647	36,9918	7,9758	1 = mørk brun i bunn + lys brun i løsn.
Vekttap			0,1501		1,7094	0,7518	2,0182	1,7496	1,5239	0,0728		
PRØVE NR.	Fe-beis: 40 g/l tinnklorid											
2373 Vekt	55,41	54,4561	54,3391	54,3030	54,2829	54,2721	54,2576				1,1524	1 = rustbrun i bunn, 2 = ditto, 3 = 2, 4 = svakere, 5,6 = klar
Vekttap		0,9539	0,1170	0,0361	0,0201	0,0108	0,0145					
2374 Vekt	56,49	55,5790	55,4312	55,3836	55,3587	55,3452	55,3268				1,1632	1 = brun i bunn (lite), 2 = 1, 3 = svakere, 4 = svakere, 5,6 = klar
Vekttap		0,9110	0,1478	0,0476	0,0249	0,0135	0,0184					
13 Vekt	44,7196		44,6129		43,1408	42,4060	40,5821	38,9370	36,7502	36,6167	8,1029	1 = brun i bunn
Vekttap			0,1067		1,4721	0,7348	1,8239	1,6451	2,1868	0,1335		

2369 → 2374 = likt eksponert, 11, 12 og 13 = likt eksponert.

Tabell 4: Vekttap av korrodert stål etter ulik beisetid.

PRØVE NR.	Fe-beis type Clarks-løsning (ny)												Totalt vekttap	Merknader					
	Tid	Oppr.	30 sek	+30 sek	+30 sek	+1 min	+2 min	+5 min	+30 sek	+30 sek	+30 sek	+5 min			+2 min	+5 min	+2 min	+5 min	+30 min
2356	Vekt	55,87	55,5850	55,3680	55,3358	55,3275	55,3110	*55,2897	55,2609										
	Vekttap		0,285	0,2170	0,0322	0,0083	0,0071	0,0094	0,0213	0,0288								0,6091	* Eksponert en uke
2357	Vekt	55,47	55,8017	55,2124	54,6995	54,3089	53,9721	53,9251	53,8977										
	Vekttap		+0,3317	0,2576	0,5129	0,3906	0,2527	0,0841	0,0470	0,0274								1,5723	Vekt med rust 56,43 (magnetitt)
2358	Vekt	57,20	57,4152	56,8894	56,3266	56,0929	55,9098	55,8647	55,8328										
	Vekttap		+0,2152	0,3106	0,5628	0,2337	0,1260	0,0571	0,0451	0,0319								1,3672	
2359	Vekt	56,14	56,2872	55,7934	55,3868	55,1473	55,0412	54,9730	54,9470										
	Vekttap		+0,1472	0,3466	0,4066	0,2395	0,1061	0,0350	0,0260									1,1930	
2360	Vekt	55,89	56,1343	55,6342	55,1990	54,9030	54,7038	54,5831	54,5475										
	Vekttap		+0,2443	0,2558	0,4352	0,2960	0,1992	0,0587	0,0356									1,3425	
2361	Vekt	56,19	56,1385	56,1385	55,4383	55,4383	55,0464	54,8360	54,7982										
	Vekttap			0,0515	0,7002	0,7002	0,3919	0,1519	0,0378									1,3918	
PRØVE NR.	Fe-beis type ISO																		
2362	Tid	Oppr.	30 sek	+30 sek	+30 sek	+30 sek	+30 sek	+30 sek	+30 sek	+30 sek	+30 sek	+30 sek	+30 sek	+1 min	+2 min	+5 min	+30 min	Totalt vekttap	
	Vekt	55,98	56,8176	56,6426	56,3806	56,1433	55,9131	55,6725	55,4400	55,1816	54,9202	54,7272	54,5170	54,2861	54,2310	54,2029	54,4450	1,7771	
2363	Vekt	56,46	+0,8376	+0,6626	+0,4006	+0,1633	0,0669	0,2406	0,2325	0,2584	0,2614	0,1930	0,2102	0,1637	0,0551	0,0281	0,1375	2,0150	
	Vekttap									56,1085	55,6819	55,2769	54,8916	54,7317	54,6347	54,5825	54,4450		
2364	Vekt	55,69					55,8555	55,4283	55,0359	54,6244	54,1920	54,0027	53,8763	53,8379	53,8379	53,8379	54,3393	1,8521	
	Vekttap						+0,1655	0,4272	0,3924	0,4115	0,4324	0,1893	0,1264	0,0384	0,0384	0,0384	0,0384		
2365	Vekt	56,35					56,5372	56,1372	55,6729	55,2415	54,7900	54,4784	54,4784	54,4371	54,4371	54,4371	54,3393	2,0107	
	Vekttap						+0,0220	0,2617	0,4643	0,4314	0,4515	0,1946	0,1170	0,0413	0,0413	0,0413	0,0978		
2366	Vekt	55,65					55,7075	55,0309	55,0309	54,6437	54,1403	53,9272	53,7664	53,7137	53,7137	53,7137	52,0840	1,9363	
	Vekttap						+0,0575	0,6191	0,6191	0,3872	0,5034	0,2131	0,1608	0,0527	0,0527	0,0527	0,0527		
2367	Vekt	54,15					53,6443	53,6443	53,6443	53,6443	53,6443	53,6443	52,2415	52,1837	52,1837	52,0840	2,0660		
	Vekttap						0,5057	0,5057	0,5057	0,5057	0,5057	0,5057	0,1940	0,0578	0,0578	0,0997			
2368	Vekt	56,08					54,3974	54,1544	54,1544	54,1544	54,1544	54,1544	54,1544	54,0915	54,0915	53,8889	2,1911		
	Vekttap						1,6826	1,6826	1,6826	1,6826	1,6826	1,6826	1,6826	0,0629	0,0629	0,2026			

2357 → 2368 = likt eksponert.

Tabell 5: Vekttap av korrodert og ikke korrodert (blind) stål etter ulik beisetid.

PRØVE NR.	Fe-beis type ISO											Totalt	
Tid	Oppr.	1 min	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	50 min	
1	Vekt Vekttap	45,0304											1,430
2	Vekt Vekttap	45,0968			46,2836 +1,1868	45,2129 +0,1161	41,5323 3,5645	40,1456 1,3867	39,8537 0,5619	39,7280 0,1257			5,3688 - godt korrodert
3	Vekt Vekttap	45,0169			46,5124 +1,4955	43,3310 1,6859	39,9384 3,3926	39,4577 0,4807	39,2943 0,1634				5,7226 - godt korrodert
3220	Vekt Vekttap	43,7740	43,7550 0,0190		43,6474 0,1076	0,1266							Blindtest ny
2308	Vekt Vekttap	55,6890	55,6670 0,0220		55,5398 0,1272	0,1492							Blindtest tidl. eksponert
4	Vekt Vekttap	44,5435			46,0707 +1,5272	43,4730 1,0705	39,6868 3,7862	38,9740 0,6828	38,8204 0,1536				5,7231 - godt korrodert

2, 3 og 4 = likt eksponert.

Tabell 6: Vekttap av korrodert kobber etter ulik beisetid.

PRØVE NR.	Cu-beis type ASTM													Totalt
	Tid	Oppr.	90 sek	90 sek	30 sek	30 sek	30 sek	30 sek	30 sek	30 sek	30 sek	30 sek	30 sek	
460	Vekt	36,8665	36,8306	36,8299	36,8293	36,8291	36,8291	36,8291	36,8291	36,8291	36,8291	36,8291	36,8291	0,0374
	Vekttap		0,0359	0,0007	0,0006	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
461	Vekt	37,6599	37,6233	37,6228	37,6223	37,6221	37,6221	37,6221	37,6221	37,6221	37,6221	37,6221	37,6221	0,0378
	Vekttap		0,0366	0,0005	0,0005	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
462	Vekt	36,6825		36,6519	36,6513	36,6505	36,6505	36,6505	36,6505	36,6505	36,6505	36,6505	36,6505	0,0325
	Vekttap			0,0306	0,0006	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	
463	Vekt	36,9403		36,8991	36,8987	36,8983	36,8983	36,8983	36,8983	36,8983	36,8983	36,8983	36,8983	0,0423 (Gjennombålet med N)
	Vekttap			0,0412	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	(36,2744) (0,0251)
469	Vekt	36,2995												
	Vekttap													
PRØVE NR.	Cu-beis type ISO													Totalt
Tid	Oppr.	30 min	+30 min	+10 min	+10 min	+10 min								
464	Vekt	37,3564	37,3230	37,3208	37,3198	37,3198	37,3198	37,3198	37,3198	37,3198	37,3198	37,3198	37,3198	0,0366
	Vekttap		0,0334	0,0022	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	
465	Vekt	36,6800	36,6535	36,6530	36,6522	36,6515	36,6515	36,6515	36,6515	36,6515	36,6515	36,6515	36,6515	0,0285
	Vekttap		0,0265	0,0005	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	
466	Vekt	37,1441	37,1163	37,1132	37,1125	37,1125	37,1125	37,1125	37,1125	37,1125	37,1125	37,1125	37,1125	0,0316
	Vekttap		0,0278	0,0031	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	
467	Vekt													
	Vekttap													

460 → 467 = likt eksponert.

