



Statlig program for forurensningsovervåking

RAPPORT NR 179/85

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

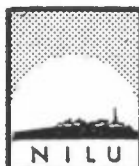
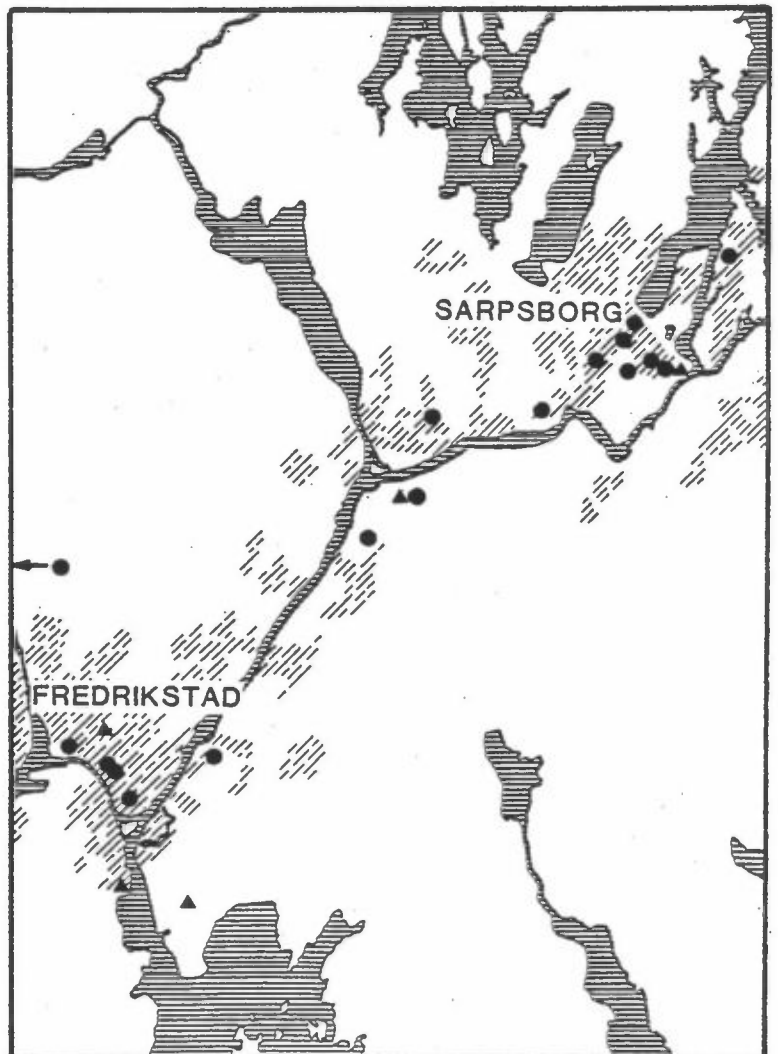
Deltakende institusjon

NILU

BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN I SARPSBORG OG FREDRIKSTAD 1981-1983

DELRAPPORT B

KORROSJON OG MILJØ



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

Postboks 130 - 2001 Lillestrøm



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter vil bli publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

NILU OR : 28/84
REFERANSE : O-8202
DATO : DESEMBER 1984

*BASISUNDERSØKELSE AV LUFTKVALITETEN
I SARPSBORG OG FREDRIKSTAD 1981-1983*

DELRAPPORT 8: KORROSJON OG MILJØ

Svein Haagenrud, Jan F. Henriksen, F. Gram

Utført etter oppdrag av Statens forurensningstilsyn

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORURENSNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

ISBN-82-7247-469-4

KONKLUSJON

For metallene stål, sink, kopper og aluminium har en funnet gode og likeartede dose-effekt-sammenhenger. Hovedhensikten med korrosjonsundersøkelsen har vært å etablere sammenhenger (dose-effekt) mellom miljøvariable og korrosjonen av stål, sink, kopper og aluminium i et så lite og ensartet geografisk område at klimaet er tilnærmet det samme for området.

Hypotesen om samme klima for området er vist å være tilnærmet riktig.

For alle metallene beskrives korrosjonen som en sum av miljøvariablene "svoveldioksid-konsentrasjon" i luft og "våttid" etter den skjematiske ligningen $korr = a(SO_2) + b(\text{våttid}) - \text{konstant}$. Sammenhengen er utviklet ved multippel regresjonsanalyse og gir høye korrelasjoner med korrelasjonskoeffisienter ca 0,9. (Al 0,78) Uforklart variasjon i korrosjonen er 11 til 17% (Al 39%). Relasjonen uttrykker at korrosjonen for alle metallene utgjøres av et bidrag som skyldes SO_2 i luft og et bidrag som skyldes de naturlige klimavariablene uttrykt ved våttiden, (tiden den relative fuktigheten er høyere enn 80% og temperaturen samtidig over $0^{\circ}C$.)

Korrosjonsbidraget fra SO_2 er dominerende, men varierer med materialtypen, lokaliteten og eksponeringsperioden.

For stål, sink og kopper og aluminium er SO_2 -bidraget til den totale årskorrosjon på bakgrunnsstasjonen Hoff hhv ca 15-, 30-, 20- og 15%. På industristasjonen Borregaard er tilsvarende tall hhv ca 75-, 85-, 75-, og 70%.

Det er store korrosjonsproblemer i området rundt A/S Borregaard, hvor korrosjonshastigheten er 5-6 ganger høyere enn utenfor Sarpsborg sentrum. I sentrumsområdene i Sarpsborg og Fredrikstad er korrosjonen 50-100% høyere enn utenfor byene. Sammen med spredningsmodellen for SO_2 er dose-effektrelasjonen for stål på kvartalsbasis benyttet til å beregne korrosjonskart for området. Kartet gjelder for vinteren 81/82 som er perioden med utslippsdata. Med utslippsdata for hele året kunne tilsvarende kart beregnes også for Zn, Cu og Al. Kartene kan benyttes til å vurdere omfanget av korrosjonen, å velge egnet korrosjonsbeskyttelse i avhengighet av lokalitet, samt å beregne effekten av utslippsreduksjoner på korrosjonen. Korrosjonsundersøkelsen vil bli fulgt opp med beregninger av skadekostnader. Rutinemessig overvåking fortsetter.

SAMMENDRAG

Korrosjonsundersøkelsen i Sarpsborg og Fredrikstad har hatt to hovedmål. For det første å etablere sammenhenger mellom miljøvariable og korrosjon (dose-effekt) for fire metaller i et så lite og ensartet geografisk område at klimaet er tilnærmet det samme for området. Da vil variasjonen i korrosjonen måtte skyldes kun variasjon i et fåtall forurensningsparametre. Slike dose-effekt-sammenhenger er nødvendige for å kunne beregne skadevirkninger og for å kunne vurdere tiltak for reduksjon av slike skadevirkninger.

Den andre hovedhensikt har vært å bestemme omfanget av korrosjonen i området.

De 8 grunnlagsmaterialene omhandler:

1. Bakgrunn for prosjektet, det utførte måleprogram og metoder for behandlingen av måledataene. Korrosjonsmålinger av stål, sink, kopper og aluminium samt SO_2 -målinger er utført på 15 stasjoner i perioden november 1981 til oktober 1983. Dessuten er klimatiske parametre og nedbørkvalitet registrert ved enkelte stasjoner. For å undersøke sammenhenger er flere standard statistiske testmetoder benyttet. Det er testet på ulikheter både i enkeltvariablers middelerverdier og i koeffisienter i lineære regresjonslinjer.
2. Meteorologiske måledata og sammenligningen av disse for å undersøke hypotesen om samme klima for området. Sammenligningen av temperatur, relativ fuktighet, våttid, nedbørmengde og -varighet viser at hypotesen om samme klima for området er tilnærmet riktig.
3. Luft- og nedbørkvalitetsmålinger for området. Basert på SO_2 konsentrasjonen i luft grupperes stasjonene i 3 nivåer. Dette er bakgrunnsstasjonen Hoff, industristasjonen Borregaard og resten av stasjonene som grupperer seg omkring nivået på Alvim. For klorid-belastning fra luft og nedbørkvalitet (pH, SO_4 , Cl og ledningsevne) er det kun foretatt målinger på de tre stasjonene Hoff, Borregaard og Alvim. Igjen er nedbørkvaliteten dårligst på Borregaard, mens Hoff og Alvim er tilnærmet like. I regresjonsanalysene ved utviklingen av dose-effekt-relasjonene settes alle stasjonene utenom Hoff og Borregaard like med Alvim ("Alvim-stasjonene").

4. Beregnete kvartals- og årsverdier for aktuelle miljøvariable som skal brukes i regresjonsanalysene for utvikling av dose-effekt-relasjoner. Det er store variasjoner i verdiene fra kvartal til kvartal, unntatt for nedbørkvaliteten, og også forskjeller fra 1981/82 til 1982/83. For de to årene er temperatur og våttid høyere i 1982/83, mens SO_2 -konsentrasjonen er lavere.
5. Korrosjonsmålingene. For stål viser både måneds-, kvartals og årseksposeringen at korrosjonshastigheten på stasjonene grupperer seg i de tre nivåene: Bakgrunns- (Hoff), industri- (Borregaard) og byatmosfære (Alvim-stasjonene). Forholdstallet mellom korrosjonen i de 3 nivåene er ca 1:5:2. Ved lave våttider (kaldt eller tørt vær) er korrosjonen liten. Det er ingen særlig forskjell i stålkorrosjonen i 1981/82 og 1982/83.

Årskorrosjonen av sink er også lavest på Hoff og høyest på Borregaard, men på mange av stasjonene er korrosjonen høyere enn på Alvim.

Årskorrosjonen av kopper er klart høyest på Borregaard, mens korrosjonen på de andre stasjonene er noenlunde lik. Korrosjonen var ca dobbelt så stor i 1982/83 som i 1981/82.

Årskorrosjonen av aluminium er også høyest på Borregaard, men ellers er det ingen klar gruppering mellom stasjonene. Også for aluminium er det vesentlig høyere korrosjon i 1982/83. Både for kopper og aluminium synes derfor våttiden å ha større betydning enn en liten nedgang i SO_2 -konsentrasjonen.

6. Dose-effekt-relasjonene for stål på måneds-, kvartals- og årsbasis. Relasjonene er utviklet ved multippel lineær regresjonsanalyse. Alle de signifikante dose-effekt-relasjonene inneholder kun variablene SO_2 og våttid. For måneds- og kvartalseksposering gir summen av SO_2 og våttid best korrelasjon med korrosjonen. For årskorrosjonen er det best korrelasjon med SO_2 alene. Korrelasjonskoeffisientene er fra 0,85 til 0,94, dvs. den uforklarte variasjonen er fra 27 til 11%. Restvariansen skyldes både usikkerhet i måledataene, ved at en har antatt det samme klima for hele området, hvilket ikke er strengt riktig, samt eventuelle korrosjonsbidrag fra andre, ikke målte, klimavariabler og forurensninger.

Dose-effekt-relasjonene uttrykker at korrosjonen utgjøres av et bidrag

fra SO_2 og et fra naturlig klimavariabel som våttid o.l. Både for månedskorrosjon og kvartalskorrosjonen utgjør SO_2 bidraget for Hoff, Borregaard og Alvim "stasjonene" henholdsvis ca 15, 75 og 35-50% av den totale korrosjonen.

7. Dose-effekt-relasjonene for sink, kopper og aluminium på årsbasis ved de to ettårseksponeringene 1981/82 og 1982/83. Årskorrosjonen av alle tre materialene er godt beskrevet av relasjoner med summen av SO_2 og våttid med korrelasjonskoeffisienter henholdsvis 0,94 (sink), 0,91 (kopper) og 0,78 (aluminium). Det gir en uforklart varians for de tre metallene på henholdsvis 12, 15 og 39%. Restvariansen skyldes som for stål usikkerhet i måledata og eventuelle korrosjonsbidrag fra andre klimavariabel og forurensninger. Den relativt store usikkerheten for aluminium skyldes at aluminium har liten korrosjon og dessuten er utsatt for lokalkorrosjon.

Korrosjonsbidraget på grunn av SO_2 -konsentrasjonen i luft er dominerende for alle tre materialene, men varierer med materialet, lokaliteten og eksponeringsperioden. For sink er SO_2 -bidraget på Borregaard i 1981/82 og 1982/83 henholdsvis 93% og 78% av den totale korrosjonen.

8. Korrosjonskart for stål for vinteren 81/82. Med hjelp av en NILU-spredningsmodell for SO_2 vinteren 1981/82 og dose-effekt-relasjonen for stål på kvartalsbasis $K_{\text{Fe}} = 2,43 \text{SO}_2 + 0,11 \text{TOW} - 21,7$ ($R = 0,9$) har en modellert korrosjonen av stål i området. En har da antatt at kvartalsrelasjonen også gjelder for halvårskorrosjonen. Kartet viser økningen av korrosjonen inn mot bysentrum i Fredrikstad og inn mot Borregaard fabrikker i Sarpsborg. Ved Borregaard er korrosjonshastigheten 5-6 ganger høyere enn utenfor byen. Slike kart kan brukes til å beregne omfanget av korrosjonsskadene, å vurdere valg av korrosjonsbeskyttelse og til å vurdere effekten av utslippsreduksjonen på korrosjon.

Beregninger av korrosjonsskadene i Sarpsborg/Fredrikstad vil bli utført i 85/86 som en "case study" innenfor et nordisk prosjekt om beregning av reduserte korrosjonsskader som følge av reduserte SO_2 -utslipp i Norden. Prosjektet er finansiert av Miljøverndepartementet (MD) og Statens Forurensningstilsyn (SFT). Dessuten fortsetter korrosjonsundersøkelsene i Sarpsborg/Fredrikstad-regionen som et ledd i Statlig program for forurensningsovervåking, med rutinemessig overvåking av korrosjonen på de tre stasjonene Hoff, Borregaard og Alvim innenfor et 10-års program.

**BASISUNDERSØKELSE I SARPSBORG OG
FREDRIKSTAD 1981-1983
SLUTTRAPPORT**

DELRAPPORT 4: KORROSJON OG MILJØ

GRUNNLAGSMATERIALE 1 - BAKGRUNN, MÅLEPROGRAM OG DATABEHANDLING

Hovedhensikten med korrosjonsundersøkelsen i Sarpsborg og Fredrikstad har vært å etablere sammenhenger mellom miljøvariable og korrosjon (dose/effekt), og å bestemme omfanget av korrosjonen. Dose-effekt sammenhenger er nødvendige for å kunne beregne skadevirkninger og for å kunne vurdere tiltak for reduksjon av slike skadevirkninger. Den samtidige virkningen av mange miljøvariable er et problem ved bestemmelsen av slike relasjoner. Ved basisundersøkelsen foretas undersøkelsene for et såvidt begrenset geografisk område at de klimatiske forhold kan antas å være like innen området. Dersom dette er riktig vil en eventuell variasjon i korrosjonen kun måtte skyldes variasjon i et fåtall forurensningsparametre i luft/nedbør.

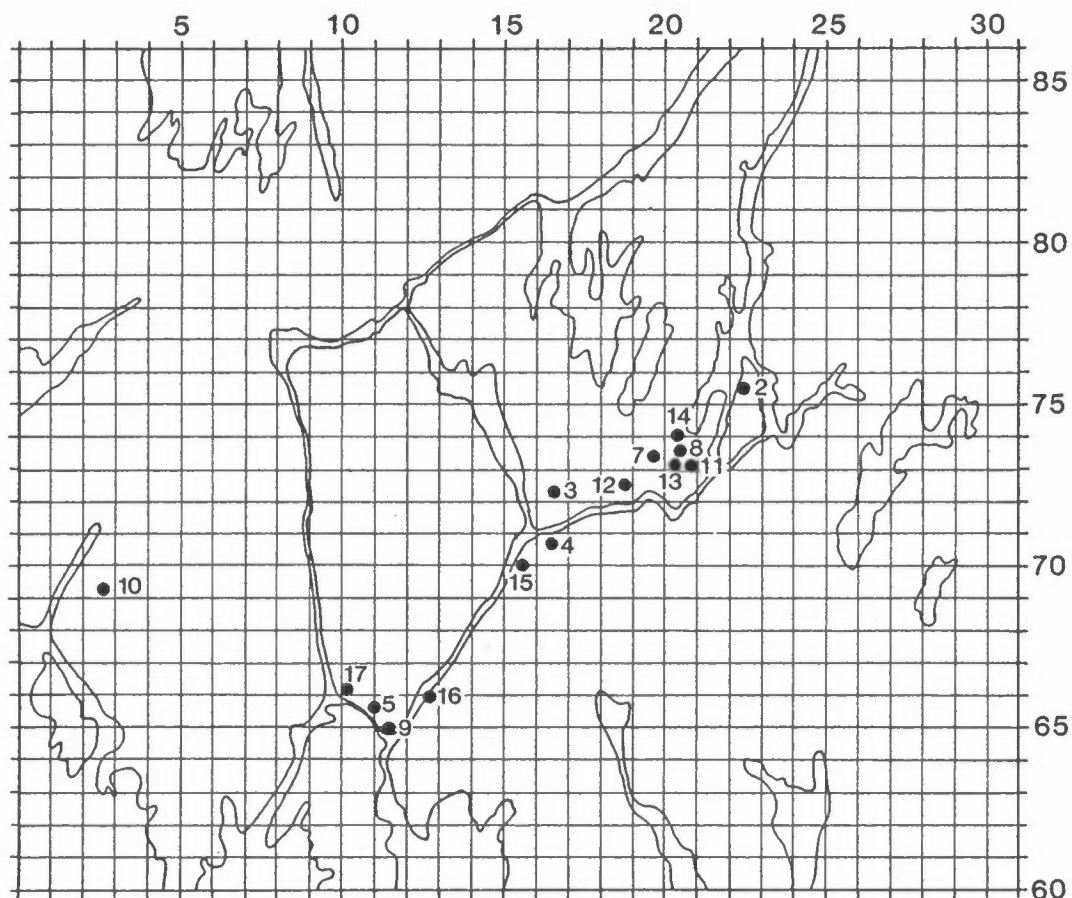
Korrosjonsmålinger av stål, sink, kopper og aluminium samt SO₂-målinger er utført på 15 stasjoner i perioden november 1981 - oktober 1983. I tillegg er klimatiske parametre og nedbørkvalitet registrert ved enkelte stasjoner.

Stasjonsnettets er vist i figur 1. Korrosjonsmålingene omfatter årseksponeringer av stål, sink, kopper og aluminium, samt kvartalseksponering av stål i to år. I perioden november 1982 - oktober 1983 er det dessuten foretatt månedseksponeringer av stål. Platene er eksponert åpent i 45⁰ vinkel med horisontalplanet, vendt mot sør. Prøvene veies før og etter eksponering og korrosjonshastigheten angis som vekttap. Korrosjonsproduktene fjernes før veiing ved beising etter standardprosedyrer (Wranglen, 1972).

Utviklingen av det beskyttende patinabelegget på kopper påvirkes av forurensningsnivået, og utviklingen er registrert ved fotografering.

Temperatur, relativ fuktighet, våttid (tid over 80% relativ fuktighet og temperatur over 0⁰ C), nedbørmengde og -varighet er målt med termohygrograf, nedbørsamler og pluviograf på to eller flere av stasjonene Alvim, Borregaard, Hoff, Brannstasjonen i Fredrikstad, Kalnes, Rygge og Nordre Møum i Borge. Kalnes og Rygge er Meteorologisk Institutt's (MI) stasjoner.

Enkeltvariable og regresjonslinjer er sammenlignet ved statistiske testmetoder. For å undersøke sammenhenger er flere statistiske testmetoder benyttet (Kleinbaum og Kupper, 1978). Vi har testet på ulikheter både i variablers middelverdier og koeffisienter i lineære regresjonslinjer ut fra antall observasjoner, standardavvik og valgte konfidensnivåer. Korrosjonshastigheten er beregnet etter utviklede regresjonsligninger. Sammenhengen mellom målte og beregnede korrosjonshastigheter vil følge ligningen $y=ax+b$, hvor y = beregnet og x = målt verdi. Ved fullstendig samsvar er $y=x$. Vi har derfor testet samsvaret mellom målte og beregnede verdier ved å teste signifikansen av hypotesene $a=1$ og $b=0$ for koeffisientene i regresjonsligningen.



Figur 1: Målesteder i Sarpsborg og Fredrikstad-området.

GRUNNLAGSMATERIALE 2 - METEOROLOGISKE MÅLINGER

Hypotesen om samme klima for området er tilnærmet riktig. Tabell 1 viser en oversikt over de meteorologiske målinger og meteorologiske variable som er sammenlignet på stasjonene Alvim, Borregaard, Hoff, Brannstasjonen i Fredrikstad, Kalnes, Rygge og Nordre Moum i Borge. Tabell 2 viser de månedlige måledata for nedbørmengder, relativ fuktighet, temperatur og våttid, samt nedbørtid. Sammenligningen av dataene er gjort ved lineære regresjonsanalyser. Korrelasjonsmatrisen sammen med middelerverdier, standardavvik og statistiske tester er vist i tabell 3 og 4.

Med unntak av Alvim er det ikke signifikante forskjeller i målte nedbørmengder på stasjonene og månedlige nedbørmengder kan derfor antas å være like over S/F-området.

Av korrelasjonsmatrisen i tabell 3 framgår det at nedbørmålingene med nedbørsamler på Alvim er dårlig korrelert med de øvrige målingene. De øvrige nedbørmålingene er meget godt korrelert med korrelasjonskoeffisienter $R > 0.9$. Selv om det er en tendens til høyere nedbørmengder på stasjonene innover fra kysten sammenlignet med Fredrikstad (figur 2-4), så viser de statistiske testene at forskjellene ikke er signifikante på 99% nivå. De er på grensen til signifikans på 95% nivå. For vårt formål regner vi derfor med samme månedlige nedbørmengder i hele S/F-området. Nedbørmengdene målt med pluviograf på Alvim, eventuelt med nedbørsamlere på MI-stasjonene, kan brukes som en rimelig middelerverdi for nedbørmengdene i S/F-området.

Det er god korrelasjon og ingen signifikante forskjeller hverken i temperatur, relativ fuktighet eller våttid målt på Alvim og Nordre Moum, eller i nedbørtid målt på Alvim og i Fredrikstad.

Tabell 4 viser korrelasjonsmatrisen, mens figur 5-7 viser sammenhengene mellom midlere månedsverdier for temperatur, relativ fuktighet og våttid målt på Alvim og på Nordre Moum i Borge. De små forskjellene som framkommer er ikke statistisk signifikante på 99% nivå. Det samme er tilfelle for nedbørtid målt på Alvim og i Fredrikstad, figur 8. Total våttid og nedbørtid målt på Alvim kan derfor brukes som rimelige middelerverdier for våttid/nedbørtid for hele Sarpsborg/Fredrikstad-området.

Tabell 1: Oversikt over meteorologiske målemetoder og variable på stasjonene som er brukt til å sammenligne klima i Sarpsborg/Fredrikstad. I tabellen er angitt variabelens datakode, som referens i tabell 2.

Instrument	Nedbørsamler		Termohygrograf			Pluviograf		
Variabel	Nedbørmengde (mm)		Temp. (°C)	RH %	Våttid (time)	N.mengde mm		N.varighet Døgn Time
Stasjon	NILU	MI						
Alvim	mm ALV		T ALV	RH ALV	TOW ALV	mmp ALV	DN ALV	TN ALV
Borregaard	mm BOR							
Hoff	mm HOF							
Br.stasjon, Fredrikstad								
Kalnes		mm KAL				mmp BRA	DN BRA	TN BRA
Rygge		mm RYG						
Nordre Moum (Borge)			TMOU	RH MOU	TOW MOU			

Tabell 2: Månedsverdier for nedbørmengder, relativ fuktighet, temperatur og våttid. Åpne plasser betyr manglende data.