Tabell 7: Vekttap av korrodert aluminium etter ulike beisetid.

PRØVE NR.	Al-beis type ASTM (ny)														Totalt vekttap				
	Tid	Oppr.	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	7 min	8 min	9 min	10 min	15 min	20 min		25 min	35 min		
434	Vekt	20,1843	20,1868	20,1852	20,1892	20,1837	20,1831	20,1825	20,1825	20,1825	20,1824	20,1823	20,1822					0,00221	
	Vekttap		+0,0025	+0,0009	0,0011	0,0005	0,0006	0,0006	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002						
435	Vekt	20,4199		20,4351		20,4310			20,4272			20,4241		20,4194	20,4184	20,4138			
	Vekttap			+0,0152		+0,0111			+0,0073			+0,0042		0,0005	0,0010	0,0046		0,0061	
436	Vekt	20,1787					20,1910					20,1839	20,1795	20,1771	20,1728	20,1710			
	Vekttap						+0,0123					+0,0052	+0,0008	0,0016	0,0043	0,0018		0,0077	
437	Vekt	19,9456										19,9501		19,9441	19,9417	19,9403			
	Vekttap											+0,0045		0,0015	0,0024	0,0014		0,0053	
438	Vekt	20,5507										20,5552		20,5498	20,5474	20,5453			
	Vekttap											+0,0045		0,0009	0,0024	0,0021		0,0054	
PRØVE NR.	Al-beis type ISO														Totalt vekttap				
Tid	Oppr.	30 sek	1 min	1,5 min	2 min	2,5 min	3 min	3,5 min	4 min	10 min									
439	Vekt	20,3105			20,3022			20,3021											
	Vekttap				0,0083			0,0001											0,0089
440	Vekt	20,4501	20,4414	20,4411	20,4411			20,4410				20,3016							
	Vekttap		0,0087	0,0003	0,0000			0,0000				0,0005							0,0091
441	Vekt	20,9855	20,9775	20,9775	20,9775			20,9771											
	Vekttap		0,0080	0,0000	0,0000			0,0004											0,0084

434 → 441 = likt eksponert.

Tabell 8: Vekttap av korrodert sink etter ulik beisetid.

PRØVE NR.	Zn-beis type ASTM (ny)										Totalt	
	Tid	Oppr.	1 min	3 min	5 min							
459	Vekt	67,692	67,6081	67,6074	67,6072							0,0848
	Vekttap	0,0839	0,0007	0,0002								
460	Vekt	47,747	47,6599	47,6585	47,6585							0,0885
	Vekttap	0,0871	0,0014	0,0000								
461	Vekt	52,171			52,0617							0,1093
	Vekttap				0,1093							
PRØVE NR.	Zn-beis type ISO											
	Tid											
462	Vekt	49,123	49,0321	49,0318	49,0311							0,0919
	Vekttap	0,0909	0,0003	0,0003	0,0007							
463	Vekt	47,856	47,7510	47,7503	47,7500							0,1060
	Vekttap	0,1050	0,0007	0,0007	0,0003							
464	Vekt	48,484			48,3291							0,1549
	Vekttap				0,1549							

459 → 464 = likt eksponert.

Tabell 9: Vekttap av brukte, slipte og ikke korroderte (blanke) stålplater uten korrosjonsprodukt, etter foreskrevet beisetid.

BLINDTEST

Fe								
"Brukte"	0,15	GC	"Slipte"	0,12	GC	Blanke	0,13	GC
	0,04	NC		0,01	NC		0,02	NC
	0,02	ISO		0,01	ISO		0,02	ISO

GC: Gammel Clarks-løsning, NC: Ny Clarks-løsning.

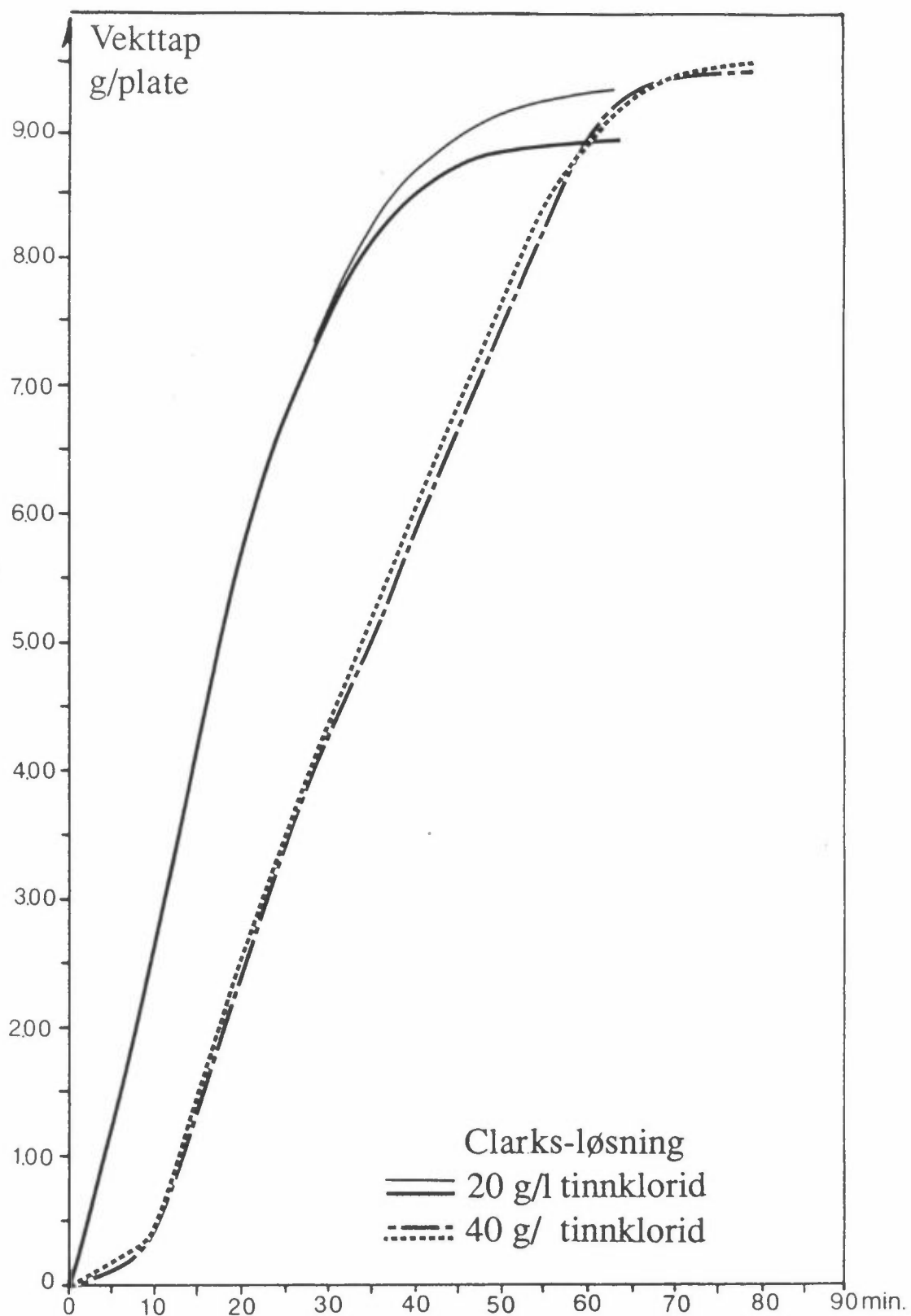
Tabell 10: Vekttap av korrodert stål etter ulike beisetid.

Nr.	Oppr. vekt	3 min	Vt	6 min	Vt	9 min	Vt	12 min	Vt	15 min	Vt	18 min	Vt	20 min	Vt	Totalt vekttap
2351	57,24	55,91	1,33	55,63	0,28	55,60	0,03	55,58	0,02	55,58	0,00	55,57	0,01	55,55	0,02	1,69
2352	56,96	55,72	1,24	55,31	0,41	55,27	0,04	55,24	0,03	55,23	0,01	55,22	0,01	55,20	0,02	1,76
2353	55,77	55,85	+0,08	54,47	1,38	53,92	0,55	53,85	0,07	53,83	0,02	53,81	0,02	53,78	0,03	2,07
2354	57,19	57,16	0,03	55,88	1,28	55,40	0,48	55,31	0,09	55,29	0,02	55,27	0,02	55,24	0,03	1,95
Nr.	Oppr. vekt	1 min	Vt	2 min	Vt	3 min	Vt	4 min	Vt	7 min	Vt	10 min	Vt			Totalt vekttap
2355	53,72	53,49	0,23	52,59	0,90	52,15	0,44	51,93	0,22	51,57	0,36					2,15