Måned/År	mm ALV	mmP ALV	mm BOR	mm HOF	mmP BRA	Mmm KAL	Mmm RYG	RH ALV	T ALV	TOW ALV	mm ALV	TN ALV	DN ALV	TN BRA	RH MOU	T MOU	TOW MOU	
1181			141	114		114	161	140	83	27	128	141	128	16	111			
1281	111	2	18	38	17	11	38					2	3	2	37	75	-91	14
0182			14	21	10	27	29								40			
0282	15	33	46	21	42	36									50	88	-22	179
0382	95	76	81	79	111	105	84	21	476						139	79	18	345
0482	1	28	54	30	29	23	66	62	246						34	65	52	239
0582	76	57	65	74	63	90	100	72	99	327	57	73	11	77	77	93	405	
0682	8	13	9	9	2	7	11	63	155	178	13	13	7	7	64	133	219	
0782	4	19	14	19	15	21	17	64	212	204	19	17	6	15	72	173	312	
0882	110	94	86	87	133	123	109	68	176	279	94	89	15	80	75	166	361	
0982	117	87	100	106	105	110	77	140	372					94	82	126	475	
1082	68	76	90	66	93	94	84	87	498					92	88	78	472	
1182		171	147	143		190	177	85	48	393	171	155	21		87	46	444	
1282	89	108	89	104	80	106	127	87	03	327	108	110	15	95	85	13	376	
0183		67	48	19	49	65	50	80	30	281	67	62	15	62	80	30	323	
0283	63		43	22	9	11	23								23	76	-33	77
0383	28	51	37	32	59	52		25	314	51	109	17	59	81	22	396		
0483	40	46	28	38	32	58	57	78	69	362	46	112	18	85	82	58	436	
0583	90	74	32	55	74	89	97	75	108	329	74	91	18	105	77	106	434	
0683	63	42	30	27	32	30	27	73	135	274	42	60	15	49		138	222	
0783	6	38	37	43	28	50	59	68	180	202	38	34	5	30		175		
0883	44	20	11	16	21	20	77	166	335	20	30	4	26		162			
0983	72	100	98	154	80	108	128	75	116	343	100	109	20	96				
1083	93	104	88	126	73	108	105	76	82	332	104	102	16	90				

Tabell 3: Lineær regresjonsanalyse - Sammenheng mellom nedbørmengder målt med nedbørsamler og/eller Pluviograf på Alvim, Borregaard, Hoff, Brannstasjonen, Kalnes og Rygge.

NEDBØRMÅLERE SARP-FR.STAD

*** KORR ***

VARIABEL	MIDL	ST.DEV	MAX	MIN	OBS
ALV	59.650	38.951	117.000	1.000	20
ALVP	67.471	46.852	171.000	2.000	17
BOR	54.375	37.254	147.000	8.000	24
HOF	64.190	43.091	154.000	9.000	21
BRAP	50.609	36.800	133.000	2.000	23
KALM	71.667	49.156	190.000	7.000	24
RYGM	72.167	46.946	177.000	11.000	24

KORRELASJONSMATRISE							
ALV	1.000						
ALVP	.535	1.000					
BOR	.646	.961	1.000				
HOF	.548	.852	.909	1.000			
BRAP	.723	.896	.883	.767	1.000		
KALM	.642	.976	.943	.866	.945	1.000	
RYGM	.689	.942	.941	.906	.911	.974	1.000
	ALV	ALVP	BOR	HOF	BRAP	KALM	RYGM

Y=AX+B							
A-MATRISEN							
	ALV	ALVP	BOR	HOF	BRAP	KALM	RYGM
ALV	1.00	.505	.504	.543	.664	.658	.728
ALVP	.566	1.00	.840	.906	.847	1.09	.996
BOR	.828	1.10	1.00	1.08	1.01	1.24	1.19
HOF	.552	.801	.764	1.00	.683	.952	.974
BRAP	.787	.943	.775	.862	1.00	1.11	1.05
KALM	.625	.875	.715	.789	.806	1.00	.930
RYGM	.652	.891	.747	.842	.794	1.02	1.00
	ALV	ALVP	BOR	HOF	BRAP	KALM	RYGM

B-MATRISEN							
	ALV	ALVP	BOR	HOF	BRAP	KALM	RYGM
ALV	.000E+00	24.7	19.0	30.9	9.78	24.6	23.4
ALVP	20.5	.000E+00	-.922	6.24	.853	3.14	9.97
BOR	19.0	6.06	.000E+00	5.24	-.173E-01	3.99	7.70
HOF	26.5	13.4	5.41	.000E+00	8.98	9.31	9.83
BRAP	20.8	11.2	11.1	17.1	.000E+00	10.5	14.7
KALM	19.7	.418	3.14	8.85	-2.99	.000E+00	5.52
RYGM	16.1	-1.28	.490	3.22	-3.10	-1.92	.000E+00
	ALV	ALVP	BOR	HOF	BRAP	KALM	RYGM

Eks.:

ALV = .566 * ALVP + 28.531

Tabell 3: Forts.

ANTALL OBS.							
ALV	20.						
ALVP	14.	17.					
BOR	20.	17.	24.				
HOF	18.	14.	21.	21.			
BRAP	20.	16.	23.	20.	23.		
KALM	20.	17.	24.	21.	23.	24.	
RYGM	20.	17.	24.	21.	23.	24.	24.
	ALV	ALVP	BOR	HOF	BRAP	KALM	RYGM

STANDARD AVVIK FOR A							
	ALV	ALVP	BOR	HOF	BRAP	KALM	RYGM
ALV	.000E+00	.231	.140	.207	.150	.185	.180
ALVP	.258	.000E+00	.624E-01	.161	.112	.023E-01	.916E-01
BOR	.231	.816E-01	.000E+00	.114	.117	.933E-01	.910E-01
HOF	.211	.142	.801E-01	.000E+00	.135	.126	.104
BRAP	.177	.126	.900E-01	.170	.000E+00	.840E-01	.103
KALM	.176	.501E-01	.536E-01	.104	.611E-01	.000E+00	.463E-01
RYGM	.162	.820E-01	.573E-01	.903E-01	.784E-01	.508E-01	.000E+00
	ALV	ALVP	BOR	HOF	BRAP	KALM	RYGM

STANDARD AVVIK FOR B							
	ALV	ALVP	BOR	HOF	BRAP	KALM	RYGM
ALV	.000E+00	16.1	9.93	15.2	10.6	13.1	12.8
ALVP	16.7	.000E+00	5.08	12.9	8.09	5.07	7.46
BOR	13.2	5.60	.000E+00	7.37	6.94	6.11	5.96
HOF	15.9	11.6	6.15	.000E+00	9.67	9.66	8.01
BRAP	10.7	8.02	5.59	10.4	.000E+00	5.21	6.40
KALM	13.2	4.60	4.63	8.78	4.81	.000E+00	4.00
RYGM	12.6	7.45	4.90	7.71	6.21	4.34	.000E+00
	ALV	ALVP	BOR	HOF	BRAP	KALM	RYGM

Tabell 4: Lineær regresjonsanalyse - Sammenheng mellom temperatur/relativ fuktighet målt på Alvim, Brannstasjonen og Nordre Moum.

TERMOGRAFER SARP-FR.STAD

*** KORR ***

VARIABEL	MIDL	ST.DEV	MAX	MIN	OBS
RHA	75.579	7.396	87.000	63.000	19
T A	9.705	6.164	21.200	.300	20
TOWA	310.000	91.804	498.000	128.000	20
MMA	67.471	46.852	171.000	2.000	17
TNA	76.294	44.556	155.000	3.000	17
DNA	13.000	5.958	21.000	2.000	17
TNBR	65.043	35.218	139.000	7.000	23
RHMO	78.412	7.063	83.000	64.000	17
T MO	6.274	7.456	17.500	-9.100	23
TOWM	316.278	134.241	475.000	14.000	18

KORRELASJONSMATRISE										
RHA	1.000									
T A	-.755	1.000								
TOWA	.587	-.304	1.000							
MMA	.714	-.587	.249	1.000						
TNA	.765	-.737	.473	.882	1.000					
DNA	.601	-.661	.503	.761	.911	1.000				
TNBR	.747	-.579	.558	.872	.904	.819	1.000			
RHMO	.899	-.473	.774	.724	.833	.713	.571	1.000		
T MO	-.694	.989	-.495	-.128	-.213	-.152	-.132	-.295	1.000	
TOWM	.599	-.215	.705	.644	.807	.803	.672	.424	.499	1.000

Y=AX+B										
A-MATRISEN										
	RHA	T A	TOWA	MMA	TNA	DNA	TNBR	RHMO	T MO	TOWM
RHA	1.00	-.621	7.49	4.54	4.45	.456	3.85	.797	-.505	6.55
T A	-.917	1.00	-4.53	-4.10	-4.75	-.552	-3.34	-.542	.896	-2.98
TOWA	.461E-01	-.204E-01	1.00	.152	.268	.369E-01	.213	.619E-01	-.327E-01	.686
MMA	.112	-.842E-01	.406	1.00	.839	.967E-01	.730	.958E-01	-.223E-01	1.73
TNA	.131	-.114	.337	.928	1.00	.122	.735	.111	-.368E-01	2.19
DNA	.793	-.790	6.85	5.98	6.81	1.00	4.73	.775	-.193	17.7
TNBR	.145	-.100	1.43	1.04	1.11	.142	1.00	.108	-.287E-01	2.54
RHMO	1.01	-.414	9.68	5.47	6.26	.664	3.01	1.00	-.299	8.18
T MO	-.954	1.09	-7.48	-.729	-1.23	-.119	-.603	-.292	1.00	9.30
TOWM	.549E-01	-.155E-01	.723	.240	.297	.364E-01	.177	.220E-01	.267E-01	1.00

B-MATRISEN										
	RHA	T A	TOWA	MMA	TNA	DNA	TNBR	RHMO	T MO	TOWM
RHA	.000E+00	57.0	-256.	-263.	-255.	-20.7	-217.	17.6	47.8	-133.
T A	84.8	.000E+00	354.	113.	129.	19.3	104.	82.9	.303	391.
TOWA	61.3	16.0	.000E+00	27.7	3.81	3.06	4.32	57.9	19.7	141.
MMA	66.8	16.2	.259.	.000E+00	19.7	6.47	19.5	71.6	10.0	221.
TNA	64.6	19.5	220.	-3.31	.000E+00	3.71	11.6	69.3	11.3	165.
DNA	64.3	21.0	194.	-10.3	-12.2	.000E+00	4.92	67.5	11.1	92.6
TNBR	64.6	17.1	204.	-5.60	.256	3.42	.000E+00	70.7	9.11	146.
RHMO	-3.24	41.1	-429.	-361.	-411.	-38.5	-168.	.000E+00	29.2	-318.
T MO	84.5	-.119	387.	63.7	79.2	13.1	65.4	80.1	.000E+00	261.
TOWM	55.7	14.8	60.9	-16.7	-23.2	1.37	9.72	71.3	-2.36	.000E+00

$$RHA = -.917 * T A + 84.822$$

ANTALL OBS.										
RHA	19.									
T A	19.	20.								
TOWA	19.	20.	20.							
MMA	15.	15.	16.	17.						
TNA	15.	16.	16.	17.	17.					
DNA	15.	16.	16.	17.	17.	17.				
TNBR	18.	19.	19.	16.	16.	16.	23.			
RHMO	13.	14.	14.	11.	11.	11.	16.	17.		
T MO	16.	17.	17.	14.	14.	14.	19.	17.	25.	
TOWM	14.	15.	15.	12.	12.	12.	17.	17.	18.	18.

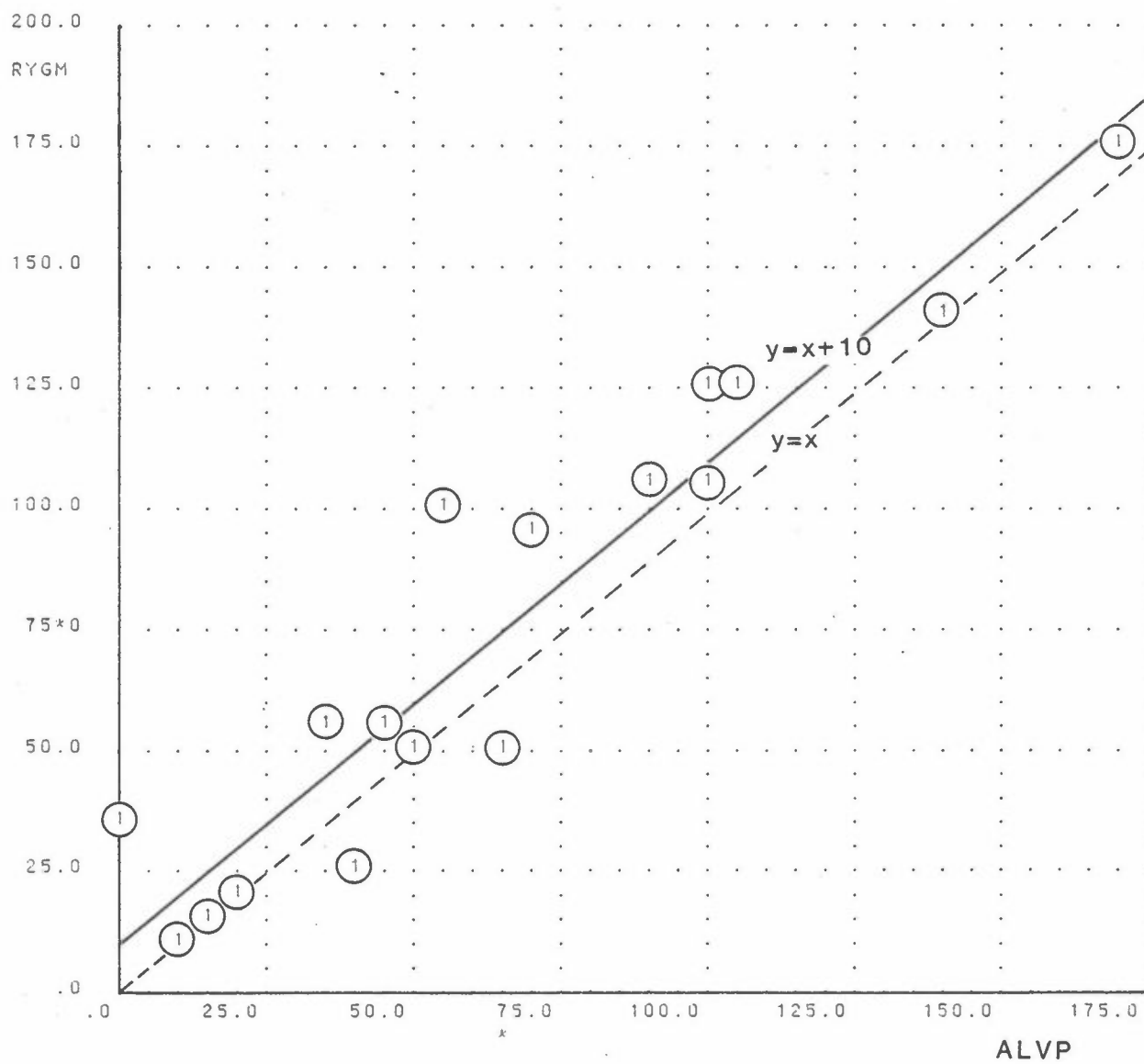
Tabell 4: Forts.

STANDARD AVVIK FOR A										
	RHA	T A	TOWA	MMA	TNA	DNA	TNBR	RHMO	T MO	TOWM
RHA	.000E+00	.131	2.50	1.24	1.04	.168	.856	.117	.140	2.52
T A	.193	.000E+00	3.34	1.51	1.16	.168	1.14	.291	.339E-01	3.76
TOWA	.154E-01	.151E-01	.000E+00	.158	.133	.170E-01	.765E-01	.146E-01	.148E-01	.192
MMA	.305E-01	.310E-01	.425	.000E+00	.116	.213E-01	.110	.305E-01	.501E-01	.650
TNA	.307E-01	.281E-01	.416	.123	.000E+00	.243E-01	.931E-01	.245E-01	.488E-01	.507
DNA	.292	.240	3.15	1.32	.798	.000E+00	.865	.251	.363	4.16
TNBR	.305E-01	.342E-01	.516	.156	.141	.266E-01	.000E+00	.417E-01	.525E-01	.724
RHMO	.149	.222	2.28	1.74	1.39	.215	1.15	.000E+00	.250	4.51
T MO	.264	.414E-01	3.39	1.64	1.63	.224	1.10	.244	.000E+00	4.04
TOWM	.212E-01	.195E-01	.202	.900E-01	.688E-01	.356E-02	.505E-01	.121E-01	.116E-01	.000E+00
	RHA	T A	TOWA	MMA	TNA	DNA	TNBR	RHMO	T MO	TOWM

STANDARD AVVIK FOR B										
	RHA	T A	TOWA	MMA	TNA	DNA	TNBR	RHMO	T MO	TOWM
RHA	.000E+00	9.95	190.	93.1	78.3	12.7	64.5	8.74	10.6	192.
T A	2.26	.000E+00	38.2	18.1	13.9	2.01	13.3	3.13	.403	41.1
TOWA	4.97	4.86	.000E+00	47.0	39.5	5.03	25.0	4.95	4.88	64.3
MMA	2.61	2.60	35.5	.000E+00	9.40	1.73	7.92	2.40	3.59	49.7
TNA	2.73	2.54	37.6	11.2	.000E+00	1.25	7.60	2.18	3.96	43.9
DNA	4.24	3.52	46.1	18.7	11.4	.000E+00	12.1	3.60	4.68	59.9
TNBR	2.58	2.71	40.8	11.2	10.1	1.90	.000E+00	3.11	3.68	53.2
RHMO	11.7	17.4	179.	135.	108.	16.8	90.3	.000E+00	19.7	255.
T MO	2.97	.452	37.1	18.9	13.3	2.53	11.6	3.19	.000E+00	37.6
TOWM	7.86	7.29	75.3	31.5	24.1	2.99	17.0	4.24	4.00	.000E+00
	RHA	T A	TOWA	MMA	TNA	DNA	TNBR	RHMO	T MO	TOWM

KORRELASJON R= .342

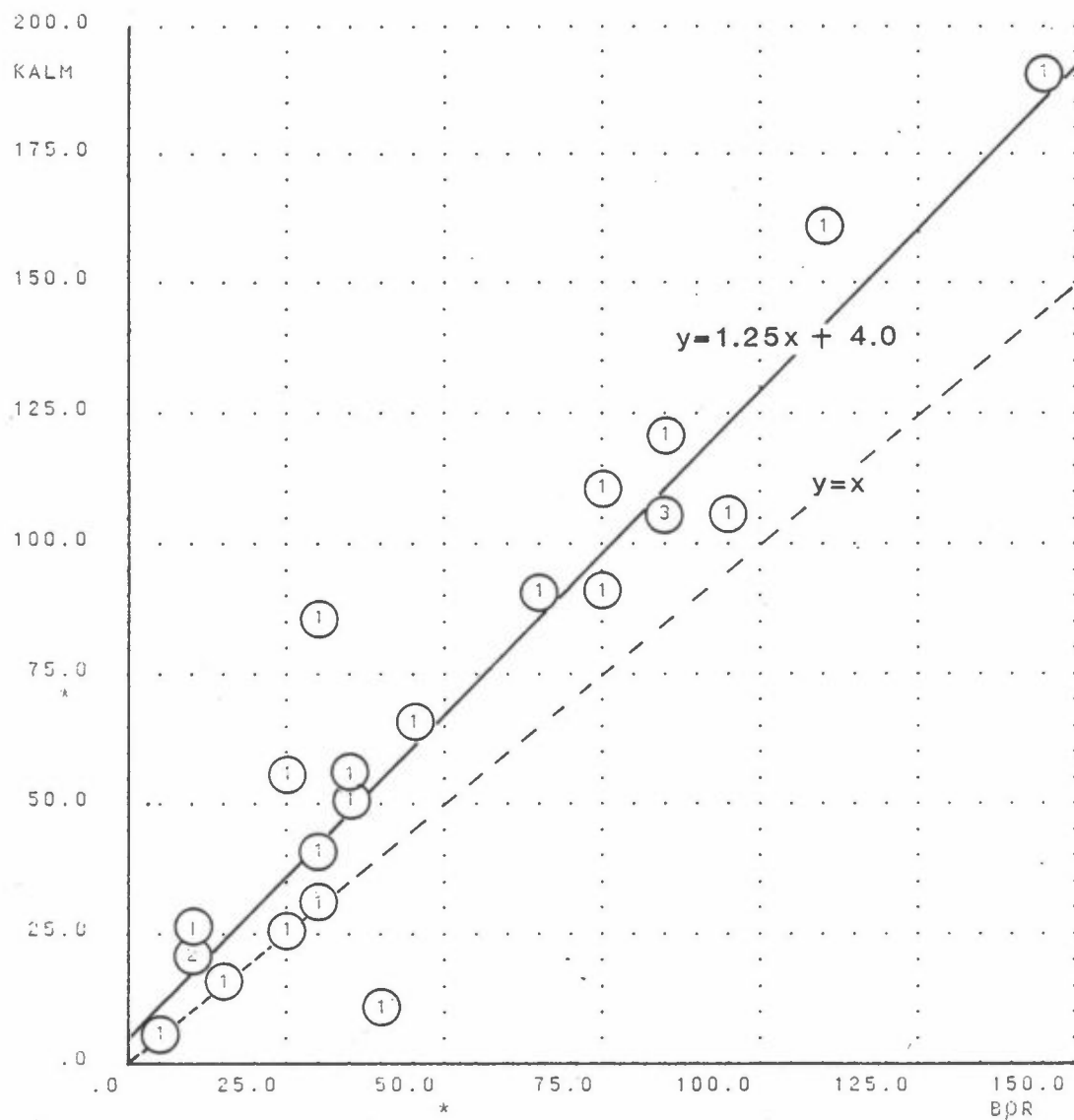
RYGM = .996 * ALVP + 9.972



Figur 2: Sammenheng mellom månedlige nedbørmengder målt med nedbørsamler på Rygge (RYGM) og med pluviograf på Alvim (ALVP).