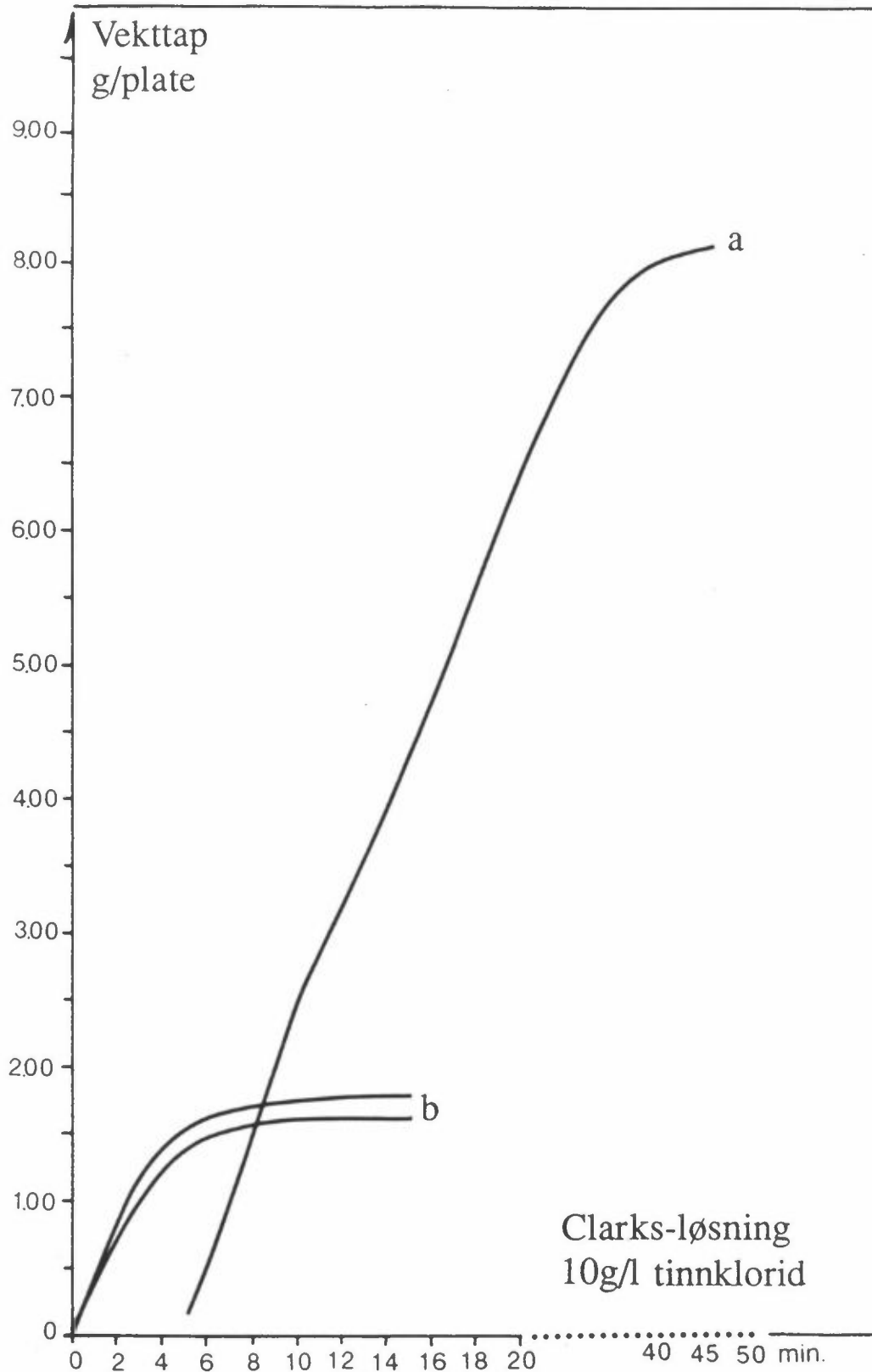
Vt = vekttap
2351-2355 = likt eksponert.