KORRELASJON R= .943

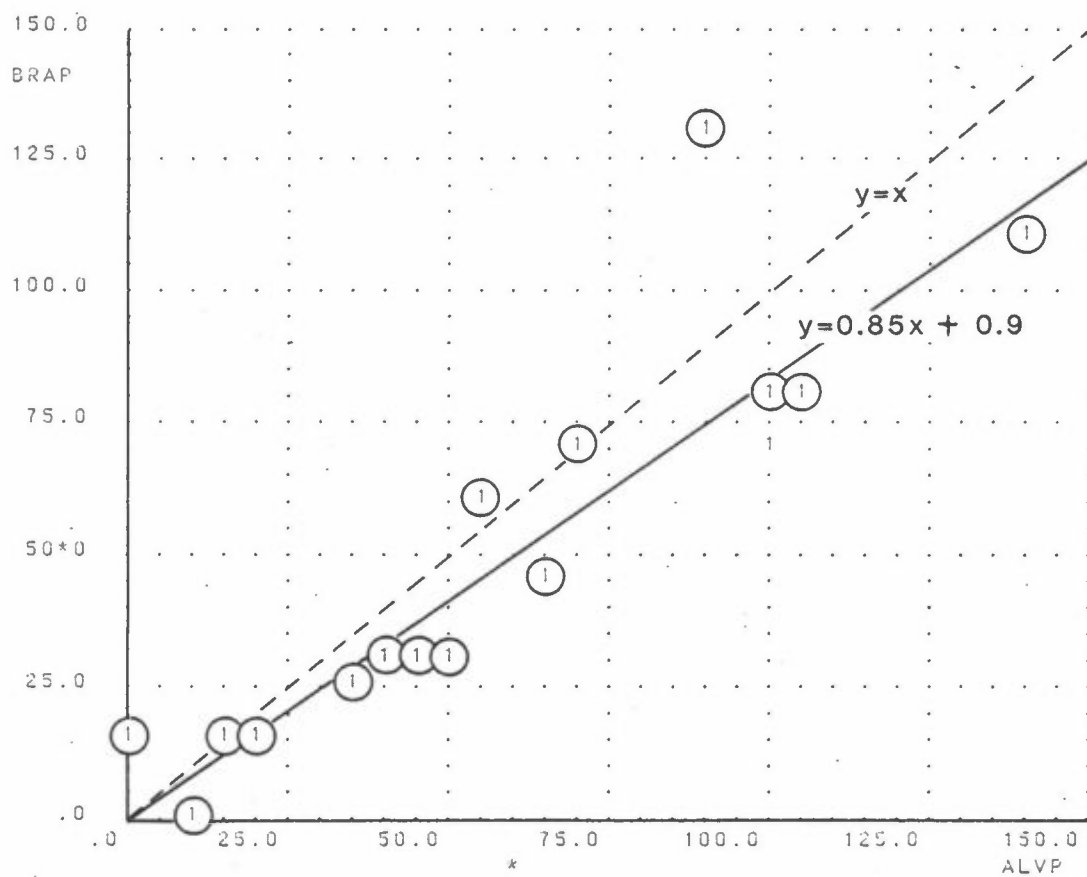
KALM = 1.245 * BOR + 3.986



Figur 3: Sammenheng mellom månedlige nedbørmengder målt med nedbørsamler på Kalnes (KALM) og på Borregaard (BOR).

KORRELASJON R= .896

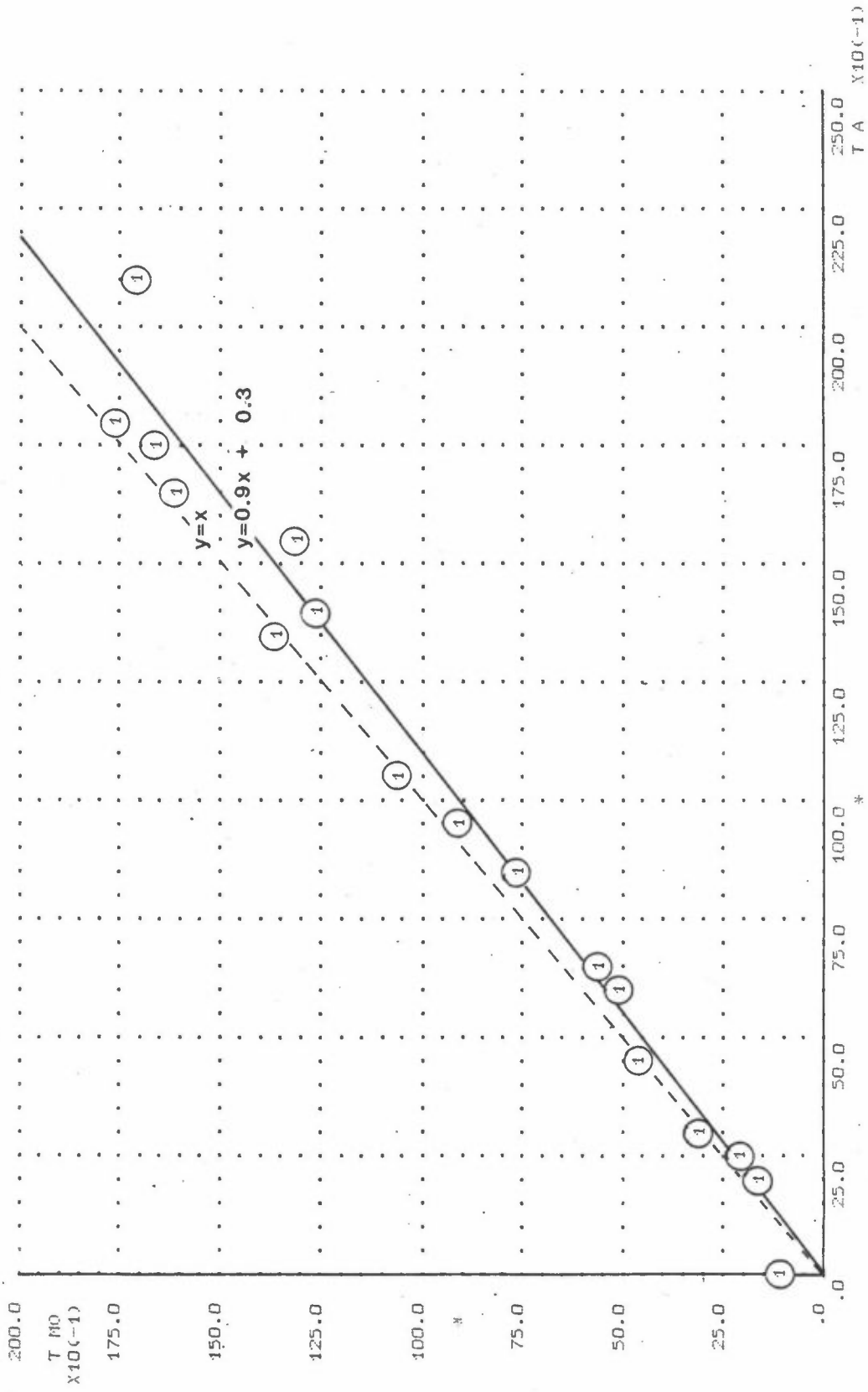
BRAP = .847 * ALVP + .853



Figur 4: Sammenheng mellom månedlige nedbørmengder målt med pluviograf på Brannstasjonen (BRAP) og på Alvim (ALVP).

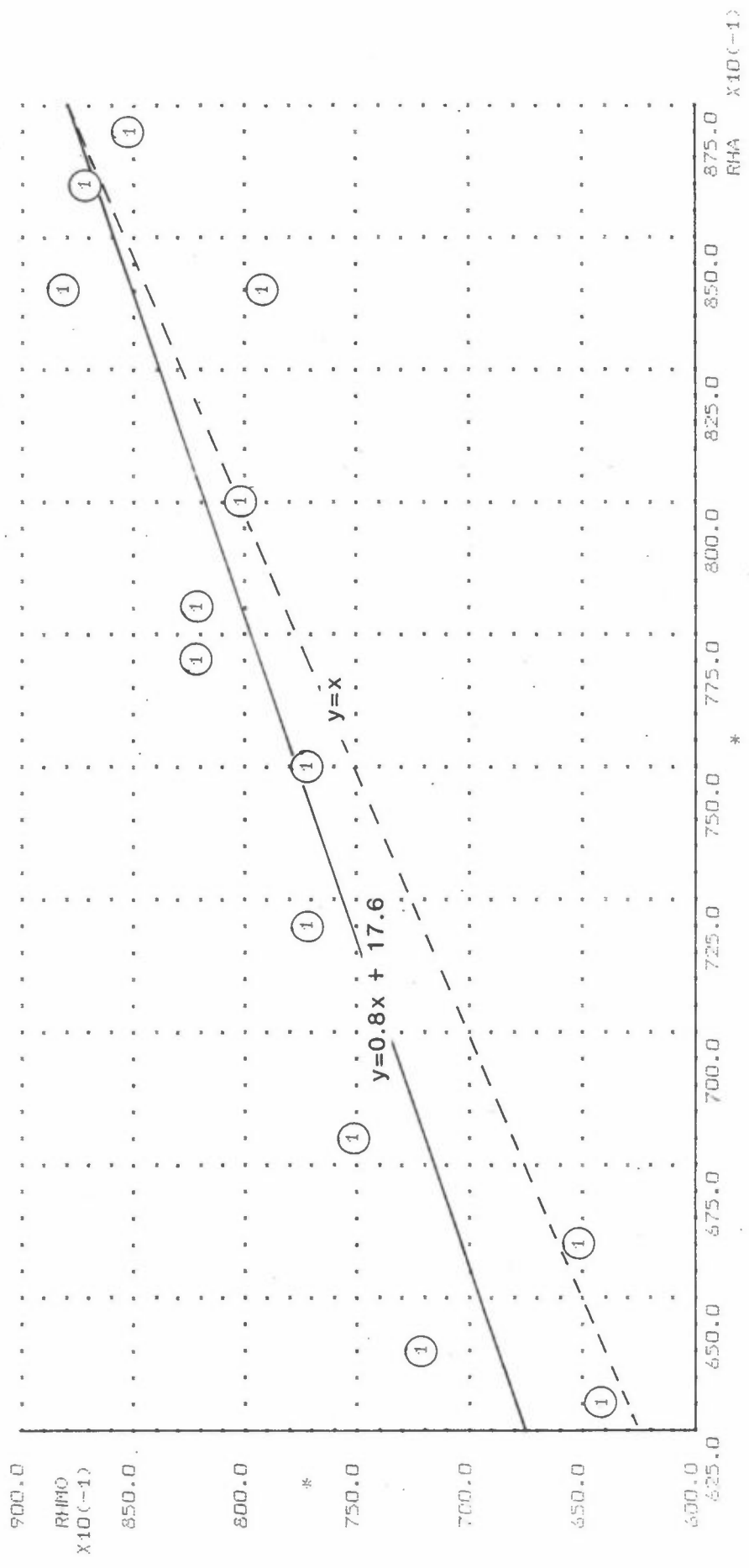
KORRELASJON R= .939

T MO = .896 * T A + .303



Figur 5: Sammenheng mellom månedlige middeltemperaturer målt på ALVIM (TA) og på Nordre Moum i Borge (TMO).

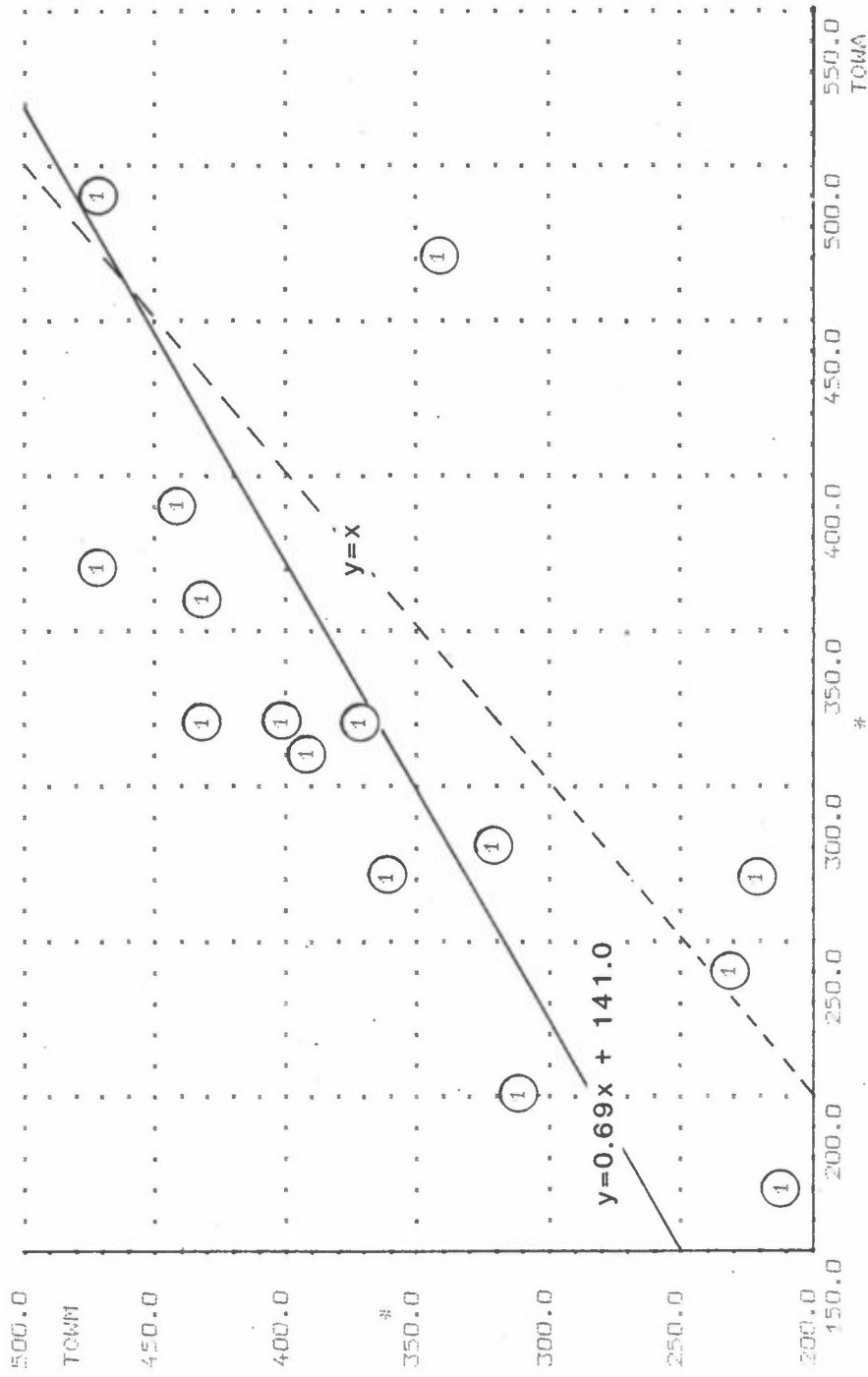
KORRELASJON R= .899
 RHMO = .797 * RHA + 17.591



Figur 6: Sammenheng mellom månedlig midlere relativ fuktighet målt på Alvim (RHA) og på Nordre Moum i Borge (RHMO).

KORRELASJON R= .705

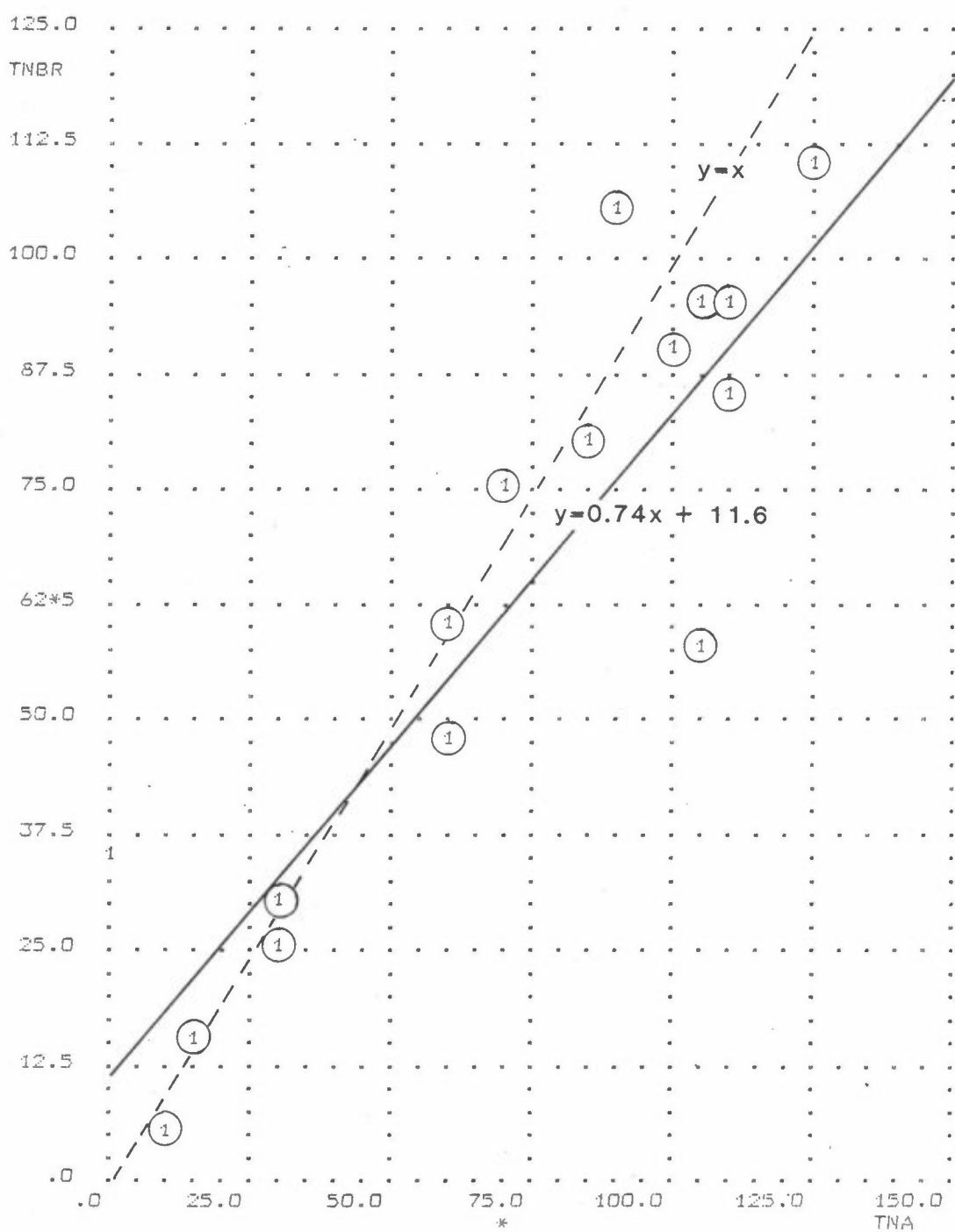
TOWM = .688 * TOWA + 140.982



Figur 7: Sammenheng mellom månedlige våttider på Alvim (TOWA) og på Nordre Moum i Borge (TOWM).

KORRELASJON R= .904

$$TNBR = .735 * TNA + 11.558$$



Figur 8: Sammenheng mellom månedlige nedbørtider på Alvim (TNA) og på Brannstasjonen i Fredrikstad (TNBR).

GRUNNLAGSMATERIALE 3 - LUFT OG NEDBØRKVALITET

For svoveldioksid i luft skiller stasjonene seg i 3 konsentrasjonsnivåer: bakgrunnstasjon Hoff med middelkonsentrasjon $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og industristasjon Borregaard med middelkonsentrasjon $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens de andre stasjonene har middelkonsentrasjoner mellom $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (samlet middel $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Luftkvalitetsmålingene for korrosjonsformål er basert på bestemmelse av midlere månedskonsentrasjon av svoveldioksid på alle stasjonene.

Utenom de målingene som inngår i programmet for luftkvalitet er det i perioden målt SO_2 med månedsprøvetaker på stasjonene Hafslundsøy, Borge, Sarpsborghallen, Fellesbanken og Phønix. Manglende månedsvise data er anslått ved sammenligning av stasjonene innbyrdes på grafiske plott. Figur 9 viser plott av måleverdier for 6 av stasjonene, mens tabell 5 viser målte og anslåtte verdier og hvilke relasjoner som er brukt ved beregningen av verdiene. Tabell 6 viser en del statistiske data for alle stasjonene.

Grupperingen av stasjonene Hoff, Borregaard og resten omkring verdiene for Alvim ("Alvim"-stasjonene) vises klart.

Belastningen fra kloridaerosoler i luft er høyest på Borregaard. De andre stasjonene kan antas å være like.

Belastningen fra klorid-aerosoler i luft er målt med NILUs aerosolfelle på stasjonene Hoff, Borregaard og Alvim, figur 10. Middelverdier og regresjonsanalyser for ulike komponenter i luft og nedbør er vist i tabell 7. Midlere månedlig kloridbelastning for de tre stasjonene er hhv. 1.2, 10.6 og $2.2 \text{ mg}/\text{m}^2 \cdot \text{døgn}$. Forskjellen mellom Hoff og Alvim er ikke signifikant på 99% nivå. Stasjonene er dårlig korrelert. Belastningen av kloridaerosoler målt med NILUs aerosolfelle på Alvim kan antas å være rimelig lik belastningene på de andre stasjonene i Sarpsborg/Fredrikstad-området.

Nedbørkvaliteten (pH, SO_4^{2-} og Cl^- -konsentrasjon, ledningsevne) er dårligst på Borregaard. De andre stasjonene kan antas å være like.

Nedbørkvaliteten er undersøkt ved prøvetaking med NILUs nedbørsamler på Hoff, Borregaard og Alvim, og ved bestemmelse av ledningsevne, pH, SO_4^{2-} , og Cl^- -konsentrasjon. Det er høyere (H^+), (SO_4^{2-}) og ledningsevne på Borregaard sml. med Hoff og Alvim, som ikke er signifikant forskjellige. Kloridkonsentrasjonene er ikke forskjellig på de tre stasjonene. I senere regresjonsanalyser brukes nedbørkvalitetsdataene for de tre stasjonene direkte, og når nedbørmengdene kan settes like for S/F-området får alle de resterende stasjonene samme nedbørkvalitetsdata som Alvim.

Av korrelasjonsmatrisen i tabell 7 framgår at det generelt er dårlig korrelasjon mellom variablene for nedbørkvalitet på de 3 stasjonene. Hoff har i 2 måneder en ekstremt høy belastning av SO_4^{2-} (juli 83) og Cl^- (okt 1983) fra sjøsalttransport. Dette gjør at nivået for (SO_4^{2-}) og (Cl^-) på Hoff ikke blir lavere enn Borregaard på høyt signifikansnivå.

Tabell 5: Målte og beregnede (i ramme) månedlige SO₂-verdier.

STASJONER	HAFS	GRE	NMOU	CITY	BROC	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.O	ALVI	ADM.	BRAN	ØSTL	NABB	TEGL
Måned/År																
1181	25	25	22	23	24	20	36	22	5	74	32	17	30	19	25	29
1281	25	11	26	50	51	59	65	49	6	34	21	21	17	28	52	43
0182	25	42	41	64	57	85	78	67	7	97	47	57	32	57	72	80
0282	35	26	30	35	46	35	45	38	14	141	26	33	51	25	36	54
0382	23	28	39	23	28	34	43	20	11	163	24	37	43	15	21	33
0482	20	14	16	17	17	14	16	14	6	61	19	18	17	13	30	14
0582	23	13	12	16	16	14	16	19	7	90	21	18	18	14	20	12
0682	12	19	11	18	18	14	17	14	7	103	22	20	21	14	16	12
0782	12	14	12	11	11	12	18	10	6	103	18	17	24	10	8	7
0882	15	17	22	15	15	24	27	11	5	146	12	24	30	21	17	13
0982	14	20	11	13	13	23	26	9	4	197	14	36	38	27	13	20
1082	11	18	12	16	16	18	32	13	5	134	28	25	28	8	22	15
1182	12	21	17	26	24	22	50	13	5	109	24	26	36	18	20	19
1282	17	19	18	25	24	31	49	15	5	82	22	24	30	16	31	24
0183	22	23	19	17	18	17	40	12	4	85	28	25	33	18	26	22
0283	17	29	22	34	32	49	40	44	7	68	28	36	32	30	30	30
0383	17	23	17	20	21	21	30	17	6	119	29	25	36	17	27	22
0483	9	16	34	18	18	21	20	16	5	82	22	20	22	11	15	13
0583	9	15	10	15	15	14	17	14	5	67	21	13	16	9	11	10
0683	12	10	12	11	11	10	16	9	5	84	11	15	20	8	12	10
0783	12	15	10	11	11	16	18	7	5	93	16	21	29	13	9	11
0883	12	12	10	13	13	16	19	7	4	105	13	23	24	10	14	12
0983	13	19	16	13	13	16	21	9	5	99	25	19	24	13	20	17
1083	13	20	19	11	11	15	22	8	6	72	25	13	22	16	24	20

GRUNNLAG FOR ESTIMERING AV MANGLENDE SO₂-VERDIER

- 1 HAFS=HAFS etterfølgende verdi
- 2 GRE=(ALVI+ØSTL)/2
- 3 NMOU=(HAFS+ØSTL)/2
- 4 CITY=BROC
- 5 SARP=SARP etterfølgende verdi
- 6 FELL=(SARP+BRAN)/2
- 7 PHØN=ØSTL
- 8 HOFF=HOFF nivå
- 9 TEGL=(NABB+ØSTL)/2

Tabell 6: Middelerverdi, standardavvik, max og min-verdier.

VARIABEL	MIDL	ST.DEV	MAX	MIN	OBS
HAFS	16.875	6.530	35.000	9.000	24
GRE	19.542	7.077	42.000	10.000	24
BORG	19.063	9.089	41.000	10.000	24
CITY	21.458	12.961	64.000	11.000	24
BROC	21.792	12.786	57.000	11.000	24
SARP	25.000	17.388	35.000	10.000	24
FELL	31.708	16.758	78.000	16.000	24
PHØN	19.042	15.150	67.000	7.000	24
HOFF	6.042	2.236	14.000	4.000	24
ST.O	100.333	35.845	197.000	34.000	24
ALVI	22.833	7.625	47.000	11.000	24
ADM.	24.500	10.026	57.000	13.000	24
BRAN	28.042	8.775	51.000	16.000	24
ØSTL	17.917	10.400	57.000	8.000	24
NABB	23.792	14.197	72.000	8.000	24
TEGL	22.583	16.563	80.000	7.000	24

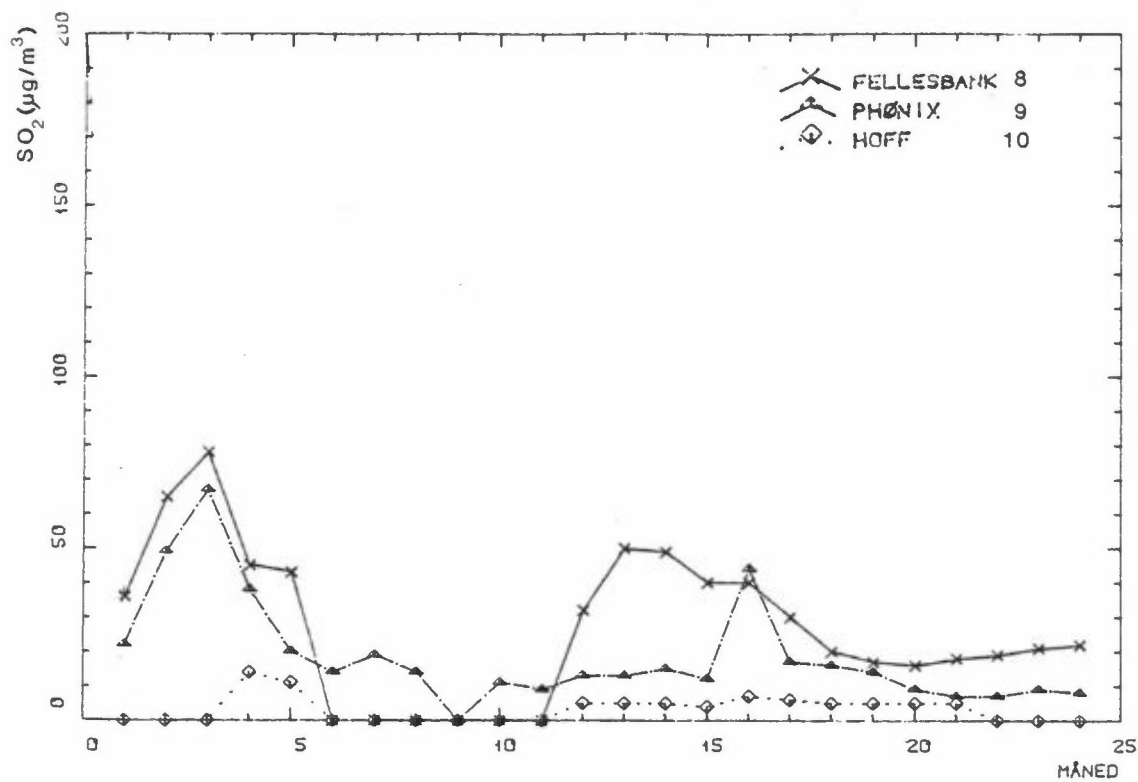
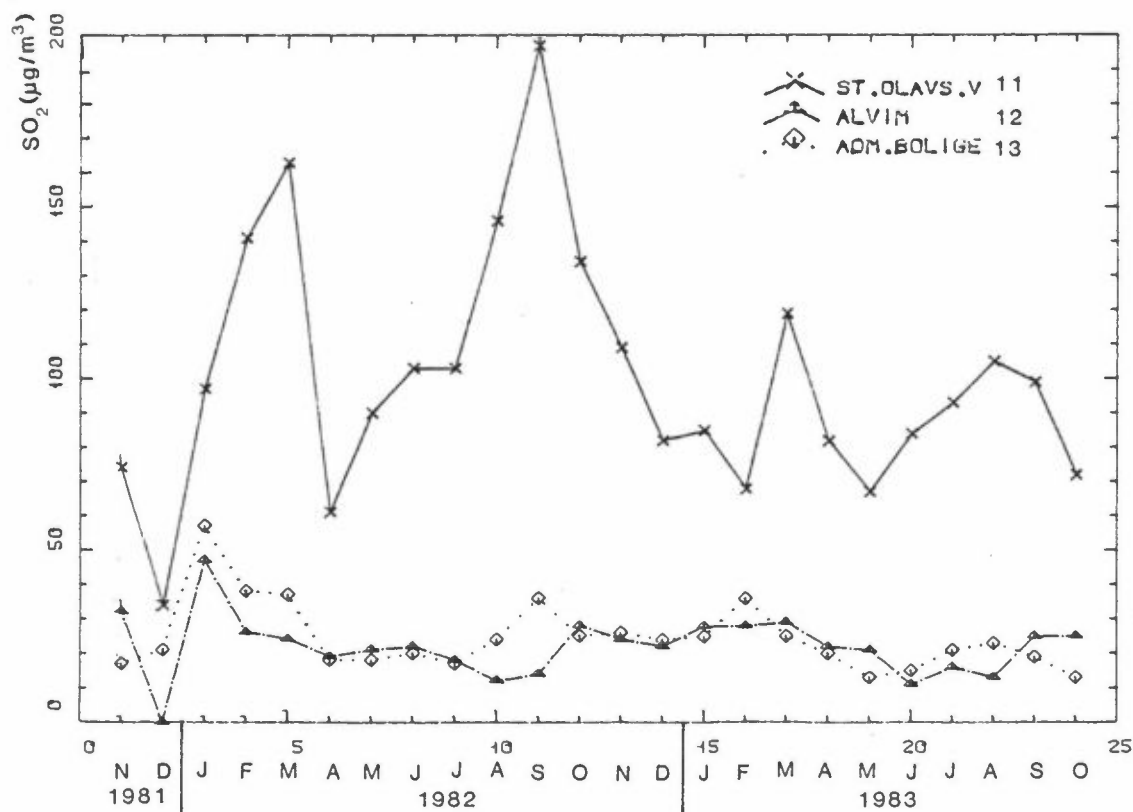
Tabell 7: Lineær regresjonsanalyse - sammenheng mellom luft og nedbørskvalitetsmålinger.

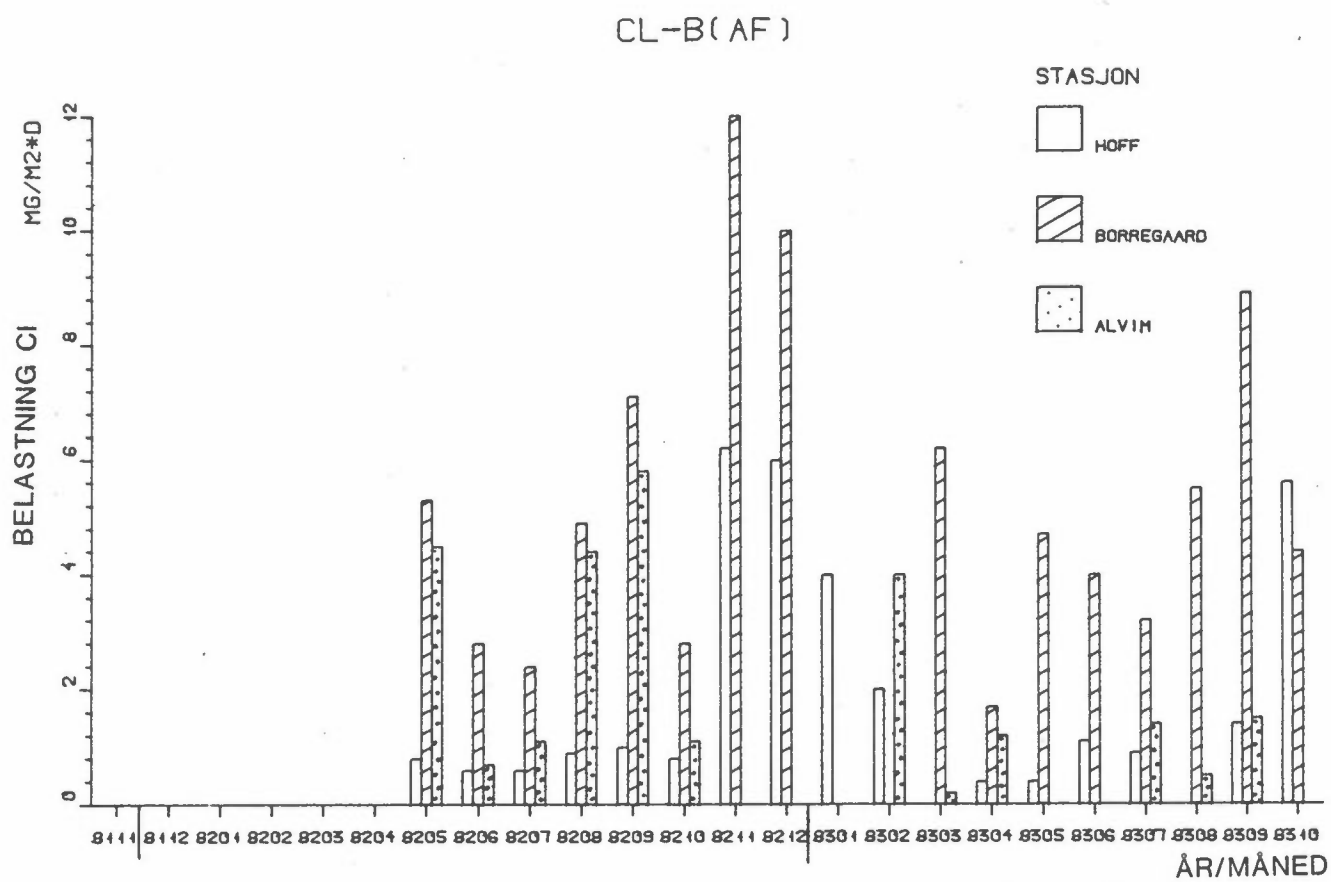
LUFT/NEDBØRSKVALITET SARP-FR.STAD					Borregaard					Hoff									
*** KORR ***					Alvim					Borregaard					Hoff				
KAPA	H+ A	S04A	CLCA	CLAA	KAPB	H+ B	S04B	CLCB	CLAB	KAPH	H+ H	S04H	CLCH	CLAH					
.00	.00	.00	.00	.00	6.70	100.00	9.30	3.70	.00	.00	.00	.00	.00	.00					
4.30	18.00	4.50	4.60	.00	4.50	40.00	7.80	3.20	.00	3.10	50.00	3.30	.90	.00					
.00	.00	.00	.00	.00	11.30	126.00	23.40	4.40	.00	3.90	50.00	4.20	1.60	.00					
13.20	178.00	15.00	4.10	.00	10.90	158.00	15.60	2.80	.00	9.90	141.00	10.50	3.10	.00					
4.20	63.00	4.50	3.40	.00	9.50	200.00	13.50	3.50	.00	4.60	63.00	4.20	4.00	.00					
.60	1.00	.30	.20	.00	5.10	63.00	10.50	1.50	.00	5.60	.00	3.60	7.10	.00					
5.10	89.00	6.90	2.20	4.53	8.30	158.00	11.40	2.50	5.33	2.60	32.00	4.50	.80	.84					
.80	4.00	.90	.20	.67	10.60	100.00	14.40	2.90	2.84	3.30	9.00	.30	3.70	.58					
4.20	63.00	10.50	1.40	1.11	20.80	447.00	31.80	.70	2.40	3.10	50.00	6.30	.80	.58					
3.70	50.00	4.50	2.50	4.44	7.70	112.00	.60	3.10	4.89	3.10	35.00	3.30	3.20	.89					
5.50	79.00	6.60	2.20	5.78	7.90	141.00	10.80	2.00	7.11	4.90	63.00	5.10	2.40	.98					
5.10	100.00	5.70	1.00	1.07	7.10	126.00	9.90	.90	2.80	4.10	63.00	4.50	1.50	.76					
.00	.00	.00	.00	.00	6.10	100.00	6.30	4.80	12.00	7.10	45.00	4.20	12.10	1.73					
4.60	40.00	3.60	7.00	.00	6.80	100.00	8.10	6.50	10.00	6.30	40.00	4.20	11.10	1.56					
.00	.00	.00	.00	.00	6.20	89.00	7.50	4.40	.00	9.60	.00	6.60	14.00	4.00					
5.50	50.00	6.90	5.80	4.04	9.80	50.00	12.00	15.00	.00	5.70	79.00	5.40	3.20	2.00					
3.80	56.00	4.80	1.40	.22	9.00	158.00	12.30	2.40	6.22	.00	.00	.00	.00	.00					
6.10	89.00	8.40	.90	1.20	8.30	158.00	10.60	1.30	16.93	.30	178.00	12.00	2.20	.44					
4.80	100.00	7.50	1.00	.00	21.80	251.00	39.30	7.40	4.67	4.80	35.00	9.60	1.40	.40					
2.30	35.00	2.70	1.70	.00	7.90	158.00	9.90	2.20	4.00	5.60	40.00	8.10	6.20	1.11					
16.60	316.00	23.40	4.00	1.42	7.50	126.00	12.30	3.30	32.58	4.50	3.00	81.00	26.00	.89					
5.70	112.00	9.00	3.20	.53	12.80	224.00	18.60	5.60	5.51	.00	.00	.00	.00	.00					
4.10	71.00	4.20	3.00	1.47	8.00	71.00	18.90	2.90	8.89	3.10	40.00	3.60	3.40	1.38					
8.60	56.00	5.10	1.50	.00	7.30	112.00	7.80	6.00	43.56	6.50	50.00	4.20	120.10	1.16					

VARIABLEL	MIDL	ST.DEV	MAX	MIN	OBS
KAPA	5.440	3.723	16.600	.600	20
H+ A	78.500	68.934	316.000	1.000	20
S04A	6.750	5.126	23.400	.300	20
CLCA	2.565	1.831	7.000	.200	20
CLAA	2.207	1.914	5.780	.220	12
KAPB	9.254	4.200	21.800	4.500	24
H+ B	140.333	83.090	447.000	40.000	24
S04B	13.450	8.299	39.300	.600	24
CLCB	3.375	2.935	15.000	.700	24
CLAB	10.608	11.545	43.560	2.400	16
KAPH	4.843	2.257	9.900	.300	21
H+ H	56.105	41.024	178.000	3.000	19
S04H	8.936	16.722	81.000	.300	21
CLCH	10.695	25.741	120.100	.800	21
CLAH	1.209	.877	4.000	.400	16

KORRELASJONSMATRISE															
KAPA	1.000														
H+ A	.909	1.000													
S04A	.913	.948	1.000												
CLCA	.358	.205	.264	1.000											
CLAA	-.014	-.115	-.099	.363	1.000										
KAPB	-.016	.107	.226	-.223	-.303	1.000									
H+ B	.025	.153	.287	-.279	-.267	.821	1.000								
S04B	-.005	.147	.219	-.225	-.452	.910	.676	1.000							
CLCB	.087	-.046	.007	.548	.259	.122	-.252	.074	1.000						
CLAB	.752	.452	.441	.153	-.096	-.321	-.280	-.260	.297	1.000					
KAPH	.359	.173	.155	.352	.355	-.137	-.182	-.148	.291	.270	1.000				
H+ H	.184	.038	.123	.005	-.037	-.031	.051	-.059	-.058	.048	.036	1.000			
S04H	.758	.872	.834	.173	-.221	-.032	.030	.020	-.044	.501	-.013	-.196	1.000		
CLCH	.314	.063	.046	-.074	-.212	-.176	-.120	-.212	.169	.861	.252	-.112	.115	1.000	
CLAH	.040	-.167	-.163	.814	.403	-.411	-.427	-.361	.346	.195	.792	-.092	-.107	.078	1.000
	KAPA	H+ A	S04A	CLCA	CLAA	KAPB	H+ B	S04B	CLCB	CLAB	KAPH	H+ H	S04H	CLCH	CLAH

KAP=ledningsevne/H⁺=surhet/SO₄=sulfatkons./Cl=kloridkons.

SO₂ - NOVEMBER 81 - OKTOBER 83SO₂ - NOVEMBER 81 - OKTOBER 83Figur 9: Midlere månedlige SO₂ -konsentrasjoner på 6 av stasjonene.



Figur 10: Månedlig belastning av kloridaerosoler i luft på Hoff, Borregaard og Alvim.

GRUNNLAGSMATERIALE 4 - BEREGNEDE KVARTALS- OG ÅRSVERDIER FOR MILJØVARIABLE

De beregnede kvartalsverdier viser for de fleste aktuelle miljøvariable store variasjoner fra kvartal til kvartal på de enkelte stasjoner.

De kvartalsverdiene som er beregnet fra Grunnlagsmateriale 2 og 3 er vist i tabell 8. Minst variasjon viser nedbørkvaliteten. For stasjonene utenom Hoff og Borregaard er nedbørkvaliteten satt lik med Alvim.

Sammenlignet med 1981/82 viser de beregnede årsverdiene for 1982/83 høyere temperatur, total våttid og nedbørtid, men lavere SO₂-konsentrasjon. Nedbørkvaliteten er tilnærmet lik.

Årsverdiene er vist i tabell 9.

Tabell 8: Beregnede kvartalsverdier for aktuelle miljøvariable på stasjonene Hoff, Borregaard og Alvim.

KV1: 8111-8201								
STASJON	KAPPA US	H+ (PH) UG/L	S04-C MG/L	CL-C MG/L	CL (AF) MG/M2*0	TEMP CELS	TOW* TIMER	TN* TIMER
10HOFF	3.4	50.1(4.3)	1.2	1.2	-	-	-	-
11BORREGAARD	6.9	93.3(4.0)	3.5	3.7	-	-	-	-
12ALVIM	4.3	17.8(4.8)	1.5	4.6	-	-4.9	196	188
KV2: 8202-8204								
STASJON	KAPPA US	H+ (PH) UG/L	S04-C MG/L	CL-C MG/L	CL (AF) MG/M2*0	TEMP CELS	TOW TIMER	TN TIMER
10HOFF	6.3	64.3(4.2)	1.9	4.7	-	-	-	-
11BORREGAARD	9.0	163.2(3.8)	4.5	2.9	-	-	-	-
12ALVIM	5.3	76.2(4.1)	1.9	3.4	-	1.9	901	233
KV3: 8205-8207								
STASJON	KAPPA US	H+ (PH) UG/L	S04-C MG/L	CL-C MG/L	CL (AF) MG/M2*0	TEMP CELS	TOW TIMER	TN TIMER
10HOFF	2.8	33.1(4.5)	1.5	1.1	.7	-	-	-
11BORREGAARD	10.5	198.6(3.7)	5.0	2.3	3.5	-	-	-
12ALVIM	4.7	80.3(4.1)	2.2	2.0	2.1	15.5	709	103
KV4: 8208-8210								
STASJON	KAPPA US	H+ (PH) UG/L	S04-C MG/L	CL-C MG/L	CL (AF) MG/M2*0	TEMP CELS	TOW TIMER	TN TIMER
10HOFF	4.1	54.4(4.3)	1.4	2.4	.9	-	-	-
11BORREGAARD	7.6	126.5(3.9)	2.3	2.0	4.9	-	-	-
12ALVIM	4.7	73.3(4.1)	1.9	2.0	3.8	13.4	1149	266
KV5: 8211-8301								
STASJON	KAPPA US	H+ (PH) UG/L	S04-C MG/L	CL-C MG/L	CL (AF) MG/M2*0	TEMP CELS	TOW TIMER	TN TIMER
10HOFF	7.0	39.6(4.4)	1.5	11.8	5.4	-	-	-
11BORREGAARD	6.3	98.2(4.0)	2.4	5.3	11.0	-	-	-
12ALVIM	4.6	39.8(4.4)	1.2	7.0	-	2.7	1001	327
KV6: 8302-8304								
STASJON	KAPPA US	H+ (PH) UG/L	S04-C MG/L	CL-C MG/L	CL (AF) MG/M2*0	TEMP CELS	TOW TIMER	TN TIMER
10HOFF	7.8	124.5(3.9)	2.8	2.7	1.2	-	-	-
11BORREGAARD	8.7	155.0(3.3)	3.9	2.3	4.0	-	-	-
12ALVIM	5.3	63.4(4.2)	2.3	3.4	1.8	3.2	753	233
KV7: 8305-8307								
STASJON	KAPPA US	H+ (PH) UG/L	S04-C MG/L	CL-C MG/L	CL (AF) MG/M2*0	TEMP CELS	TOW TIMER	TN TIMER
10HOFF	6.2	35.6(4.4)	3.9	3.8	.8	-	-	-
11BORREGAARD	12.3	176.4(3.8)	6.3	4.3	4.0	-	-	-
12ALVIM	4.2	82.5(4.1)	2.1	1.4	1.4	14.1	305	185
KV8: 8308-8310								
STASJON	KAPPA US	H+ (PH) UG/L	S04-C MG/L	CL-C MG/L	CL (AF) MG/M2*0	TEMP CELS	TOW TIMER	TN TIMER
10HOFF	4.6	44.5(4.4)	1.3	7.3	3.5	-	-	-
11BORREGAARD	7.9	111.9(4.0)	3.3	5.2	19.3	-	-	-
12ALVIM	6.4	75.1(4.1)	1.9	2.4	1.0	12.1	1010	241

* Der hvor det mangler registreringer på ALVIM er brukt BRANNSTASJON eller NORDRE MOLU.

	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6	KV7	KV8
STASJON	8111-8201	8202-8204	8205-8207	8208-8210	8211-8301	8302-8304	8305-8307	8308-8310
	S02	S02	S02	S02	S02	S02	S02	S02
	UG/M3	UG/M3	UG/M3	UG/M3	UG/M3	UG/M3	UG/M3	UG/M3
CHAFSLUND	25.0	25.0	15.7	13.3	17.0	14.3	11.0	12.7
3GBREAKER	26.0	22.7	15.3	16.3	21.0	22.7	13.3	17.0
4BORG	29.7	28.3	11.7	15.0	18.0	24.3	10.7	15.0
5CITY HOTEL	45.7	25.0	15.0	14.7	22.7	24.0	12.3	12.3
6BROCHSGT	44.0	30.3	15.0	14.7	22.0	23.7	12.3	12.3
7SARPSBORG	54.7	27.7	13.3	21.7	23.3	30.3	13.3	15.7
8FELLESEANK	59.7	34.7	17.0	28.3	46.3	30.0	17.0	10.7
9PHONIX	46.0	24.0	14.3	11.0	13.3	25.7	10.0	8.0
10HOFF	6.0	10.3	6.7	4.7	4.7	6.0	3.0	5.0
11ST. OLAVS V	58.3	121.7	98.7	159.0	92.0	89.7	81.3	92.0
12ALVIM	33.3	23.0	20.3	18.0	24.7	26.3	16.0	21.0
13ADM. BOLIG	31.7	31.0	18.3	28.3	25.0	27.0	16.3	18.3
14BRANNSTASJ	26.3	37.0	21.0	32.0	33.0	30.0	21.7	23.3
15STLI/LECA	34.7	17.7	12.7	18.7	17.3	19.3	10.0	13.0
16NABBETORP	49.7	29.0	14.7	17.3	25.7	24.0	10.7	19.3
17TEGLVERKSV	50.7	33.7	10.3	16.0	21.7	21.7	10.3	16.3

Tabell 9: Beregnede årsverdier for aktuelle miljøvariable på stasjonene Hoff, Borregaard og Alvim.