VEDLEGG B

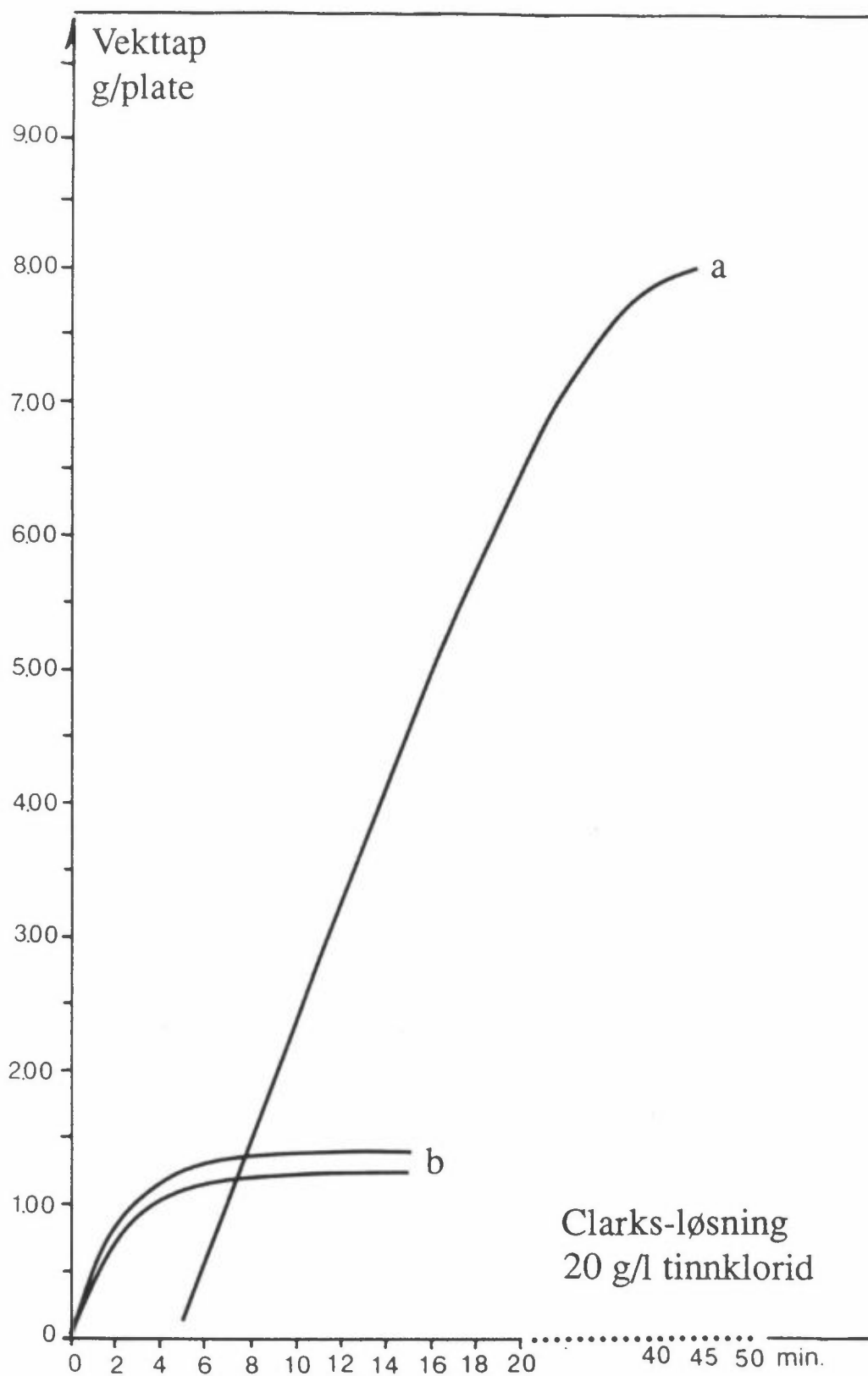
Figurer



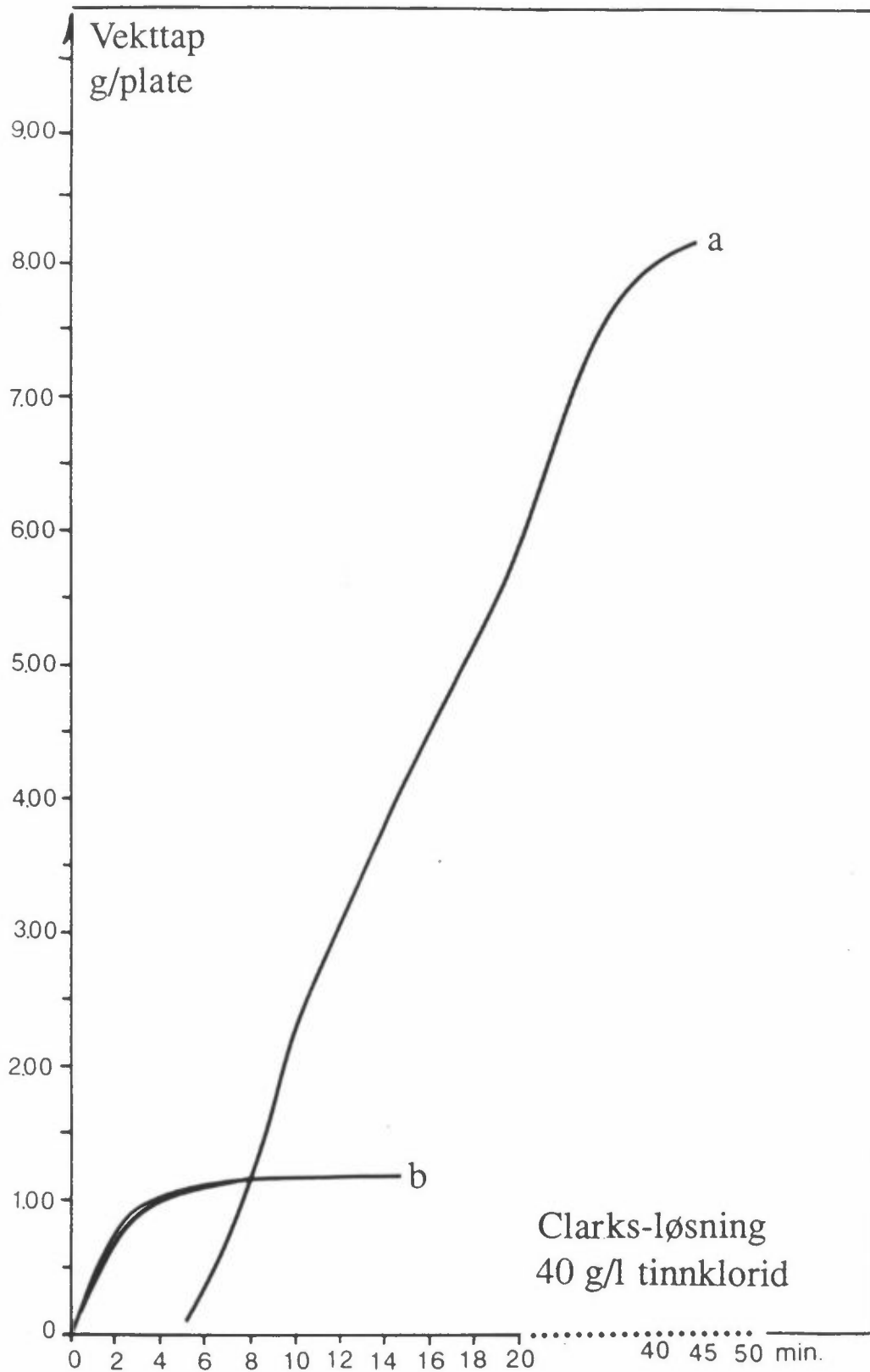
Figur 1: Vekttap ved beising av korrodert stål i Clarks-løsning med normal inhibitormengde og med dobbelt mengde tinnklorid.



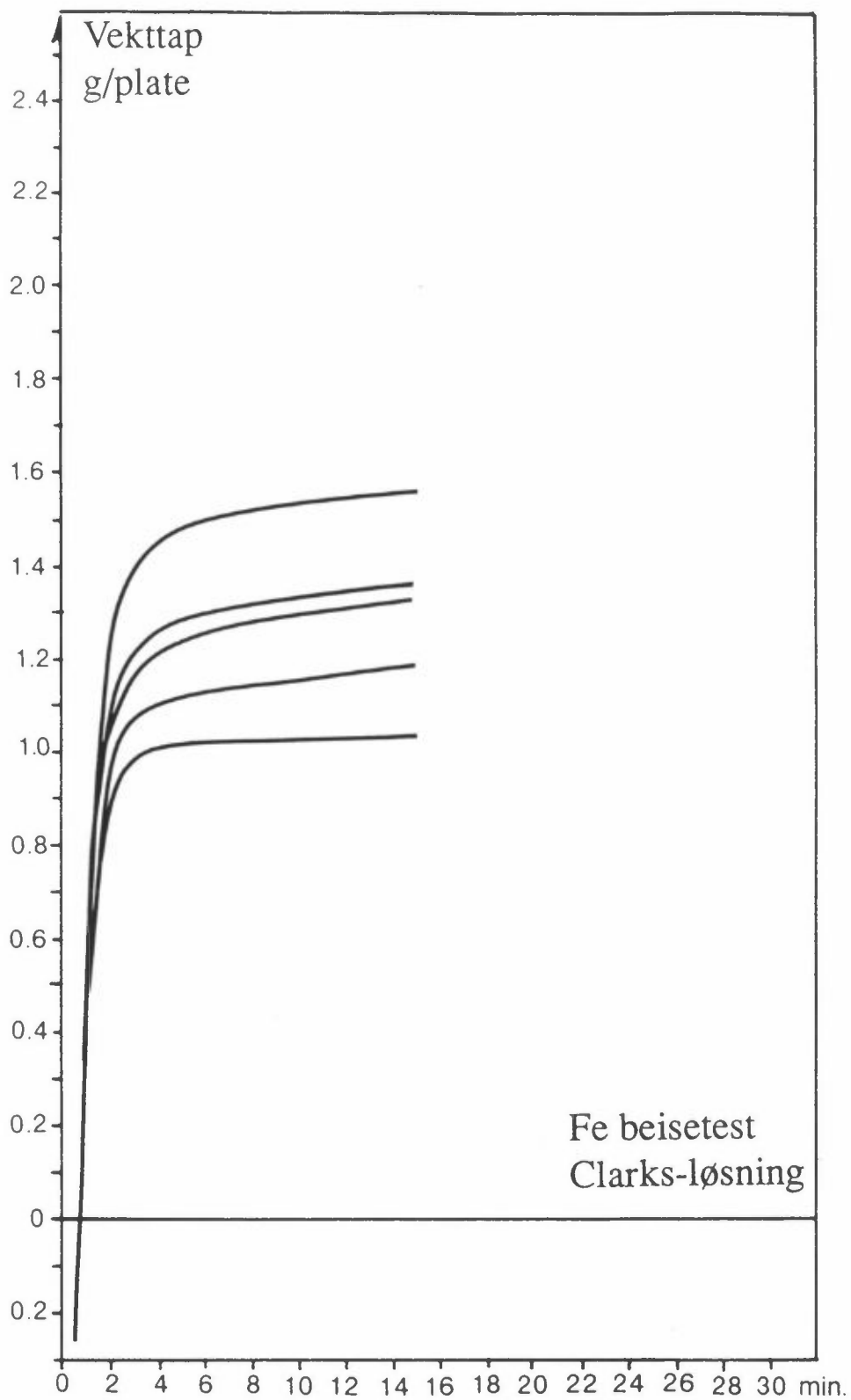
Figur 2: Vekttap ved beising av korrodert stål i Clarks-løsning med halvert mengde tinnklorid. Prøve a) i figurene 2, 3 og 4 er eksponert like lenge før beising. Prøve b) i figurene 2, 3 og 4 er mindre korrodert, men eksponeringstiden er lik.



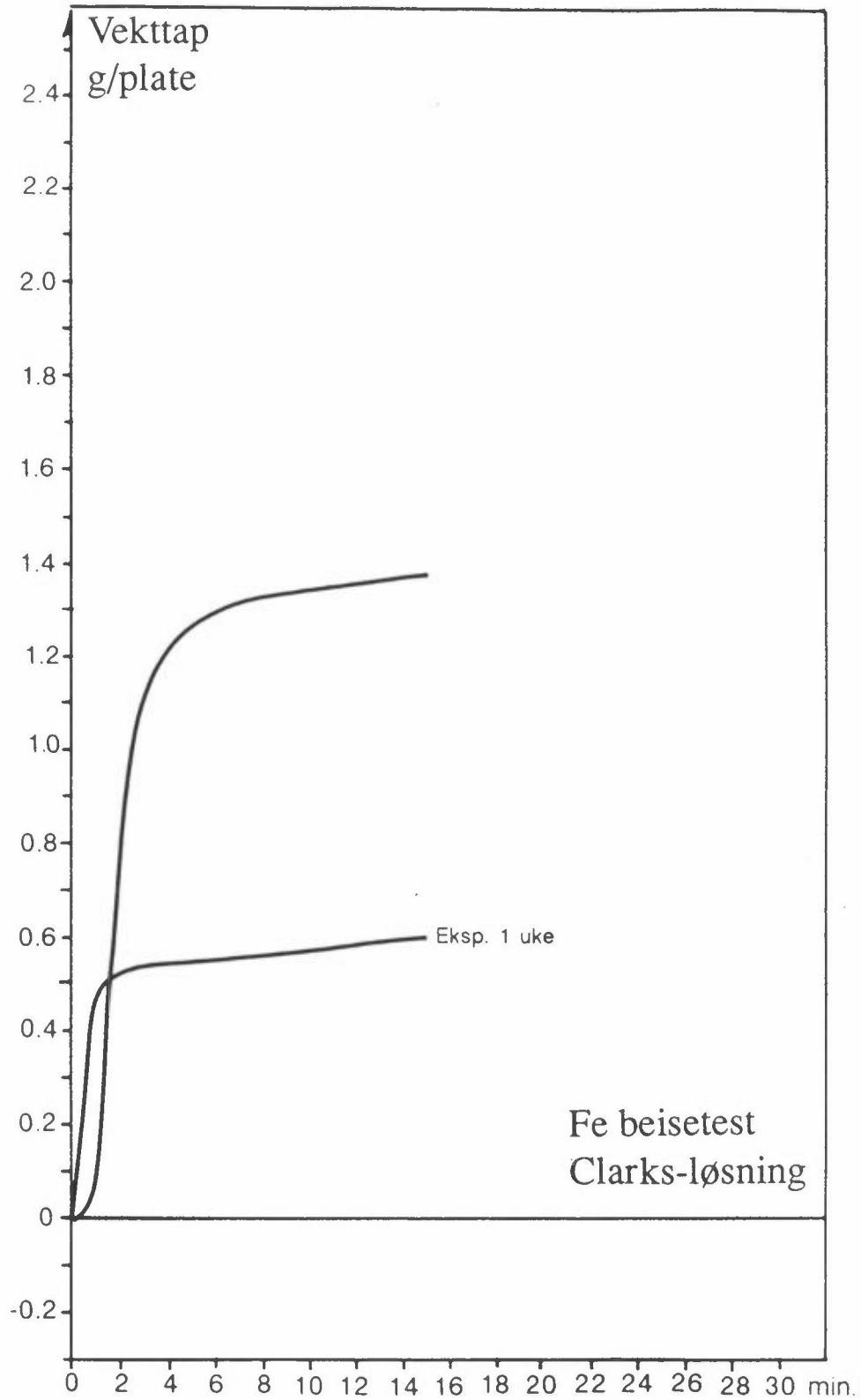
Figur 3: Vekttap ved beising av korrodert stål i Clarks-løsning med normal inhibitormengde. Sammenlignede forsøk med figurene 2 og 4.



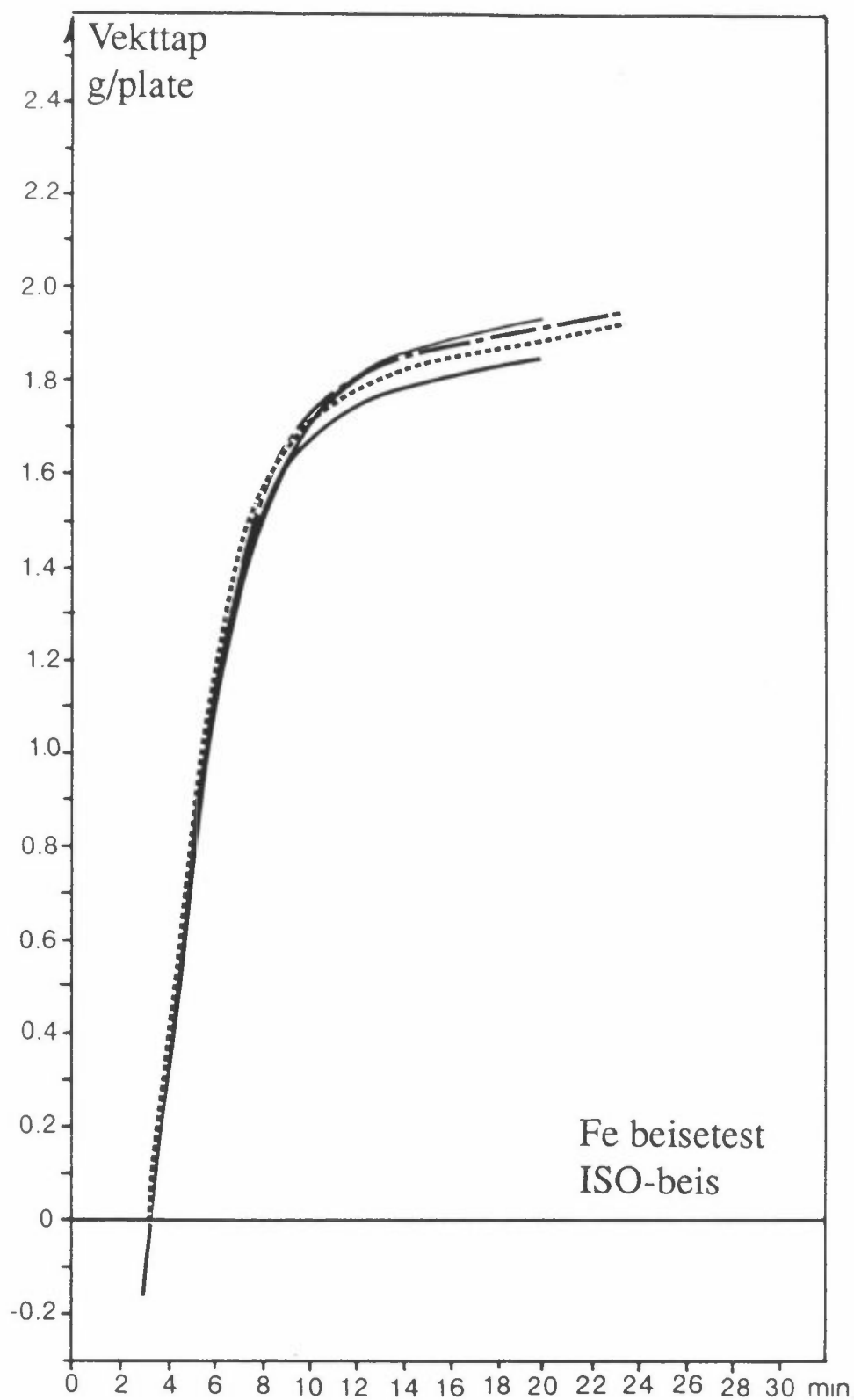
Figur 4: Vekttap ved beising av korrodert stål i Clarks-løsning med dobbelt mengde tinnklorid. Sammenlignede forsøk med figurene 2 og 3.



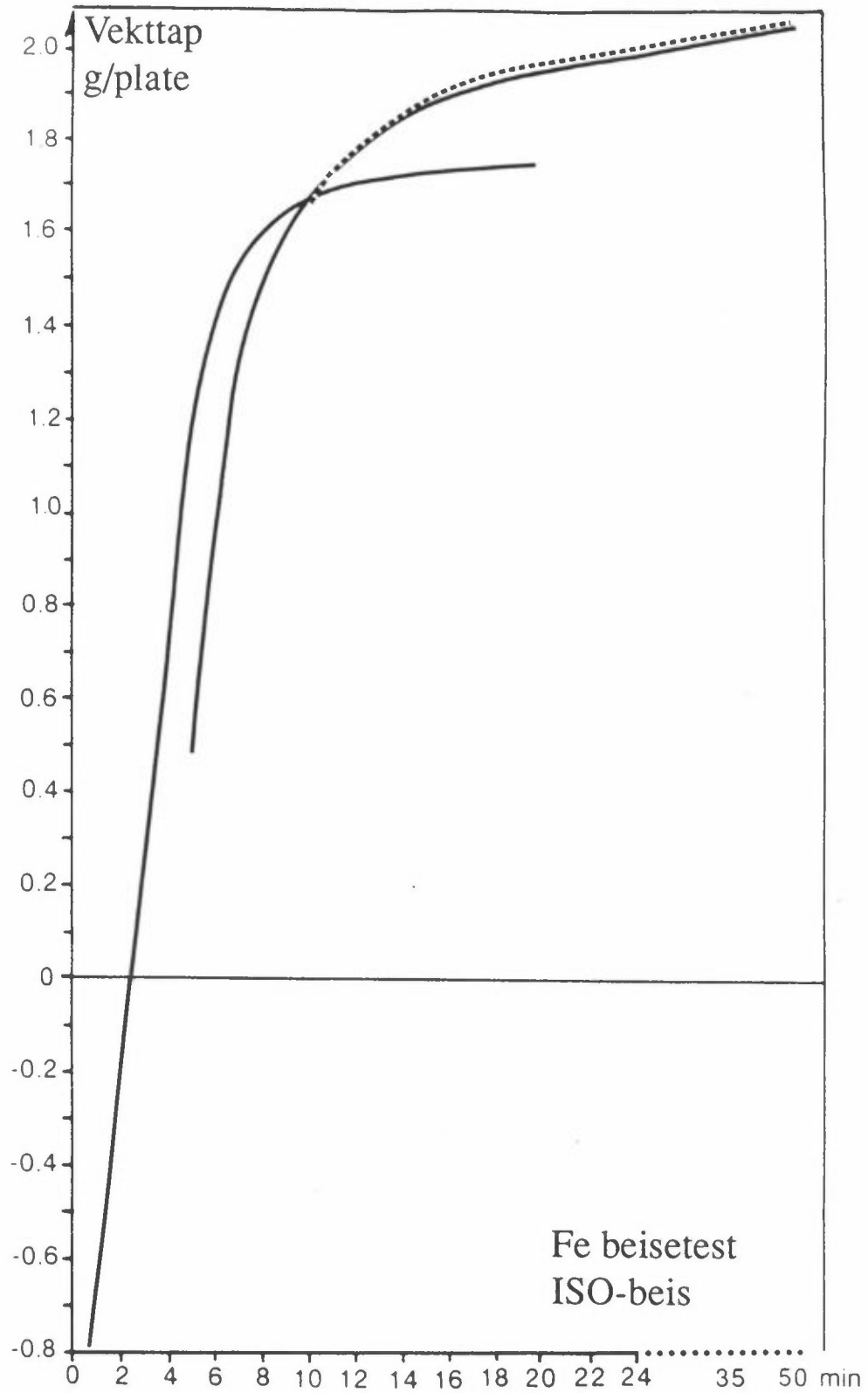
Figur 5: Vekttap ved beising av korrodert stål i vanlig Clarks-løsning. Parallellprøver.