<u>AR1:8111-8210</u>									
STASJON	NEDB. MM	KAPPA US	H+ (PH) UG/L	S04-C MG/L	CL-C MG/L	CL (AF) MG/M2*0	TEMP CELS	TOW TIMER	TN TIMER
10HOFF	617.5	4.4	53.4(4.3)	1.6	2.7	.8	-	-	-
11BORREGAARD	617.4	8.1	137.3(3.9)	3.5	2.7	4.2	-	-	-
12ALVIM	607.2	4.7	64.7(4.2)	1.9	2.8	2.9	6.5	2884	780
<u>AR2:8211-8310</u>									
STASJON	NEDB. MM	KAPPA US	H+ (PH) UG/L	S04-C MG/L	CL-C MG/L	CL (AF) MG/M2*0	TEMP CELS	TOW TIMER	TN TIMER
10HOFF	714.8	6.1	50.9(4.3)	1.8	8.0	2.8	-	-	-
11BORREGAARD	577.6	8.0	121.1(3.9)	3.6	4.8	10.0	-	-	-
12ALVIM	587.8	5.3	68.4(4.2)	1.9	3.0	1.5	8.0	3559	986

STASJON	<u>AR1:8111-8210</u>	<u>AR2:8211-8310</u>
	S02 UG/M3	S02 UG/M3
2HAFSLUND	20.0	13.7
3GREAKER	20.6	18.5
4BORG	21.2	17.0
5CITY HOTEL	25.1	17.8
6BRØCHSGT	26.0	17.6
7SARPSBORG	29.3	20.7
8FELLESBANK	34.9	28.5
9PHØNIX	23.8	14.2
10HOFF	6.9	5.2
11ST.OLAVS V	111.9	88.7
12ALVIM	23.7	22.0
13ADM.BOLIG	27.3	21.7
14BRANNSTASJ	29.1	27.0
15ØSTLI/LECA	20.9	14.9
16NABBETORP	27.7	19.9
17TEGLVERKSV	27.7	17.5

GRUNNLAGSMATERIALE 5 - MÅLTE KORROSJONSHASTIGHETER

Den midlere månedskorrosjonen av stål grupperer stasjonene i 3 nivåer: Bakgrunnstasjonen Hoff med ca. 24 g/m^2 .måned, industristasjonen Borregaard med ca. 120 g/m^2 .måned, og resten av stasjonene gruppert omkring middelkorrosjonen 48 g/m^2 for Alvim.

Månedskorrosjonen for perioden november 1982 til og med oktober 1983 er vist i tabell 10 og figur 11. I regresjonsanalysen i Grunnlagsmateriale 6 er det sett bort fra de unormalt høye verdiene i okt. 1983, som vi ikke har kunnet forklare. Det er helt usannsynlig at flere av stasjonene skal ha korrosjonshastigheter høyere enn Borregaard, og oktoberdataene er derfor utelatt. Vi antar at det må ha oppstått en eller annen feil med etterbehandlingen av prøvene, selv om dette har vært umulig å etterprøve. De statistiske testene viser at det ikke er noen signifikante forskjeller på korrosjonshastighetene på Alvim og de øvrige stasjonene ("Alvim"-stasjonene), med unntak av Borregaard og Hoff. Korrosjonshastighetene på stasjonene er ellers godt interkorrelert, med unntak av Borregaard og delvis Greåker.

Korrosjonsforløpet viser klare svingninger for samtlige stasjoner med minima i februar og juli og maksimum i oktober. Dette kan tilbakeføres til svingninger i klimavariabel.

Den lave korrosjonshastigheten i februar og juli kan forklares ved henholdsvis meget kaldt vær og meget tørt, varmt vær i disse månedene. Det gir i begge tilfelle meget lave våttider og derved lav korrosjon (Grunnlagsmateriale 6).

De månedsvise eksponeringene av stål er sammenlignet med beregnede korrosjonshastigheter etter en tidligere utviklet dose/effekt relasjon. Den gjelder for målinger på stasjonene Birkenes, Borregaard og Alvim i 1974/75 (se Grunnlagsmateriale 6).

Den kvartalsvise korrosjonen av stål gir nøyaktig den samme rangeringen mellom stasjonene som den månedsvise. Også tidsforløpet har enkelte klare svingninger som kan tilbakeføres til variasjoner i klimavariablene.

Kvartalskorrosjonen og den lineære regresjonsanalysen av sammenhengen mellom stasjonene er vist i tabell 11, mens figur 12 viser tidsforløpet for korrosjonen.

De midlere korrosjonsverdiene fra tabell 10 og 11 viser at i gjennomsnitt er kvartalskorrosjonen ca 10% lavere enn månedskorrosjonen. Dette skyldes den bremsende effekten av korrosjonsproduktene. Heller ikke for de kvartalsvise verdier er det noen signifikant forskjell på Alvim og de andre stasjonene, unntatt Hoff og Borregaard. Korrelasjonen mellom stasjonene er lavere enn for den månedsvise eksponeringen.

Kvartal 1, 3 og tildels kvartal 5 har lave korrosjonshastigheter. I kvartal 1 var det kaldt og mye snø, og våttiden har blitt svært lav (tabell 8). For kvartal 3 var ikke våttiden spesielt lav, men den registrerte nedbørtiden var meget lav. Det var derfor meget liten tid med påtakelig fuktighet på overflaten, og den lave korrosjonshastigheten skyldes trolig mangel på tilstrekkelig fuktighet. Det er således raskere korrosjon ved tykke fuktfilmer (kondens og regn) enn ved tynne fuktfilmer (90-95% relativ fuktighet).

Tabell 10: Månedskorrosjon av stål på ulike stasjoner i perioden 1982-11--1983-10.

STASJON	NOV82	DES82	JAN83	FEB83	MAR83	APR83	MAI83	JUN83	JUL83	AUG83	SEP83	OKT83
2 HAFGLINDS)	53.0	44.3	75.3	15.7	52.7	33.0	30.0	57.7	38.3	48.3	45.3	76.3
3 GREKKER	99.7	54.0	45.7	20.3	52.3	45.7	41.0	50.0	29.7	74.0	41.7	60.3
4 BORG	53.0	42.7	64.3	22.0	42.0	44.3	33.3	40.0	24.7	33.0	31.0	70.3
5 CITY HOTEL	53.0	58.0	47.0	19.7	44.0	44.0	35.0	39.3	14.0	35.3	36.0	81.7
7 SARP.HALLEN	55.3	58.0	49.0	22.3	49.3	53.3	37.7	44.7	35.3	42.7	53.3	78.3
8 FELLESHANK	62.3	66.7	72.3	23.3	55.0	54.7	36.7	50.3	31.3	55.0	52.7	80.3
9 PHØNIX	42.7	47.3	44.7	24.0	39.3	39.0	32.7	34.3	13.7	29.7	28.7	67.7
10 HOFF	31.0	30.3	32.7	9.3	25.7	23.3	24.7	29.3	10.3	16.7	23.7	61.7
11 BORREGAARD	107.7	136.3	131.0	38.0	129.0	124.7	107.3	108.3	99.3	127.3	188.6	140.0
12 ALVIN	53.3	59.7	70.0	18.0	48.0	45.7	48.0	46.7	37.3	44.7	54.3	79.7
13 ADM.BYGGN.	49.7	53.3	56.3	12.7	49.0	42.0	33.7	51.0	19.7	31.7	43.3	68.0
14 BRANNSTAS.	58.0	64.3	61.3	16.3	55.3	45.3	33.7	50.3	25.7	33.7	44.0	81.0
15 LECA	61.3	56.3	82.0	25.3	50.0	41.0	39.3	53.3	36.7	46.3	65.3	149.7
16 HARBETORP	48.3	49.3	63.0	14.7	43.3	31.7	33.7	43.7	26.7	35.7	40.3	144.7
17 TEGLVERKV.	49.0	51.7	59.7	19.3	48.3	38.7	30.3	37.7	14.3	27.7	34.7	125.3

Tabell 11: Lineær regresjonsanalyse - sammenheng mellom kvartalskorrosjon av stål på ulike stasjoner.

*** KORR ***															
	HAFS	GREA	BORG	CITY	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.O	ALVI	ADM.	BRAN	ØSTL	NABB	TEGL
1	43.00	75.70	97.00	106.70	106.30	131.70	85.70	43.70	189.30	92.00	86.70	95.00	107.70	59.30	86.70
2	132.30	133.00	109.00	110.30	146.70	180.00	105.00	74.70	460.30	102.70	160.00	159.30	118.00	111.70	136.30
3	122.70	97.00	93.30	62.00	87.00	82.00	68.70	45.30	219.60	106.70	65.00	57.70	99.70	82.30	61.70
4	140.30	143.30	120.00	106.30	153.30	174.60	95.00	68.00	491.30	133.30	169.00	146.70	156.30	114.00	108.00
5	149.30	150.00	138.30	136.00	154.30	177.60	124.70	87.00	354.60	148.30	130.70	151.30	161.70	134.70	129.30
6	102.30	114.30	98.70	110.30	111.70	126.30	99.30	62.00	243.60	103.00	97.70	102.00	104.70	85.30	104.00
7	170.30	88.70	151.30	133.00	146.30	151.70	129.00	51.30	334.60	101.30	136.30	139.00	161.00	131.00	68.00
8	167.60	143.30	129.00	140.30	163.30	165.30	114.00	96.00	350.60	153.70	129.70	137.30	183.60	132.70	122.00

VARIABEL	MIDL	ST.DEV	MAX	MIN	OBS
HAFS	129.475	41.218	170.300	43.000	8
GREA	118.412	28.624	150.000	75.700	8
BORG	117.075	21.192	151.300	93.300	8
CITY	113.112	24.998	140.300	62.000	8
SARP	133.612	27.847	163.300	87.000	8
FELL	148.650	33.827	180.000	82.000	8
PHØN	102.675	20.087	129.000	68.700	8
HOFF	66.000	19.193	96.000	43.700	8
ST.O	330.488	109.214	491.300	189.300	8
ALVI	117.625	23.806	153.700	92.000	8
ADM.	121.887	36.012	169.000	65.000	8
BRAN	123.537	35.107	159.300	57.700	8
ØSTL	136.587	32.476	183.600	99.700	8
NABB	106.375	27.847	134.700	59.300	8
TEGL	102.000	27.713	136.300	61.700	8

KORRELASJONSMATRISE															
HAFS	1.000														
GREA	.562	1.000													
BORG	.765	.319	1.000												
CITY	.443	.392	.779	1.000											
SARP	.695	.715	.784	.817	1.000										
FELL	.433	.684	.613	.758	.927	1.000									
PHØN	.631	.370	.897	.921	.798	.716	1.000								
HOFF	.575	.894	.439	.649	.789	.712	.562	1.000							
ST.O	.598	.737	.456	.342	.796	.813	.416	.565	1.000						
ALVI	.602	.827	.490	.494	.677	.509	.405	.852	.444	1.000					
ADM.	.555	.650	.582	.551	.878	.912	.593	.556	.394	.956	1.000				
BRAN	.549	.657	.690	.760	.939	.781	.785	.681	.341	.460	.938	1.000			
ØSTL	.754	.561	.868	.777	.881	.673	.741	.686	.538	.788	.616	.683	1.000		
NABB	.930	.666	.882	.693	.879	.693	.820	.726	.675	.697	.699	.771	.872	1.000	
TEGL	.203	.818	.152	.517	.657	.785	.408	.846	.604	.541	.613	.722	.340	.433	1.000
	HAFS	GREA	BORG	CITY	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.O	ALVI	ADM.	BRAN	ØSTL	NABB	TEGL

Tabell 11: Forts.

Y=AX+B											
A-MATRISEN											
	HAFS	GREÅ	BORG	CITY	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.0	ALVI	ADM.
HAFS	1.00	.391	.393	.269	.469	.355	.307	.268	1.58	.347	.485
GREÅ	.810	1.00	.236	.342	.696	.808	.260	.600	2.81	.688	.817
BORG	1.49	.430	1.00	.919	1.03	.978	.350	.397	2.35	.551	.988
CITY	.731	.449	.660	1.00	.910	1.00	.740	.498	1.49	.470	.784
SARP	1.03	.735	.597	.733	1.00	1.13	.576	.544	3.12	.579	1.14
FELL	.528	.579	.384	.560	.763	1.00	.425	.404	2.62	.358	.971
PHØN	1.29	.527	.946	1.15	1.11	1.21	1.00	.537	2.26	.480	1.06
HOFF	1.23	1.33	.484	.845	1.15	1.25	.588	1.00	3.22	1.06	1.04
ST.0	.226	.193	.884E-01	.783E-01	.203	.252	.766E-01	.993E-01	1.00	.968E-01	.315
ALVI	1.04	.994	.437	.519	.792	.723	.342	.687	2.04	1.00	.596
ADM.	.635	.516	.342	.383	.679	.856	.331	.297	2.90	.260	1.00
BRAN	.644	.536	.417	.541	.745	.945	.449	.372	2.62	.312	.962
ØSTL	.957	.495	.566	.598	.755	.701	.458	.405	1.81	.578	.684
NABB	1.38	.684	.671	.622	.879	.842	.592	.500	2.65	.596	.904
TEGL	.301	.845	.116	.466	.660	.958	.295	.586	2.38	.465	.796
	HAFS	GREÅ	BORG	CITY	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.0	ALVI	ADM.
HAFS	.594	.629	.136								
GREÅ	.637	.648	.792								
BORG	1.33	1.16	.198								
CITY	1.01	.772	.573								
SARP	1.03	.879	.653								
FELL	.646	.571	.643								
PHØN	1.20	1.14	.562								
HOFF	1.16	1.05	1.22								
ST.0	.160	.172	.153								
ALVI	1.07	.815	.630								
ADM.	.556	.541	.471								
BRAN	.632	.612	.570								
ØSTL	1.00	.748	.290								

B-MATRISEN											
	HAFS	GREÅ	BORG	CITY	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.0	ALVI	ADM.
HAFS	.000E+00	68.2	66.5	78.6	73.3	103.	63.2	31.6	127.	73.0	59.6
GREÅ	32.6	.000E+00	89.1	72.6	51.2	52.9	71.9	-5.01	-2.31	36.2	25.1
BORG	-43.7	68.0	.000E+00	5.52	13.0	34.1	3.14	19.5	55.6	53.1	6.19
CITY	45.8	67.6	42.4	.000E+00	30.7	32.6	19.0	9.68	161.	64.4	32.1
SARP	-8.96	20.2	37.4	15.1	.000E+00	-1.81	25.7	-6.70	-86.5	40.3	-29.9
FELL	50.0	32.4	60.0	29.8	20.2	.000E+00	39.4	5.98	-59.5	64.4	-22.4
PHØN	-4.44	64.3	19.9	-4.53	20.0	24.8	.000E+00	10.9	98.1	68.4	12.8
HOFF	47.0	30.4	85.1	57.4	58.0	65.9	63.9	.000E+00	118.	47.9	50.0
ST.0	53.9	54.6	37.9	87.2	66.6	65.5	77.4	33.2	.000E+00	85.6	17.7
ALVI	5.97	1.47	65.7	52.1	40.5	63.6	62.5	-14.8	90.9	.000E+00	51.6
ADM.	51.1	55.5	75.4	66.5	50.8	44.3	62.4	29.9	-23.0	85.9	.000E+00
BRAN	48.9	52.2	65.6	46.3	41.6	31.9	47.2	20.0	7.19	79.1	3.04
ØSTL	-2.18	50.9	39.7	31.4	30.4	52.9	40.1	10.6	83.5	38.7	28.5
NABB	-18.0	45.6	45.7	46.9	40.1	59.1	39.7	12.8	48.7	54.2	25.7
TEGL	97.8	32.3	105.	65.5	66.3	50.9	72.5	6.22	37.8	70.2	40.7
	HAFS	GREÅ	BORG	CITY	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.0	ALVI	ADM.
HAFS	60.3	25.6	84.5								
GREÅ	61.2	29.7	8.27								
BORG	-19.1	-29.3	78.8								
CITY	22.4	19.0	37.2								
SARP	-.690	-11.0	14.7								
FELL	40.6	21.3	6.40								
PHØN	13.5	-10.4	44.3								
HOFF	60.0	36.8	21.4								
ST.0	83.8	49.5	51.4								
ALVI	10.2	10.5	27.9								
ADM.	68.6	40.5	44.5								
BRAN	58.5	30.8	31.6								
ØSTL	.000E+00	4.23	62.4								
NABB	28.4	.000E+00	56.2								
TEGL	96.0	62.0	.000E+00								
	ØSTL	NABB	TEGL								

HAFS =	.810	* GREÅ +	32.582
--------	------	----------	--------

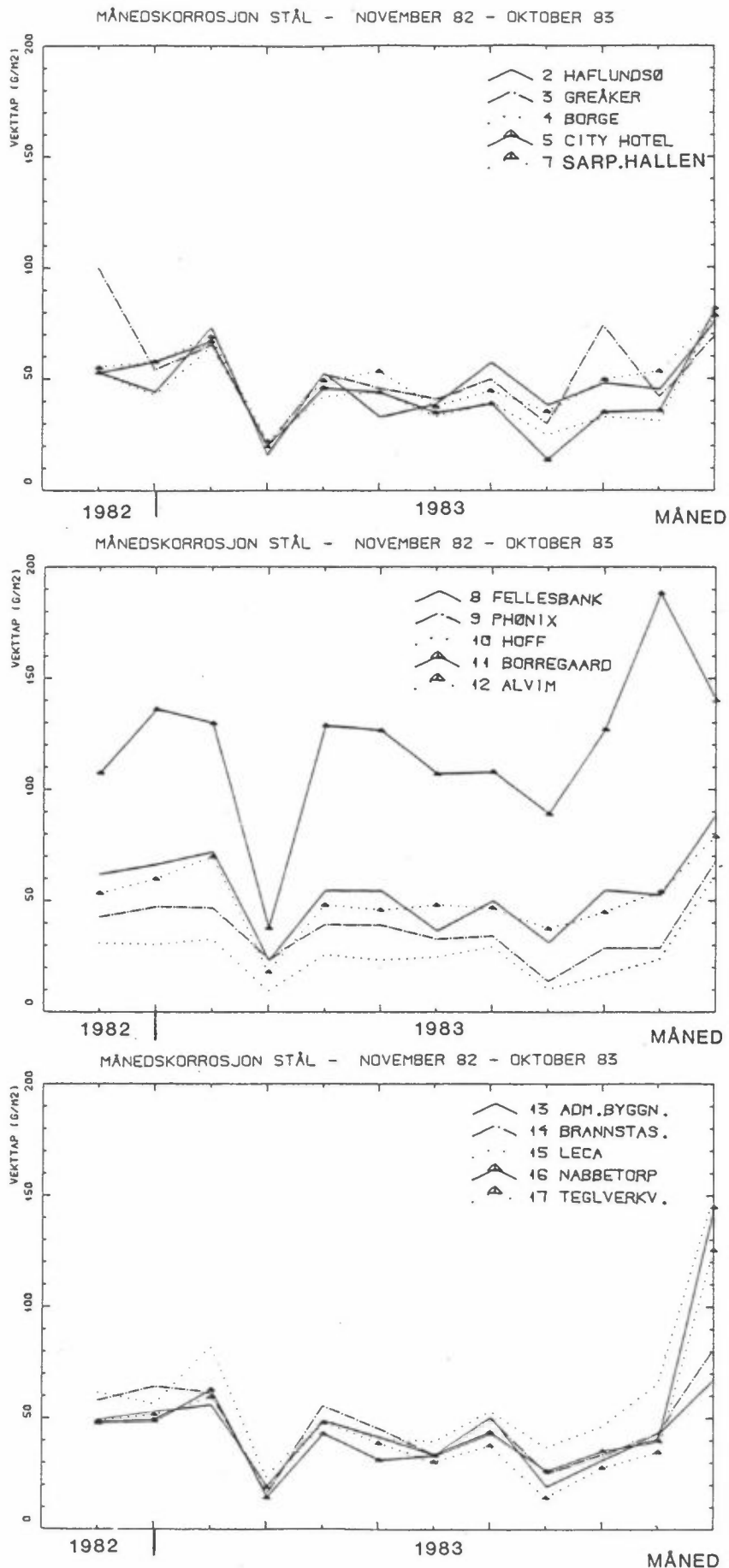
Tabell 11: Forts.