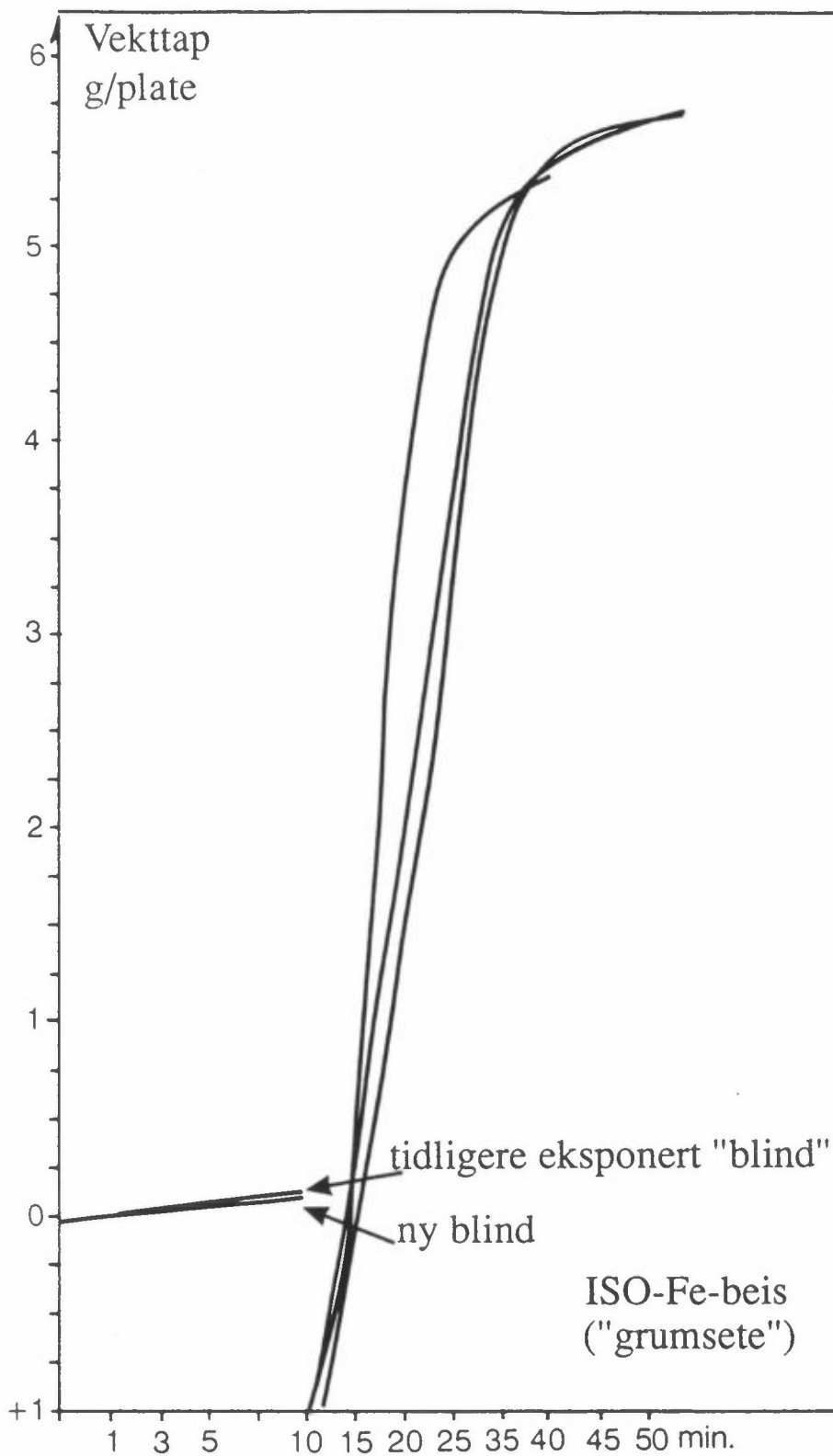
Figur 6: Vekttap ved beising av korrodert stål i vanlig Clarks-løsning. Prøver med ulik eksponeringstid.



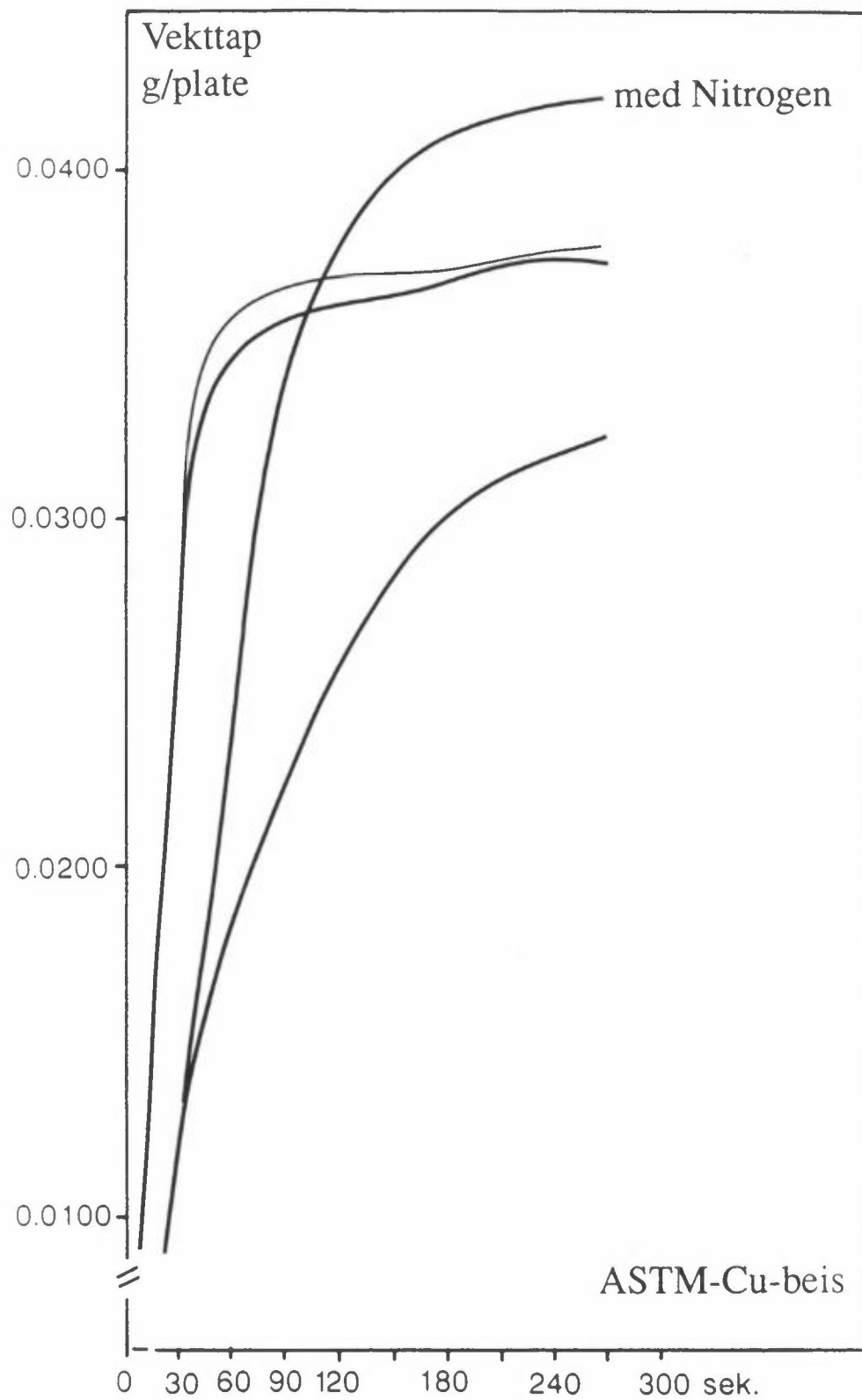
Figur 7: Vekttap ved beising av korrodert stål i beisevæske etter ISO-standard. Parallellprøver, sammenlignede forsøk i figur 8.



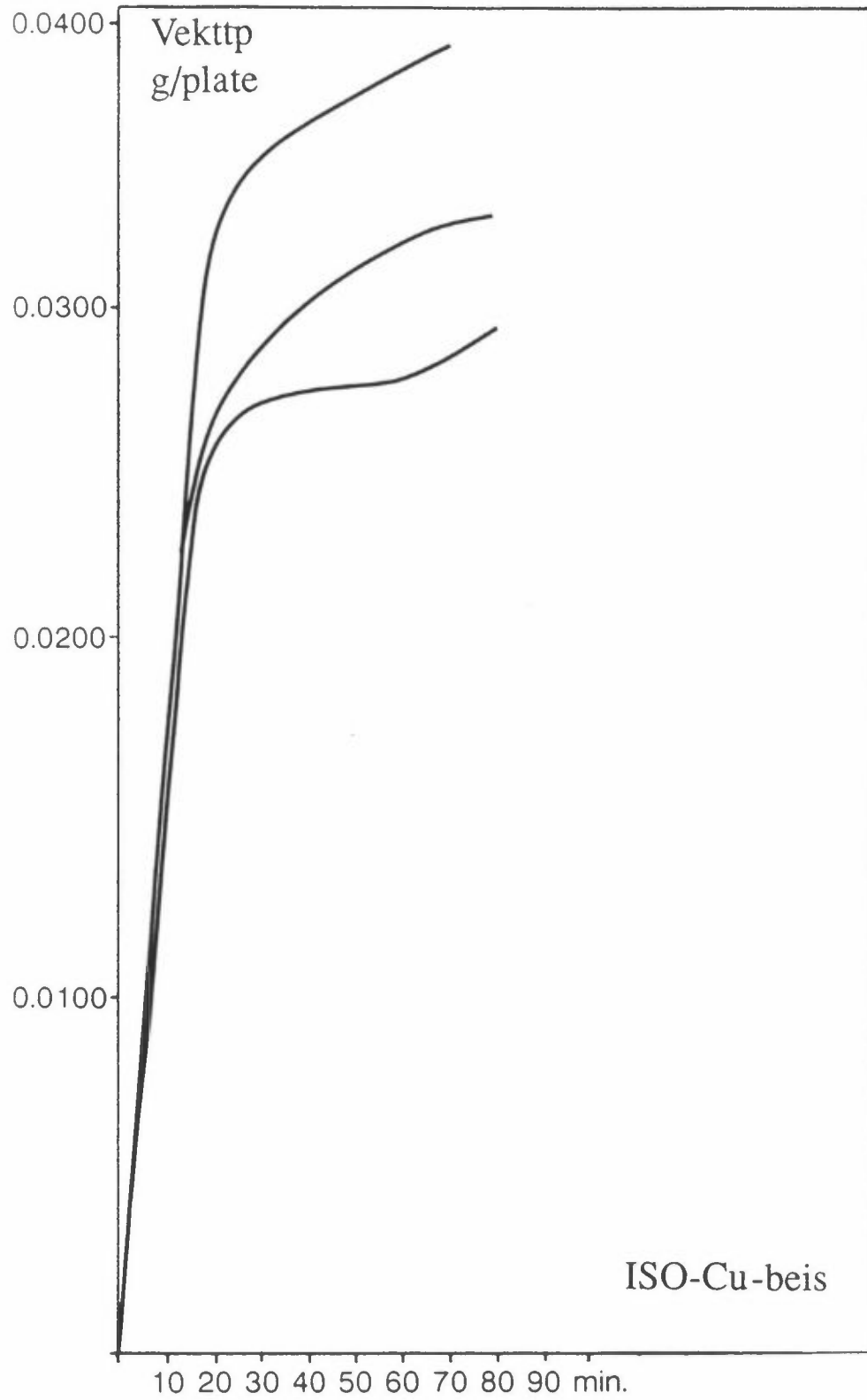
Figur 8: Vekttap ved beising av korrodert stål i beisevæske etter ISO-standard. Parallellprøver, sammenlignede forsøk i figur 7.



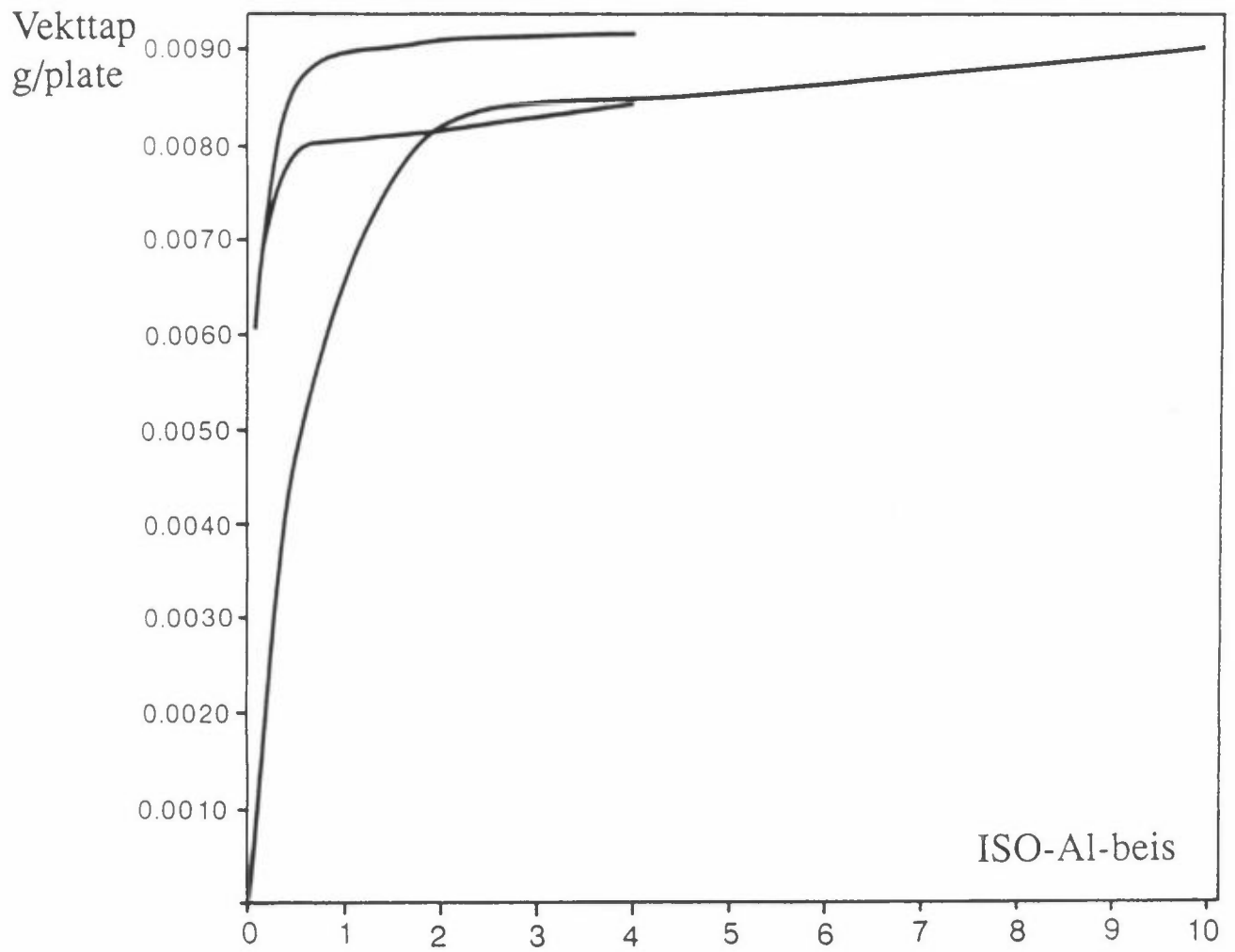
Figur 9: Vekttap ved beising av korrodert stål i gammel, grumset beisevæske etter ISO-standard. Blindprøver uten korrosjonsprodukt er med i forsøket.