ANTALL OBS.																
HAFS	8.															
GREÅ	8.	8.														
BORG	8.	8.	8.													
CITY	8.	8.	8.	8.												
SARP	8.	8.	8.	8.	8.											
FELL	8.	8.	8.	8.	8.	8.										
PHØN	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.									
HOFF	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.								
ST.0	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.							
ALVI	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.						
ADM.	8.	8.	8.	8.	8.	6.	8.	8.	8.	8.	8.					
BRAN	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.				
ØSTL	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.			
NABB	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.		
TEGL	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	8.	
	HAFS	GREÅ	BORG	CITY	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.0	ALVI	ADM.	BRAN	ØSTL	NABB	TEGL	

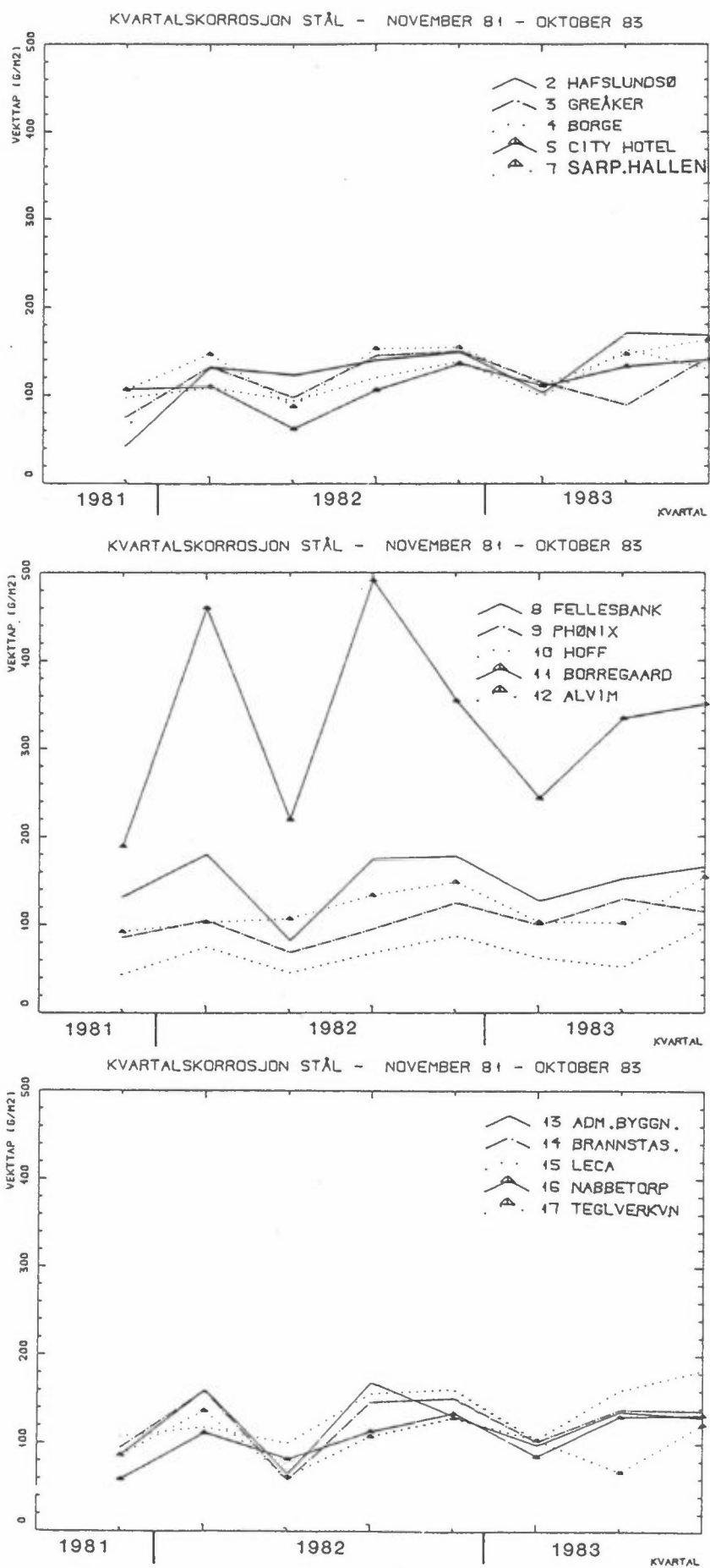
STANDARD AVVIK FOR A												
HAFS	.000E+00	.234	.135	.222	.198	.302	.154	.156	.267	.183	.297	
GREÅ	.486	.000E+00	.286	.328	.278	.352	.266	.122	1.05	.191	.390	
BORG	.511	.523	.000E+00	.302	.333	.515	.171	.332	1.87	.400	.564	
CITY	.603	.430	.217	.000E+00	.262	.360	.128	.239	1.68	.338	.491	
SARP	.435	.293	.193	.211	.000E+00	.186	.177	.173	.970	.257	.252	
FELL	.448	.252	.202	.197	.126	.000E+00	.169	.163	.768	.247	.178	
PHØN	.650	.540	.190	.198	.341	.480	.000E+00	.323	2.02	.442	.590	
HOFF	.717	.272	.405	.405	.364	.505	.354	.000E+00	1.92	.265	.636	
ST.0	.123	.724E-01	.705E-01	.378E-01	.630E-01	.737E-01	.683E-01	.592E-01	.000E+00	.797E-01	.393E-01	
ALVI	.565	.276	.317	.373	.351	.499	.315	.172	1.68	.000E+00	.568	
ADM.	.389	.247	.195	.236	.151	.157	.183	.181	.362	.248	.000E+00	
BRAN	.401	.251	.178	.189	.112	.762E-01	.145	.163	.687	.246	.145	
ØSTL	.341	.298	.132	.198	.166	.315	.169	.176	1.16	.184	.356	
NABB	.222	.313	.147	.264	.195	.357	.168	.193	1.18	.250	.377	
TEGL	.595	.243	.309	.315	.309	.309	.270	.151	1.26	.295	.419	
	HAFS	GREÅ	BORG	CITY	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.0	ALVI	ADM.	

HAFS	.211	.101	.269									
GREÅ	.383	.296	.228									
BORG	.311	.253	.528									
CITY	.334	.328	.387									
SARP	.225	.195	.306									
FELL	.290	.242	.207									
PHØN	.443	.324	.514									
HOFF	.503	.407	.314									
ST.0	.102	.766E-01	.826E-01									
ALVI	.343	.342	.400									
ADM.	.290	.226	.248									
BRAN	.276	.206	.223									
ØSTL	.000E+00	.171	.328									
NABB	.233	.000E+00	.366									
TEGL	.450	.370	.000E+00									
	ØSTL	NABB	TEGL									

STANDARD AVVIK FOR B												
HAFS	.000E+00	31.4	18.1	29.8	26.6	40.5	20.7	20.9	116.	25.3	39.8	
GREÅ	59.0	.000E+00	34.8	39.8	33.7	42.7	32.3	14.9	128.	23.2	47.4	
BORG	60.7	62.1	.000E+00	35.8	39.5	61.1	20.3	39.5	222.	47.5	67.0	
CITY	69.7	49.7	25.1	.000E+00	30.3	41.6	14.8	27.6	194.	39.0	56.7	
SARP	59.2	39.9	26.3	28.8	.000E+00	25.3	24.1	23.5	132.	35.0	34.3	
FELL	68.1	38.3	30.7	29.9	19.2	.000E+00	25.7	24.7	117.	37.6	27.1	
PHØN	67.8	56.4	19.9	20.7	35.6	50.1	.000E+00	33.7	211.	46.2	61.5	
HOFF	49.1	18.6	27.7	27.7	24.9	34.6	24.2	.000E+00	151.	18.2	45.5	
ST.0	42.7	25.0	24.4	30.4	21.8	25.5	23.6	20.5	.000E+00	27.6	13.6	
ALVI	67.6	33.1	37.9	44.6	42.1	59.8	37.7	20.6	201.	.000E+00	68.0	
ADM.	49.2	31.2	24.7	29.9	19.1	19.9	23.2	22.9	45.7	31.4	.000E+00	
BRAN	51.2	32.1	22.8	24.2	14.3	9.74	18.5	20.9	87.8	31.4	18.6	
ØSTL	47.7	41.7	18.5	27.7	23.2	44.0	23.7	24.6	162.	25.8	49.9	
NABB	24.3	34.3	.16.1	28.9	21.3	39.1	18.4	21.2	129.	27.4	41.3	
TEGL	62.6	25.6	32.5	33.2	32.6	32.5	28.4	15.9	135.	31.0	44.1	
	HAFS	GREÅ	BORG	CITY	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.0	ALVI	ADM.	



Figur 11: Månedskorrosjon av stål.



Figur 12: Kvartalskorrosjon av stål.

Årskorrosjonen for stål viser den samme rangeringen mellom stasjonene som månedsvis og kvartalsvis korrosjon. For stål er det ingen klar forskjell i korrosjon for de to årseksponeringene.

Årskorrosjonen for stål, zink, kopper og aluminium er vist i tabell 12, mens årskorrosjonen av stål også er vist i figur 13.

For sink gjelder ikke samme rangeringen mellom stasjonene som for stål. Fortsatt er Borregaard desidert mest aggressiv og Hoff minst aggressiv, men et flertall av de øvrige stasjonene har høyere aggressivitet enn Alvim. For sink er det også en klar tendens til at 1982/83 er mer korrosiv enn 1981/82.

Årskorrosjonen av sink er vist i figur 14. Den høyere korrosjonen i 1982/83 skyldes trolig lengre våttid i denne perioden. Det gjelder både i den første måneden (tabell 3) og for året totalt (tabell 9). Forskjell i fuktforhold i den første eksponeringsperioden er kjent å kunne påvirke langtidskorrosjonen av sink (Ellis, 1944). Dette betyr mer enn det noe lavere SO_2 -nivået i 1982/83. På Borregaard er korrosjonen i 1982/83 lavere enn i 1981/82.

For kopper er det stor korrosjon på Borregaard, men ellers ingen systematisk forskjell i korrosjonen på stasjonene. Korrosjonen i 1982/82 har vært ca dobbelt så stor som i 1981/82.

Resultatene for kopper er vist i figur 15. Den klart høyere korrosjonen i 1982/83, tilsvarende som for sink, tyder på at det er andre hastighetsbestemmende faktorer enn SO_2 . Årsverdiene for de ulike miljøvariable vil gi svar på dette. Korrosjonen for 2 år er lavere enn summen av de to årseksponeringene, bortsett fra på Borregaard. Her er også korrosjonen i 1981/82 større enn i 1982/83.

Klare forskjeller i forurensningsnivå kan påvises ut fra fargenyansene på patinabelegget på kopper.

Samtlige prøver ble fotografert etter 6, 12 og 24 måneders eksponering. Bildet av 6 og 12 måneders prøvene ble vist i Framdriftsrapport nr. 2. Vi mente da å kunne se en viss forskjell i fargetonen på prøvene eksponert i Sarpsborg og i Fredrikstad, ved at prøvene i Sarpsborg (stasjon 7, 8, 11, 12, 13 og 14) hadde en noe mer blålig farge. Tendensen var såvidt svak at

det er vanskelig å få det fram på grunn av noe ulik lyseksponering. Tendensen synes også å bli mindre ved lengre tids eksponering, figur 16. Forskjellen i patinautvikling på de tre stasjonene Hoff, Borregaard og Alvim er imidlertid helt tydelig, selv om utseende av platene synes å variere mye i tid både når det gjelder skjolder, flekker og brunfargetone. I det minst forurensede bakgrunnsnivået ved Hoff er det lys brun fargetone, mens det i det mest forurensede på Borregaard er en grønn til blålig patinafarge.

For aluminium er det også stor korrosjon på Borregaard, men ellers ingen klar gruppering mellom stasjonene. Som for sink og kopper er det en klar tendens til høyere korrosjon i 1982/83 enn i 1981/82.

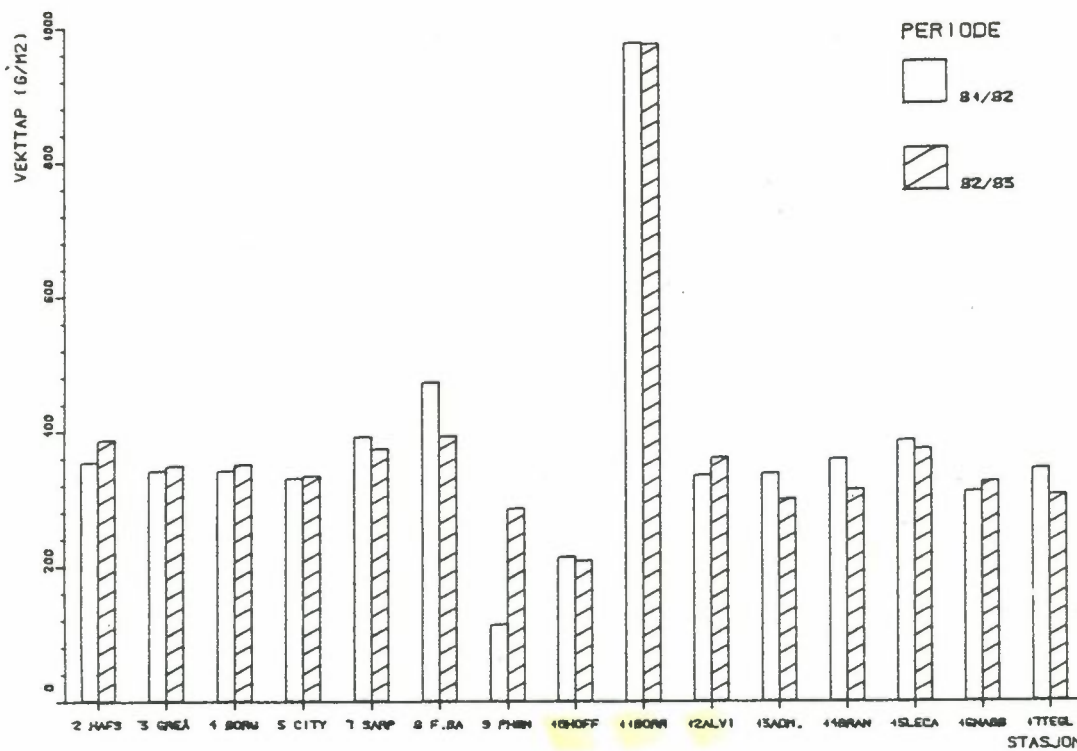
Resultatene for aluminium er vist i figur 17. Korrosjonen for 2 års eksponering er lavere enn summen av korrosjonen for hver av de to årene, og korrosjonen avtar med eksponeringstiden.

Tabell 12: Årskorrosjon av stål, sink, kopper og aluminium. (g/m²)

STASJON	STÅL		SINK	
	81/82	82/83	81/82	82/83
2 HAFSLUNDSØ	355.3	388.0	8.7	14.3
3 GREÅKER	342.0	349.6	12.2	16.0
4 BØRGE	342.0	351.6	13.4	13.7
5 CITY HOTEL	330.6	334.0	11.4	16.7
7 SARPSB.HAL	392.0	374.0	13.9	18.3
8 FELLESBANK	473.3	393.3	18.7	16.3
9 PHØNIX	114.3	286.0	7.7	12.0
10 HÖFF	214.0	208.6	4.3	9.3
11 BORREGAARD	975.6	974.2	42.7	38.7
12 ALVIM	335.0	361.3	9.0	15.7
13 ADM.BOLIG	338.6	300.0	10.8	16.0
14 BRANNSTAS.	360.3	314.0	13.0	15.0
15 ØSTLI,LECA	387.3	374.6	15.0	21.7
16 NABBETORP	311.0	325.6	7.7	11.3
17 TEGLVERKVN	345.3	305.6	11.0	15.7

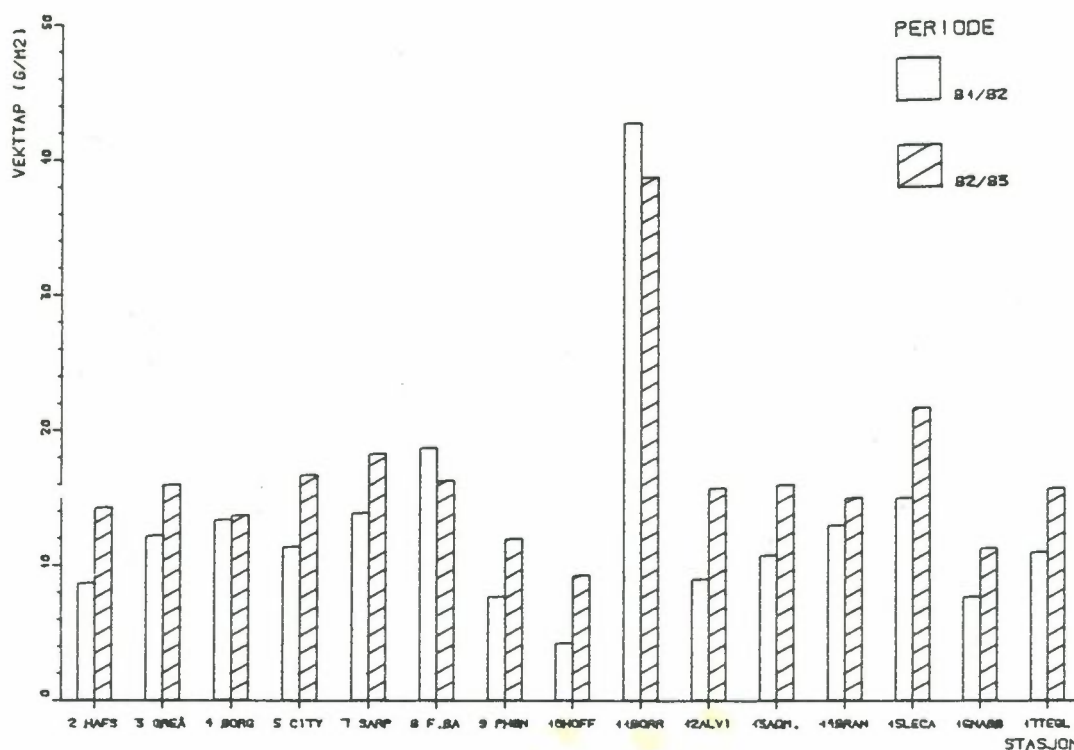
STASJON	CU			AL		
	81/82	82/83	81/83	81/82	82/83	81/83
2 HAFSLUNDSØ	4.5	9.6	12.1	.4	.7	.8
3 GREÅKER	5.0	9.0	12.0	.6	.8	1.0
4 BØRGE	5.6	10.0	13.4	.7	1.0	1.2
5 CITY HOTEL	5.1	9.4	12.8	.9	1.2	1.5
7 SARPSB.HAL	6.0	9.2	14.6	.7	1.2	1.3
8 FELLESBANK	7.1	9.5	12.3	.7	1.0	1.0
9 PHØNIX	4.1	8.6	11.0	.6	.6	.9
10 HÖFF	4.4	8.8	10.9	.5	.5	.4
11 BORREGAARD	22.0	15.1	40.3	1.7	1.9	2.5
12 ALVIM	6.3	9.1	14.1	.6	1.6	.9
13 ADM.BOLIG	6.7	7.8	11.9	.5	.6	.6
14 BRANNSTAS.	5.7	11.8	15.4	.5	.8	1.4
15 ØSTLI,LECA	5.9	12.7	14.3	1.1	1.3	1.8
16 NABBETORP	4.1	10.1	9.8	.4	.7	.8
17 TEGLVERKVN	4.5	9.3	11.9	.8	.8	1.0

ÅRSKORROSJON STÅL

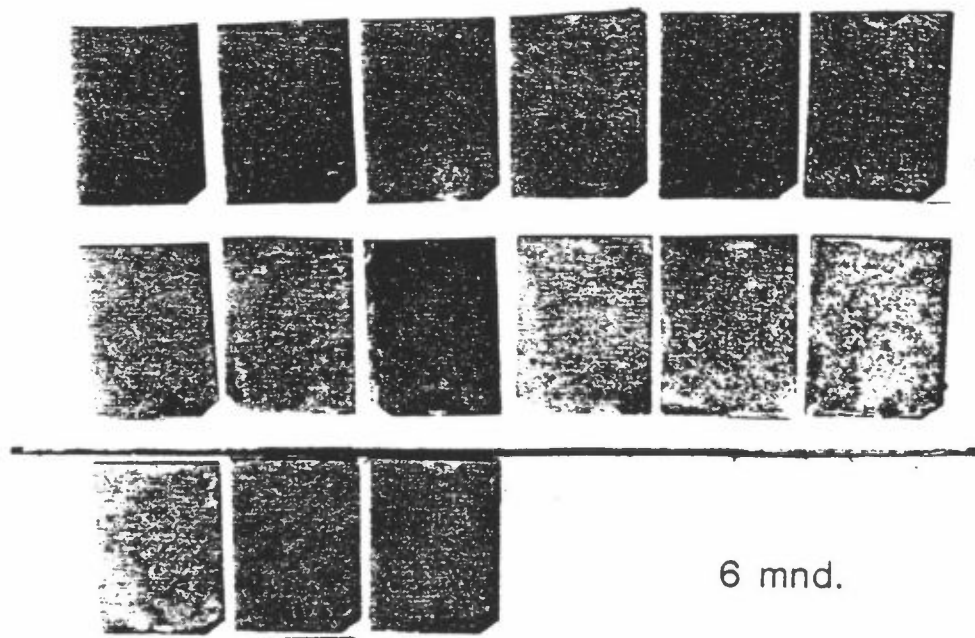


Figur 13: Korrosjon av stål ved 2x 1-års eksponering på ulike stasjoner.

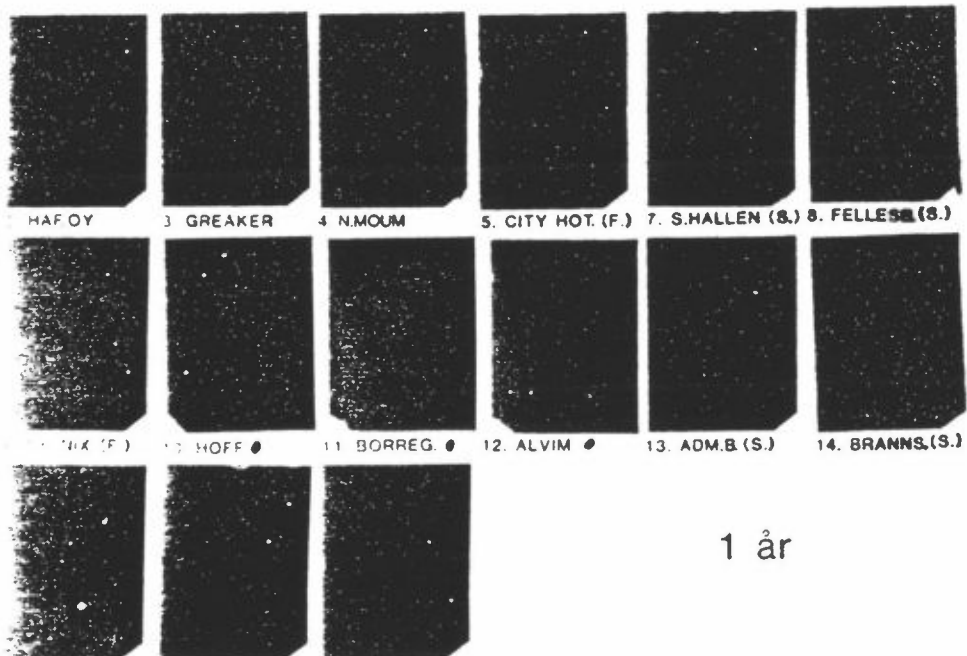
ÅRSKORROSJON ZINK



Figur 14: Korrosjon av sink ved 2x 1-års eksponering på ulike stasjoner.

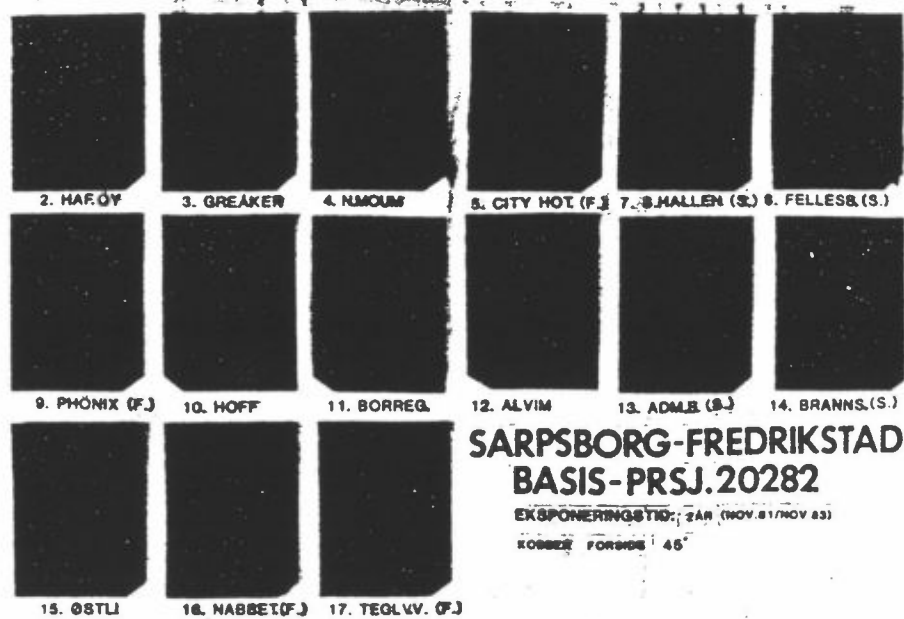


6 mnd.

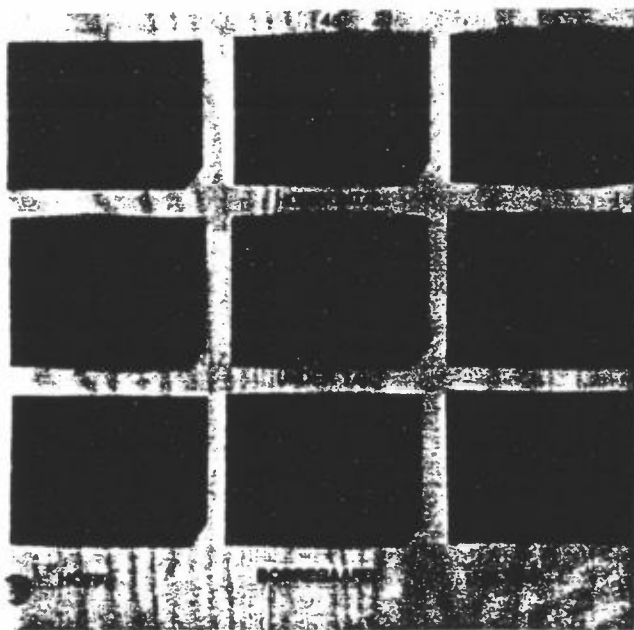


1 år

Figur 16 A: Eksponerte Cu-plater på alle stasjoner etter 6 mnd, 1 år og 2 år.



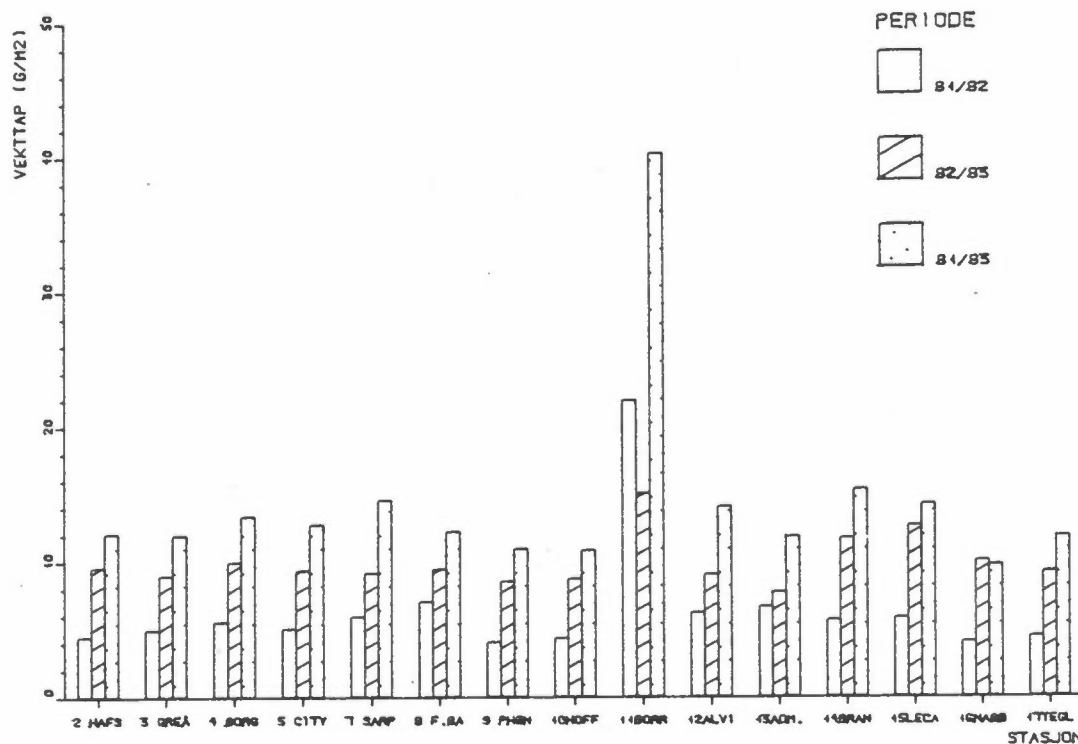
Figur 16 A: Forts.



Etter 12 måneder

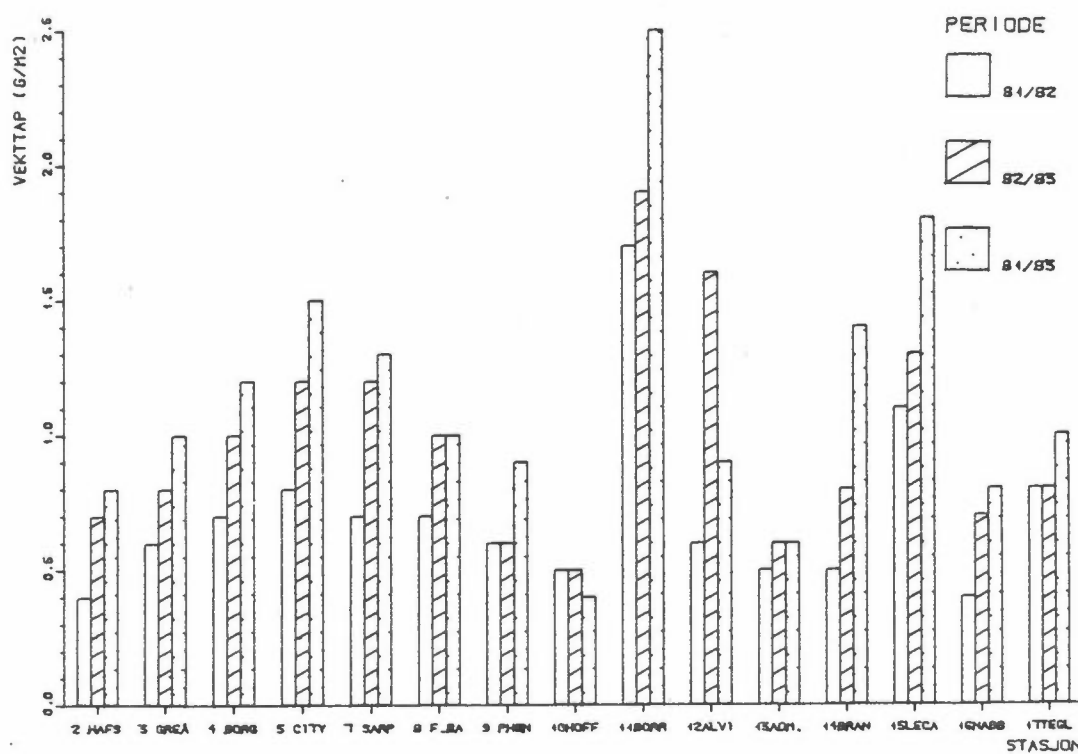
Figur 16 B: Eksponerte Cu-plater på Hoff, Borregaard og Alvim etter 12 mnd.

ÅRSKORROSJON KOPPER



Figur 15: Korrosjon av kopper ved 2x 1-års og 2-års eksponering på ulike stasjoner.

ÅRSKORROSJON ALUMINIUM



Figur 17: Korrosjon av aluminium på ulike stasjoner ved 2x 1-års og 2-års eksponering.

GRUNNLAGSMATERIALE 6 - DOSE/EFFEKT-RELASJONER FOR STÅL

Den tidligere utviklede dose/effektrelasjonen BIAL80 beskriver godt måneds-korrosjonen i denne undersøkelsen for Sarpsborg/Fredrikstadorrådet.

I en undersøkelse i 1974-76 med 25 månedsvise eksponeringer av stål og samtidige miljømålinger på stasjonene Birkenes, Alvim og Borregaard var måneds-korrosjonen godt beskrevet av ligningen (Haagenrud, 1984):

$$(6.1) K_{Fe} = 1.54 SO_2 + 2.34 DNED + 0.05 (H^+) - 15.2$$

med en korrelasjonskoeffisient $R = 0.87$

og hvor

$$K_{Fe} = \text{månedskorrosjon (g/m}^2\text{)}$$

$$SO_2 = \text{konsentrasjon av } SO_2 \text{ i luft (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$$

DNED= dager med nedbør

$$H^+ = \text{konsentrasjon av sterk syre i nedbøren (}\mu\text{ekv/l)}$$

Likning 6.1 er den såkalte BIAL80-modellen. Ved hjelp av denne har vi beregnet de månedlige korrosjonshastighetene for de 15 stasjonene i Sarpsborg/Fredrikstadorrådet og sammenlignet disse med de målte. For hver måned er DNED, som er et uttrykk for våttiden, den samme for hver stasjon, (tabell 3 (= DNALV)), mens alle stasjonene utenom Hoff og Borregaard får samme H^+ -konsentrasjon som Alvim. Målte og beregnede verdier er vist i tabell 13, mens figur 18 viser sammenhengen mellom disse. Sammenhengen er beskrevet av likningen:

$$(6.2) K_{Fe}^{ber} = 1.1 K_{Fe}^{obs} + 5.0$$

med korrelasjonskoeffisient $R = 0.81$,

og hvor K_{Fe}^{ber} og K_{Fe}^{obs} er henholdsvis beregnet og målt månedskorrosjon (g/m^2).

Ved fullstendig samsvar mellom beregnet og målt korrosjon er

$$K_{Fe}^{ber} = K_{Fe}^{obs}$$

Vinkelkoeffisienten (1.1 med standardavvik 0.06) og skjæringspunktet (5.0 med standardavvik 3.32) for linjen beskrevet av (6.2) er signifikant

forskjellige fra henholdsvis 1.0 og 0 på 95-prosent konfidensnivå. Det betyr da at likningen ikke beskriver den virkelige korrosjonen på 95%-nivå. Likevel er korrelasjonen så god at (6.2) kan sies å beskrive måneds-korrosjonen med stor grad av sikkerhet og nøyaktighet.

Nye multiple regresjonsanalyser av måneds-, kvartals- og årskorrosjonen av stål og tilhørende miljøvariable viser at korrosjonen i alle tilfeller er meget godt beskrevet av en sammenheng med summen av SO₂-konsentrasjonen og våttiden. Den månedsvise sammenhengen er svært lik BIALBO-modellen.

Det er gjort multippel regresjonsanalyse av korrosjonshastigheter og miljøvariablene gitt i Grunnlagsmateriale 4. Ved å anta like klimatiske forhold gis alle stasjonene den samme månedlige temperatur, våttid og nedbørtid som Alvim, mens alle stasjonene utenom Hoff og Borregaard er gitt samme månedlige miljøkvalitetsdata som Alvim. SO₂ måles separat på alle stasjonene.

Den multiple regresjonsanalysen gjøres med et standardprogram utviklet ved NILU (Gram). Analysen av samtlige månedsdata er vist i tabell 14. Korrelasjonskoeffisienten for enkeltvariablene svoveldioksid, våttid (TOW) og nedbørtid (TN) er henholdsvis 0.73, 0.37 og 0.31, mens den for produktet av svoveldioksid og våttid (STOW) er 0.84. Korrelasjonen øker når både svoveldioksid og våttid inngår, men den blir omtrent den samme om man bruker produktet eller summen av disse to variablene.

Selv om produktet gir den enkleste mulige dose/effekt relasjonen, har vi forkastet denne da den ikke gir noen fysikalsk mening. Når våttiden (TOW) er null, er det ingen korrosjon. Summen av begge variablene gir en relasjon som gjør det mulig å skille på bidraget fra forurensningene og fra de naturlige variable. De ulike ligningene er vist i tabell 15.

Tabell 15: Månedlig-, kvartalsvis- og årlig dose/effekt relasjoner for stål.

(6.1)	K_{Fe}^m (BIALBO)	$= 1.54 SO_2 + 2.34 DNED + 0.05 H^+ - 15.2$	$R = 0.87$ (75 data)
(6.3)	K_{Fe}^m	$= 0.96 SO_2 + 0.13 TOW - 12.7$	$R = 0.85$ (165 data)
(6.5)	K_{Fe}^{Kv}	$= 2.43 SO_2 + 0.11 TOW - 21.7$	$R = 0.9$ (120 data)
(6.6)	$K_{Fe}^{år}$	$= 7.6 SO_2 + 172.0$	$R = 0.93$ (30 data)

Våttidsleddet og konstantleddet i ligning 6.3. utgjør det som kan defineres som den naturlig forekommende korrosjonen på grunn av klima.

Av tabell 14 framgår også at de fleste av regresjonsligningene med to eller tre variable ikke er relevante. Det skyldes en eller flere av følgende årsaker:

- relasjonen skal bare inneholde uavhengige variable, f.eks. skal ikke både TOW og STOW inngå i samme ligning.
- ut fra antatt korrosjonsmekanisme skal de nedbørkvalitetsvariable forekomme med positivt fortegn i relasjonene.
- økningen i antall variable skal bety en signifikant økning av korrelasjonen (** = 95% og * = 90% konfidensnivå).

Korrelasjonen ved SO₂ og våttid i denne undersøkelsen og ved BIALBO-modellen er omtrent den samme. Relasjonene inneholder mye av de samme variable. Forskjellen i koeffisientene foran DNED og TOW tilsvarer omtrent forholdstallet mellom disse variablene i praksis. I basisundersøkelsen har en for stål ikke fått noen signifikant økning av korrelasjonen ved å inkludere sterk syre (tabell 14).

Både for månedskorrosjonen og kvartalskorrosjonen utgjør bidraget fra SO₂ fra tredjeparten til halvparten av den totale korrosjonen for "Alvim"-stasjonene. For Hoff og Borregard er SO₂-bidraget hhv. ca 15% og 75% som middel for månedene/ kvartalene. Forholdstallene er helt forskjellige for kalde eller varme/tørre perioder.

Bidragene fra de enkelte ledd i den månedlige dose-effekt relasjonen er vist i tabell 16. Sammenhengen mellom beregnede og observerte verdier etter relasjonen

$$(6.3) K_{Fe}^m = 0.96 SO_2 + 0.13 TOW - 12.7$$

er vist i figur 19 og er beskrevet av

$$(6.4) K_{Fe}^{ber} = 0.72 K_{Fe}^{obs} + 13.2$$

med korrelasjonskoeffisient R = 0.85 og restvarians V = 27%. Mye av den gode sammenhengen styres av de høye verdiene på Borregaard. Statistisk test av

konstantene i likningen viser at disse er signifikant forskjellig fra hhv. 1 (0.722) og 0 (13.2) på 95% konfidensnivå. Det betyr at det er en forskjell i målte og beregnede verdier. Likevel er korrelasjonen såvidt god at likning (6.3) må kunne sies å beskrive den reelle korrosjonen med en rimelig grad av sikkerhet. Restvariansen er ca 27%. Uoverensstemmelsen er størst for kalde (feb. 1983) og varme/tørre måneder (juli 1983).

Bidragene fra de enkelte ledd i den kvartalsvise dose-effekt relasjonen er vist i tabell 17. Sammenhengen mellom beregnede og observerte verdier etter relasjonen

$$(6.5) \quad K_{\text{Fe}}^{\text{kv}} = 2.43 \text{ SO}_2 + 0.11 \text{ TOW} - 21.7$$

er vist i figur 20. Den er beskrevet av

$$(6.6) \quad K_{\text{Fe}}^{\text{ber}} = 0.78 K_{\text{Fe}}^{\text{obs}} + 30.1$$

med korrelasjonskoeffisient $R = 0.9$ og restvarians $V=19\%$. Tilsvarende som for månedskorrosjonen styres mye av den gode sammenhengen av de høye verdiene på Borregaard. Statistisk er koeffisientene signifikant forskjellige fra hhv. 1 (0.78) og 0 (30.1) på 95% konfidensnivå. Tilsvarende som for den månedlige dose-effektrelasjonen må korrelasjonen for likning (6.5) sies å være så god at den beskriver kvartals- korrosjonen med rimelig grad av sikkerhet og nøyaktighet. Uoverensstemmelsen er størst for det kalde kvartal 1 og det varme og tørre kvartal 3. Sammenligning av koeffisienten foran SO_2 -leddet i likning (6.3) og (6.5) viser at effekten av SO_2 er svakt avtagende med tiden.

Av koeffisientene i ligningene i tabell 15 framgår at korrosjonen av stål avtar med tiden, og at dette gjelder både innvirkningen av SO_2 og den naturlig forekommende korrosjonen på grunn av klima.

Årskorrosjonen av stål er best beskrevet av en relasjon med SO_2 .

Den multiple regresjonsanalysen for årskorrosjon av stål og miljøvariable viste at de beste sammenhenger var gitt av likningen:

$$(6.7) \quad K_{Fe}^{\text{år}} = 7.6SO_2 + 172.0$$

En likning med summen av SO_2 og våttid ga ingen signifiant økning av korrelasjonen sammenlignet med SO_2 alene.

Restvariansen som ikke forklares av regresjonslikningene utgjør fra 27% (måned) til 11% (år).

Den uforklarte variansen er liten. Den skyldes både usikkerhet i måledataene, og eventuelle korrosjonsbidrag fra andre klimavariabler og forurensninger. En del av usikkerheten skyldes at miljømålinger ikke er gjort på alle stasjonene. Vi så i Grunnlagsmateriale 2 at hypotesen om det samme klima for hele området ikke var strengt riktig. Av forurensningsparametre har vi målt pH, SO_2 og Cl, men små bidrag kan selvfølgelig også komme fra andre parametre.

Tabell 13: Målt korrosjon (O) og beregnet (B) månedskorrosjon fra BIALBO-modellen.

STASJON	HAFS	GREÅ	BORG	CITY	SARP	FELL	PHØN	HOFF	ST.O	ALVI	ADM.	BRAN	ØSTL	NABB	TEGL
NOV82	O 53.0	99.7	53.0	53.0	55.3	62.3	42.7	31.0	107.7	53.3	49.7	58.0	61.3	48.3	49.0
	B 54.9	68.5	62.6	76.5	70.3	113.4	56.5	44.1	206.8	73.4	76.5	91.9	64.2	67.2	65.7
DES82	O 44.3	54.0	42.7	58.0	58.0	66.7	47.3	30.3	136.3	59.7	53.3	64.3	56.3	49.3	51.7
	B 48.1	51.2	49.6	60.4	69.6	97.4	47.3	29.6	151.2	55.8	58.9	70.4	46.5	72.0	61.2
JAN83	O 73.3	65.7	64.3	67.0	69.0	5.7	46.2	32.7	130.0	70.0	56.3	61.3	82.0	63.0	59.7
	B 56.3	55.3	51.7	48.6	48.6	84.0	36.2	28.6	155.3	65.5	60.9	68.5	50.1	57.8	51.6
FEB83	O 15.7	20.3	22.0	19.7	22.3	23.3	24.0	9.3	38.0	18.0	19.7	16.3	23.3	14.7	19.3
	B 20.5	40.5	28.2	46.7	69.8	55.9	62.1	5.1	99.0	37.4	49.8	43.6	40.5	40.5	40.5
MAR83	O 52.7	52.3	8.7	46.0	49.3	55.0	39.3	25.7	129.0	48.0	49.0	55.3	50.0	43.3	48.3
	B 53.6	64.0	53.6	58.2	59.7	73.6	39.5	36.6	215.8	72.1	65.9	68.8	53.6	54.9	47.2
APR83	O 33.0	45.7	44.3	44.0	53.3	54.7	39.0	23.3	126.7	145.7	42.0	45.3	41.0	31.7	38.7
	B 45.2	60.5	83.7	59.1	63.7	62.2	46.7	39.1	161.1	65.3	62.2	55.9	48.3	45.1	42.0
MAI83	O 39.0	41.0	33.3	35.0	37.7	36.7	32.7	24.7	107.3	48.0	33.7	33.7	39.3	33.7	30.3
	B 45.8	51.8	47.3	55.0	53.5	58.1	53.5	39.6	142.7	64.3	51.9	56.6	45.8	48.9	47.3
JUN83	O 57.7	50.0	40.0	39.3	44.7	50.3	34.3	29.3	108.3	46.7	51.0	50.3	53.3	43.7	37.7
	B 40.2	37.3	40.2	38.6	37.1	46.3	26.2	29.4	157.2	38.6	44.8	43.1	34.0	30.8	27.7
JUL83	O 38.3	29.7	24.7	14.0	35.3	31.3	13.7	10.3	89.3	37.3	19.7	25.7	36.7	26.7	14.3
	B 30.8	19.8	27.7	29.3	37.0	40.0	23.1	20.0	146.0	37.0	44.7	57.0	32.3	26.2	29.3
AUG83	O 48.3	74.0	33.0	35.3	49.7	55.0	28.7	16.7	127.3	44.7	31.7	33.7	46.3	35.7	27.7
	B 18.3	14.2	15.2	19.8	24.4	29.0	10.6	5.9	167.1	19.8	35.2	36.7	15.2	21.3	18.3
SEP83	O 45.3	41.7	31.0	36.0	53.3	52.7	28.7	23.7	188.6	54.3	43.3	44.0	65.3	40.3	34.7
	B 55.2	62.9	59.8	55.2	59.8	67.5	44.3	42.8	187.6	73.6	64.4	67.4	55.2	61.3	56.6
OKT83	O 76.3	69.3	79.3	81.7	78.3	89.3	67.7	61.7	140.0	78.7	68.0	81.0	149.7	144.7	125.3
	B 45.1	55.5	54.3	42.0	48.2	58.9	37.4	34.3	138.7	63.6	45.1	58.9	49.7	62.0	55.9

Tabell 14: Multipel regresjonsanalyse - Sammenheng mellom månedskorrosjon av stål og -miljøvariable for perioden 1982-11--1983-09 på samtlige stasjoner.

MIDDELVERDI, MAKSIMUM OG STANDARD AVVIK													
KFE	S02	KAPP	H+	S04C	CL-C	CLAF	TEMP	T04	TN				
47.410	23.588	4.747	84.885	2.750	5.102	2.417	8.000	293.344	90.344				
189.609	110.000	34.500	514.200	27.000	26.000	12.000	18.000	393.000	155.000				
25.605	27.467	4.357	74.523	2.724	4.545	2.372	4.140	84.484	42.051				
ST04													
4.713													
42.857													
4.718													

KORRELASJONSMATRISEN:													
KFE	1.000	.732	-.008	-.107	-.765	.132	.443	-.125	.568	.313	.848		
S02	.732	1.000	.088	.054	.071	.505	-.217	-.084	.025	.898			
KAPP	-.008	.088	1.000	.601	.902	.434	.044	.308	-.239	-.052			
H+	-.107	.054	.401	1.000	.578	-.534	-.258	.614	-.141	-.208	.048		
S04C	-.765	.071	.902	.578	1.000	.190	-.126	.436	-.247	-.339	.031		
CL-C	.132	.071	.434	-.334	.190	1.000	.427	-.357	-.045	.056	.031		
CLAF	.443	.505	.044	-.253	-.126	.427	1.000	-.542	.015	.294	.489		
TEMP	-.125	-.217	.308	.614	.434	-.357	-.542	1.000	.120	-.320	-.121		
T04	.313	.025	-.239	-.141	-.247	-.045	.015	.120	1.000	.784	.302		
TN	.848	.025	-.279	-.339	.054	.294	-.320	.784	1.000	.314			
ST04	.848	.898	.052	.048	.031	.031	.489	-.121	.302	.314	1.000		

REGRESSJONSLIGNINGENE:													
KFE	=	.9140	*S02	+	25.9871					R=	.7322	RR=	.4630
KFE	=	-.0463	*KAPP	+	47.7227					R=	-.0078	RR=	.0000
KFE	=	-.0349	*H+	+	57.3759					R=	-.1071	RR=	.0085
KFE	=	-.4121	*S04C	+	49.0939					R=	-.0651	RR=	.0058
KFE	=	.7450	*CL-C	+	43.4995					R=	.1322	RR=	.0825
KFE	=	4.9975	*CLAF	+	34.332.1					R=	.4430	RR=	.7854
KFE	=	-.5193	*TEMP	+	51.5734					R=	-.1248	RR=	.0844
KFE	=	.1091	*T04	+	15.4127					R=	.3694	RR=	.8643
KFE	=	.1905	*TN	+	32.0972					R=	.3128	RR=	.9022
KFE	=	3.2520	*ST04	+	25.7124					R=	.8480	RR=	.7800

Tabell 14: Forts.