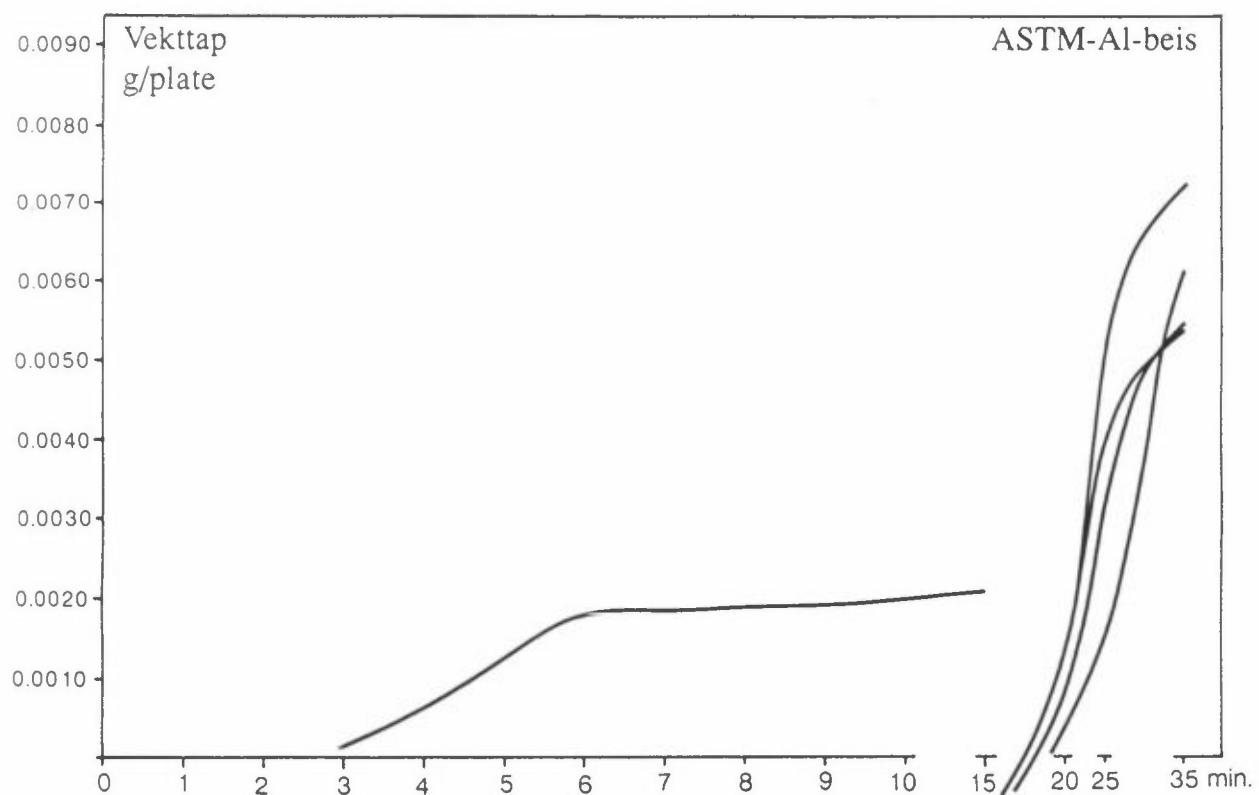
Figur 10: Vekttap ved beising av korrodert kobber i ASTM-beisevæske.



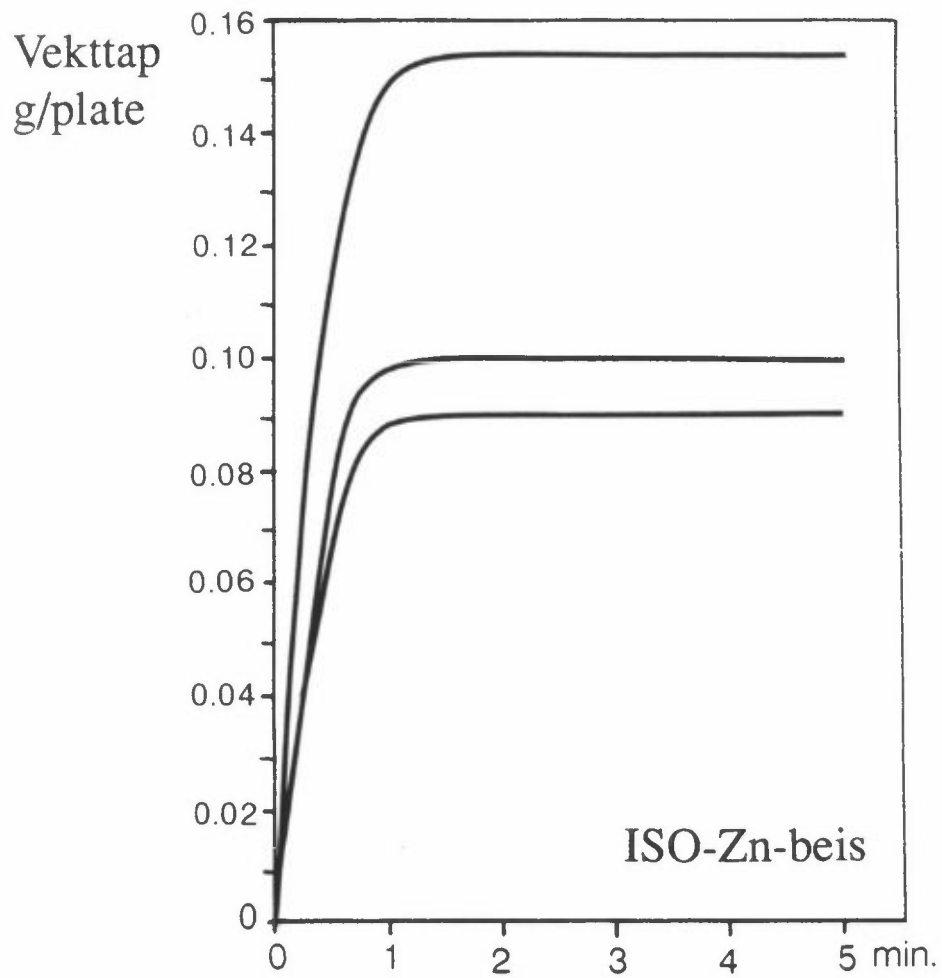
Figur 11: Vekttap ved beising av korrodert kobber i ISO-beisevæske.



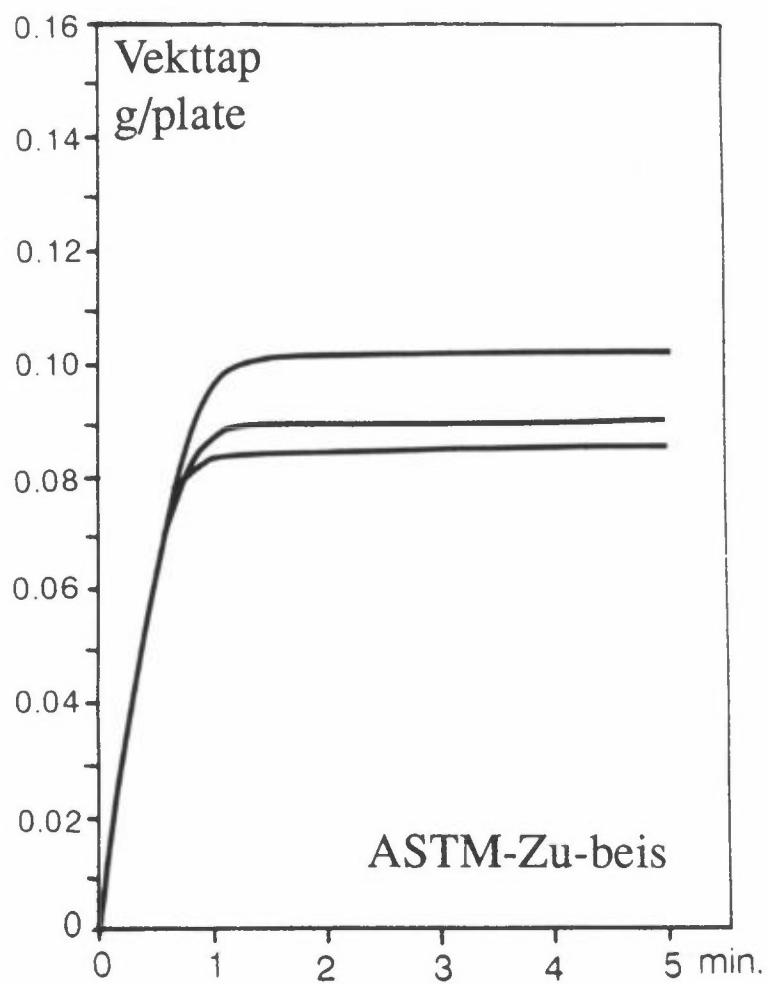
Figur 12: Vekttap ved beising av korrodert aluminium i ISO-beisevæske.



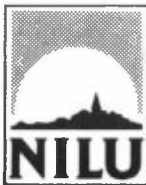
Figur 13: Vekttap ved beising av korrodert aluminium i ASTM-beisevæske.



Figur 14: Vekttap ved beising av korrodert sink i ISO-beisevæske.



Figur 15: Vekttap ved beising av korrodert sink i ASTM-beisevæske.



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
 NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH
 POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE TEKNISK RAPPORT	RAPPORTNR. TR 1/91	ISBN-82-425-0180-7	
DATO JANUAR 1991	ANSV. SIGN. <i>Adorland</i>	ANT. SIDER 45	PRIS NOK 75,-
TITTEL Utprøving av beisemetoder for metaller		PROSJEKTLEDER J.F. Henriksen	
		NILU PROSJEKT NR. E-8713	
FORFATTER(E) T. Ofstad		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAAGSGIVERS REF.	
OPPDRAAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Norsk institutt for luftforskning Postboks 64 2001 Lillestrøm			
3 STIKKORD (a maks. 20 anslag) Beisemetoder Korr.prøving Metaller			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Rapporten hadde som målsetting å vurdere hvilken av de to beiseprosedyrene ISO (International Organization for Standardization) og ASTM (American Society for Testing and Materials) som er best egnet for NILU. Konklusjonen ble at NILU valgte ASTM-standarden for metallene kobber, sink og stål, og ISO-standarden for aluminium.			

TITLE
ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines)

* Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU A
 Må bestilles gjennom oppdragsgiver B
 Kan ikke utleveres C