DE 10 BESTE RELASJONER MED TO VARIABLE:						
KFE =	-.0483*H+ +	3.2590*STOW +	29.6287	R =	.8408, RR =	.2591 * Forkastes pga negativt H ² ledd
ST.AVVIK	.0131	1526	1.7019			
T-TEST	-3.6971	21.3582	16.5344			
						OVERGANG FRA STOW (R = .8490) TIL TO VARIABLE: F = 13.67** N OBS = 165
KFE =	-.0367*TOU +	3.0896*STOW +	15.9113	R =	.8562, RR =	.2670 * Forkastes pga 2 avhengige variable
ST.AVVIK	.0124	.1623	3.6751			
T-TEST	2.9088	19.0392	4.3295			
						OVERGANG FRA STOW (R = .8480) TIL TO VARIABLE: F = 9.46** N OBS = 165
KFE =	-.5986*CL-C +	3.2196*STOW +	22.7424	R =	.8546, RR =	.2696
ST.AVVIK	.2299	.1556	1.8646			
T-TEST	2.6032	20.6954	12.1979			
						OVERGANG FRA STOW (R = .8480) TIL TO VARIABLE: F = 6.78** N OBS = 165
KFE =	-.8406*S04C +	3.2420*STOW +	28.0067	R =	.8520, RR =	.2725 * Forkastes pga negativt SO ₂ ² ledd
ST.AVVIK	-.3857	.1564	1.8042			
T-TEST	-2.2510	20.7338	15.5231			
						OVERGANG FRA STOW (R = .8480) TIL TO VARIABLE: F = 4.93* N OBS = 165
KFE =	-.1802*S02 +	3.7496*STOW +	26.6627	R =	.8504, RR =	.2765 * Ikke signifikant
ST.AVVIK	.1175	.3578	1.6054			
T-TEST	-1.6109	10.4790	16.6078			
						OVERGANG FRA STOW (R = .8480) TIL TO VARIABLE: F = 2.60 N OBS = 165
KFE =	.9615*S02 +	1.282*TOU +	-12.6828	R =	.8490, RR =	.2778
ST.AVVIK	.0520	.0123	6.0446			
T-TEST	18.4958	10.4196	-3.1358			
						OVERGANG FRA SO ₂ (R = .7322) TIL TO VARIABLE: F=108.57** N OBS = 165
KFE =	.6800*CLAF +	3.1165*STOW +	24.7220	R =	.8498, RR =	.2770 * Ikke signifikant
ST.AVVIK	.5127	.1810	1.6729			
T-TEST	1.3265	17.2044	14.7780			
						OVERGANG FRA STOW (R = .8480) TIL TO VARIABLE: F = 1.76 N OBS = 165
KFE =	-.3063*KAPP +	3.2423*STOW +	27.7107	R =	.8496, RR =	.2782 * Ikke signifikant
ST.AVVIK	.2450	.1582	2.1004			
T-TEST	-1.2503	20.4093	12.6511			
						OVERGANG FRA STOW (R = .8480) TIL TO VARIABLE: F = 1.56 N OBS = 165
KFE =	-.0515*TN +	3.1702*STOW +	23.5095	R =	.8494, RR =	.2785 * Ikke signifikant
ST.AVVIK	.0266	.1664	2.3324			
T-TEST	1.1823	19.0663	10.1181			
						OVERGANG FRA STOW (R = .8480) TIL TO VARIABLE: F = 1.40 N OBS = 165
KFE =	-.0956*TEMP +	3.2215*STOW +	26.5403	R =	.8493, RR =	.2804 * Ikke signifikant
ST.AVVIK	.1745	.1597	2.1450			
T-TEST	-.5480	20.1682	12.3988			
						OVERGANG FRA STOW (R = .8480) TIL TO VARIABLE: F = .30 N OBS = 165

Tabell 16: Målt korrosjon og beregnet månedskorrosjon for stål etter relasjonen (6.3) $K = 0.96 SO_2 + 0.13 TOW - 12.7$

Fe

STASJON	MANEDSKORROSJON STÅL NOV82					STASJON	MANEDSKORROSJON STÅL DES82				
	B SO2	B NAT	XB SO2	K BER	K OBS		B SO2	B NAT	XB SO2	K BER	K OBS
H	11.54	37.70	23.43	49.24	53.00	H	16.35	29.24	35.86	45.58	44.30
G	20.19	37.70	34.88	57.89	99.70	G	18.27	29.24	38.45	47.51	54.00
B	16.35	37.70	30.24	54.05	53.00	B	17.31	29.24	37.18	46.55	42.70
C	25.00	37.70	39.87	62.70	53.00	C	24.04	29.24	45.12	53.28	58.00
S	2.15	37.70	35.94	58.85	55.30	S	29.81	29.24	50.48	59.05	58.00
F	48.08	37.70	56.05	85.77	62.30	F	47.11	29.24	61.71	76.35	66.70
P	12.50	37.70	24.90	50.20	42.70	P	14.42	29.24	33.03	43.66	47.30
H	4.81	37.70	11.31	42.51	31.00	H	4.81	29.24	14.12	34.05	30.30
B	104.80	37.70	73.54	142.50	107.70	B	78.84	29.24	72.95	108.08	136.30
A	23.08	37.70	37.97	60.78	53.30	A	21.15	29.24	41.98	50.39	59.70
A	25.00	37.70	39.87	62.70	49.70	A	23.08	29.24	44.11	52.31	53.30
B	34.61	37.70	47.87	72.31	58.00	B	28.85	29.24	49.66	58.08	64.30
Ø	17.31	37.70	31.46	55.01	61.30	Ø	15.38	29.24	34.48	44.62	56.30
N	19.23	37.70	33.78	56.93	48.30	N	29.81	29.24	50.48	59.05	49.30
T	18.27	37.70	32.64	55.97	49.00	T	23.08	29.24	44.11	52.31	51.70
JAN83						MAI83					
H	21.15	23.34	47.54	44.49	73.30	H	4.81	29.49	14.02	34.30	39.00
G	22.11	23.34	43.65	45.46	65.70	G	14.42	29.49	32.84	43.92	41.00
B	18.27	23.34	43.90	41.61	64.30	B	9.61	29.49	24.56	39.11	33.30
C	16.35	23.34	41.19	39.69	67.00	C	14.42	29.49	32.84	43.92	35.00
S	16.35	23.34	41.19	39.69	69.00	S	13.46	29.49	31.34	42.96	37.70
F	38.46	23.34	62.23	61.80	72.30	F	16.35	29.49	35.66	45.84	36.70
P	11.54	23.34	33.08	34.88	46.70	P	13.46	29.49	31.34	42.96	32.70
H	3.85	23.34	14.15	27.19	32.70	H	4.81	29.49	14.02	34.30	24.70
B	81.73	23.34	77.78	105.07	130.00	B	64.42	29.49	68.59	93.92	107.30
A	26.92	23.34	53.56	50.26	70.00	A	20.19	29.49	40.64	49.69	48.00
A	24.04	23.34	50.73	47.38	56.30	A	12.50	29.49	29.76	41.99	33.70
B	31.73	23.34	57.62	55.07	61.30	B	15.38	29.49	34.28	44.88	33.70
Ø	17.31	23.34	42.58	40.65	82.00	Ø	8.65	29.49	22.68	38.15	39.30
N	25.00	23.34	51.71	48.34	63.00	N	10.58	29.49	26.39	40.07	33.70
T	21.15	23.34	47.54	44.49	59.70	T	9.61	29.49	24.56	39.11	30.30
FEB83						JUN83					
H	16.35	-4.09	133.41	12.25	15.70	H	11.54	22.44	33.95	33.98	57.70
G	27.88	-4.09	117.21	23.79	20.30	G	9.61	22.44	29.99	32.06	50.00
B	21.15	-4.09	123.99	17.06	22.00	B	11.54	22.44	33.95	33.98	40.00
C	32.69	-4.09	114.31	28.60	19.70	C	10.58	22.44	32.03	33.02	39.30
S	47.11	-4.09	109.52	43.02	22.30	S	9.61	22.44	29.99	32.06	44.70
F	38.46	-4.09	111.91	34.37	23.30	F	15.38	22.44	40.67	37.83	50.30
P	42.31	-4.09	110.71	38.21	24.00	P	8.65	22.44	27.83	31.10	34.30
H	6.73	-4.09	255.22	2.64	9.30	H	4.81	22.44	17.64	27.25	29.30
B	65.38	-4.09	106.68	61.29	38.00	B	80.77	22.44	78.25	103.21	108.30
A	26.92	-4.09	117.93	22.83	18.00	A	10.58	22.44	32.03	33.02	46.70
A	34.61	-4.09	113.41	30.52	19.70	A	14.42	22.44	39.12	36.87	51.00
B	30.77	-4.09	115.35	26.67	16.30	B	19.23	22.44	46.14	41.67	50.30
Ø	28.85	-4.09	116.54	24.75	23.30	Ø	7.69	22.44	25.52	30.14	53.30
N	28.85	-4.09	116.54	24.75	14.70	N	11.54	22.44	33.95	33.98	43.70
T	28.85	-4.09	116.54	24.75	19.30	T	9.61	22.44	29.99	32.06	37.70
MAR83						JUL83					
H	16.35	27.57	37.22	43.92	52.70	H	11.54	13.21	46.62	24.75	58.30
G	22.11	27.57	44.51	49.69	52.30	G	14.42	13.21	52.19	27.64	29.70
B	16.35	27.57	37.22	43.92	42.00	B	9.61	13.21	42.12	22.83	24.70
C	19.23	27.57	41.09	46.80	46.00	C	10.58	13.21	44.46	23.79	14.00
S	20.19	27.57	42.27	47.76	49.30	S	15.38	13.21	53.79	28.60	35.30
F	28.85	27.57	51.13	56.42	55.00	F	17.31	13.21	56.71	30.52	31.30
P	16.35	27.57	37.22	43.92	39.30	P	6.75	13.21	35.75	19.94	13.70
H	5.77	27.57	17.30	33.34	25.70	H	4.81	13.21	26.68	18.02	10.30
B	114.42	27.57	80.58	141.99	129.00	B	89.42	13.21	87.13	102.63	89.30
A	27.88	27.57	50.28	55.46	48.00	A	15.38	13.21	53.79	28.60	37.30
A	24.04	27.57	46.58	51.61	49.00	A	20.19	13.21	60.44	33.41	19.70
B	34.61	27.57	55.66	62.19	55.30	B	27.88	13.21	67.43	41.10	25.30
Ø	16.35	27.57	37.22	43.92	50.00	Ø	12.50	13.21	48.61	25.71	36.70
N	25.96	27.57	48.49	53.53	43.30	N	8.65	13.21	39.57	21.87	26.70
T	21.15	27.57	43.41	48.73	48.30	T	10.58	13.21	44.46	23.79	14.30
APR83						AUG83					
H	8.65	33.73	20.42	42.38	33.00	H	11.54	30.26	27.60	41.80	48.30
G	15.38	33.73	31.33	49.11	45.70	G	11.54	30.26	27.60	41.80	74.00
B	32.69	33.73	49.22	66.42	44.30	B	9.61	30.26	24.11	39.88	33.00
C	17.31	33.73	33.91	51.03	44.00	C	12.50	30.26	29.23	42.76	35.30
S	20.19	33.73	37.45	53.92	53.30	S	15.38	30.26	33.70	45.65	49.70
F	19.23	33.73	36.31	52.96	54.70	F	18.27	30.26	37.64	48.53	55.00
P	15.38	33.73	31.33	49.11	39.00	P	6.73	30.26	13.19	36.99	28.70
H	4.81	33.73	12.48	38.53	23.30	H	3.85	30.26	11.28	34.11	16.70
B	78.84	33.73	70.04	112.57	126.70	B	100.96	30.26	76.94	131.22	127.30
A	21.15	33.73	38.55	54.88	45.70	A	12.50	30.26	29.23	42.76	44.70
A	19.23	33.73	36.31	52.96	42.00	A	22.11	30.26	42.22	52.38	31.70
B	21.15	33.73	38.55	54.88	45.30	B	23.08	30.26	43.26	53.34	33.70
Ø	10.58	33.73	23.87	44.30	41.00	Ø	9.61	30.26	24.11	39.88	46.30
N	14.42	33.73	29.95	48.15	31.70	N	13.46	30.26	30.79	43.73	35.70
T	12.50	33.73	27.04	46.23	38.70	T	11.54	30.26	27.60	41.80	27.70

BSO₂ = korrosjonsbidrag SO₂, BNAT = korrosjonsbidrag klima
 (= 0.13 TOW - 12.7) % BSO₂² = prosentuet korrosjonsbidrag SO₂, KBER = beregnet korrosjon, KOBS = målt korrosjon

Tabell 16: Forts.

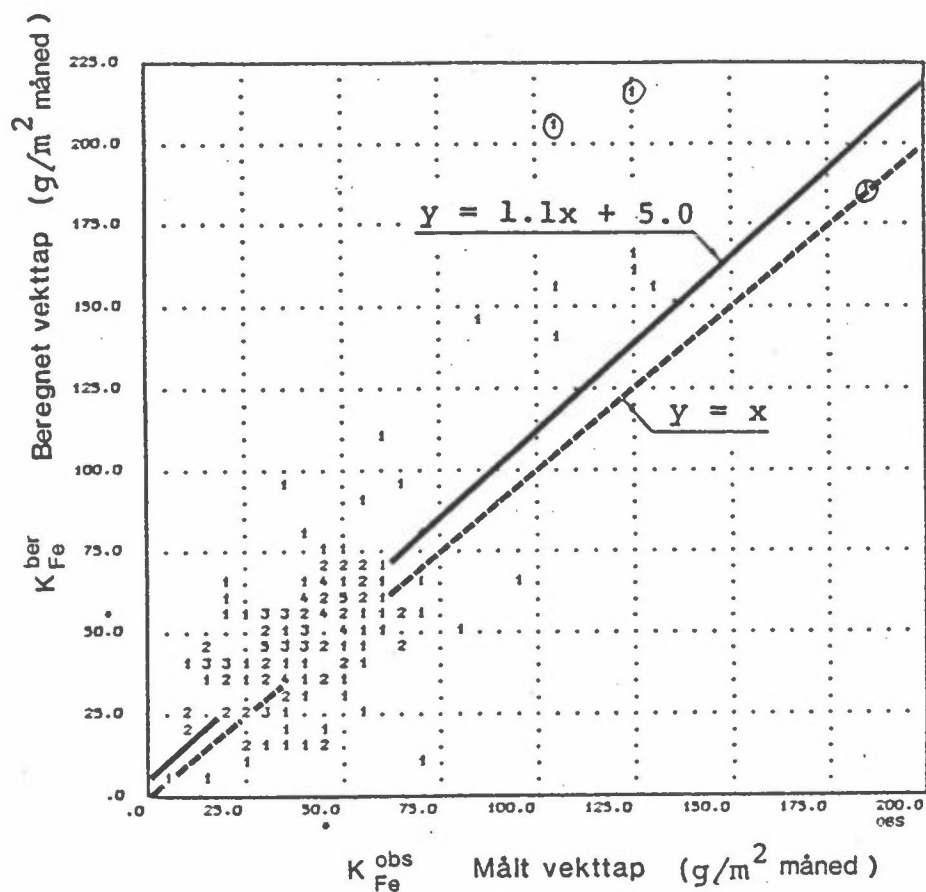
SEP8J	H	12.50	J1.29	28.54	43.79	43.30
	G	18.27	J1.29	36.86	49.56	41.70
	B	15.38	J1.29	32.96	46.67	31.00
	C	12.50	J1.29	28.54	43.79	36.00
	S	15.38	J1.29	32.96	46.67	53.30
	F	20.19	J1.29	39.22	51.48	52.70
	P	8.65	J1.29	21.66	39.94	28.70
	H	4.81	J1.29	13.32	36.10	23.70
	B	95.19	J1.29	75.26	126.48	188.60
	A	24.04	J1.29	43.45	53.33	54.30
	A	18.27	J1.29	36.86	49.56	43.30
	B	23.08	J1.29	42.45	54.37	44.00
	O	12.50	J1.29	28.54	43.79	65.30
	N	19.23	J1.29	38.06	50.52	40.30
	T	16.35	J1.29	34.31	47.64	34.70

Tabell 17: Målt korrosjon og beregnet kvartalskorrosjon for stål etter relasjonen $(6.5)K = 2.43 SO_2 + 0.11 TOW - 21.7$.

Fe

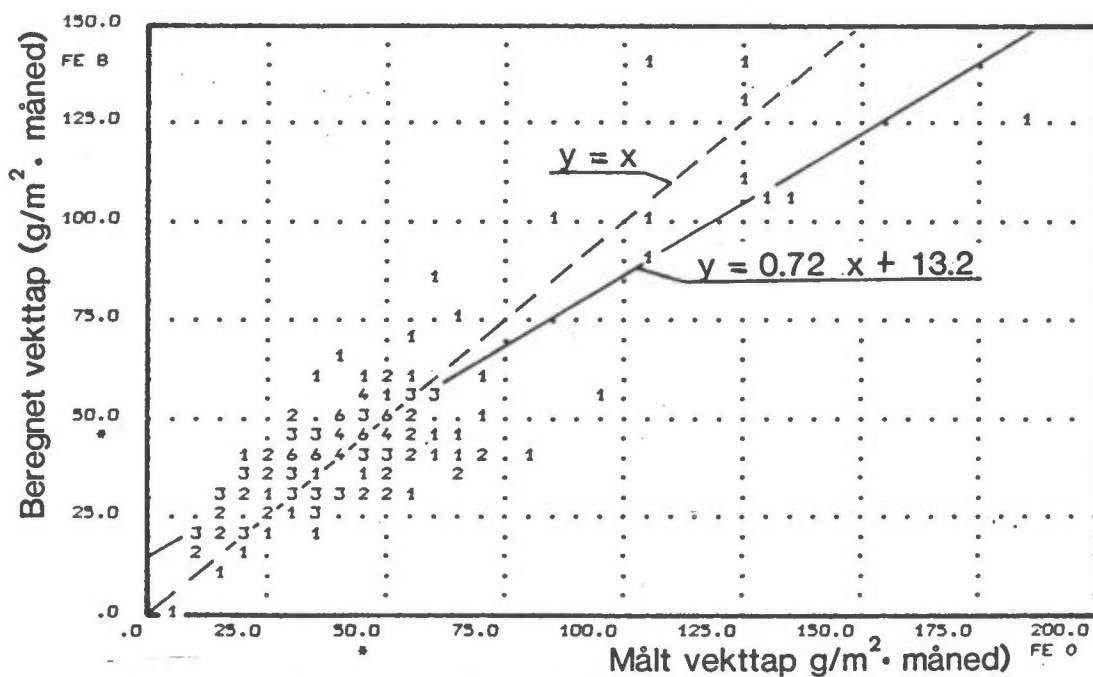
KV 1						KV 5					
STASJON	KVARTALSKORROSJON STÅL					STASJON	KVARTALSKORROSJON STÅL				
	B SO ₂	B NAT	%B SO ₂	K BER	K OBS		B SO ₂	B NAT	%B SO ₂	K BER	K OBS
H	53.78	4.99	92.13	63.76	43.00	H	39.97	38.14	31.20	128.11	149.30
G	61.13	4.99	92.46	66.11	75.70	G	49.37	38.14	35.90	137.52	150.00
B	69.33	4.99	93.33	74.31	97.00	B	42.32	38.14	32.44	130.46	133.30
C	107.45	4.99	95.36	112.43	106.70	C	53.37	38.14	37.71	141.51	136.00
S	123.61	4.99	96.27	133.59	106.30	S	54.78	38.14	38.33	142.92	154.30
F	140.36	4.99	96.57	143.35	131.70	F	108.86	38.14	55.26	197.00	177.60
P	103.15	4.99	95.59	113.14	85.70	P	31.27	38.14	26.19	119.41	124.70
H	14.11	4.99	73.88	19.09	43.70	H	11.05	38.14	11.14	99.19	87.00
B	160.38	4.99	96.99	163.57	139.30	B	216.30	38.14	71.05	304.44	354.60
A	78.29	4.99	94.01	83.28	92.00	A	58.07	38.14	39.72	146.22	148.30
A	74.53	4.99	93.73	79.52	86.70	B	58.78	38.14	40.01	146.92	130.70
B	61.83	4.99	92.54	66.82	95.00	A	77.59	38.14	46.82	165.73	151.30
O	31.53	4.99	94.24	36.57	107.70	O	40.67	38.14	31.58	123.82	161.70
H	116.85	4.99	95.91	121.64	59.30	N	60.42	38.14	40.67	146.57	134.70
T	119.20	4.99	95.98	124.19	86.70	T	51.02	38.14	36.66	139.16	129.30
KV 2						KV 6					
H	61.13	77.81	44.00	138.94	132.30	H	33.62	62.52	34.97	96.15	102.30
G	53.37	77.81	40.63	131.18	133.00	G	53.37	62.52	46.05	113.39	114.30
B	66.54	77.81	46.09	144.35	109.00	B	57.13	62.52	47.75	119.66	98.70
C	53.78	77.81	43.03	136.59	110.30	C	56.43	62.52	47.44	118.95	110.30
S	65.13	77.81	45.56	142.94	146.70	S	71.24	62.52	53.26	135.76	111.70
F	81.53	77.81	51.18	159.40	130.00	F	70.53	62.52	53.01	133.06	126.30
P	56.43	77.81	42.03	134.24	105.00	P	60.42	62.52	49.15	122.95	99.30
H	24.22	77.81	23.73	102.03	74.70	H	14.11	62.52	13.41	76.63	62.00
B	286.13	77.81	78.62	363.94	460.30	B	210.89	62.52	77.13	273.42	243.60
A	34.08	77.81	41.00	131.39	102.70	A	61.85	62.52	49.72	124.36	103.00
A	72.83	77.81	48.36	150.70	160.00	A	63.46	62.52	50.33	126.00	97.70
B	86.99	77.81	52.78	164.80	159.30	B	70.53	62.52	53.01	133.06	102.00
O	41.61	77.81	34.85	119.43	118.00	O	45.38	62.52	42.05	107.90	104.70
H	68.18	77.81	46.70	145.99	111.70	N	56.43	62.52	47.44	118.95	85.30
T	79.23	77.81	50.45	157.04	136.30	T	51.02	62.52	44.93	113.54	104.00
KV 3						KV 7					
H	36.91	57.98	33.90	94.89	122.70	H	35.86	67.90	27.58	93.76	170.30
G	35.97	57.98	38.29	93.95	97.00	G	31.27	67.90	31.53	99.17	88.70
B	27.51	57.98	32.13	85.49	93.30	B	25.16	67.90	27.03	93.05	151.30
C	35.27	57.98	37.82	93.25	62.00	C	28.92	67.90	29.67	96.81	133.00
S	31.27	57.98	35.04	89.25	87.00	S	31.27	67.90	31.53	99.17	146.30
F	39.97	57.98	40.81	97.95	82.00	F	39.97	67.90	37.05	107.86	151.70
P	33.62	57.98	36.70	91.60	68.70	P	23.51	67.90	25.72	91.41	129.00
H	15.75	57.98	21.36	73.73	45.30	H	11.76	67.90	14.76	79.65	51.30
B	232.05	57.98	30.01	290.03	219.60	B	191.14	67.90	73.79	259.04	334.60
A	47.73	57.98	45.15	105.71	106.70	A	37.62	67.90	35.65	105.51	101.30
A	43.03	57.98	42.60	101.00	65.00	A	33.32	67.90	36.08	106.22	136.30
B	49.37	57.98	45.99	107.35	57.70	B	51.02	67.90	42.90	116.91	139.00
O	29.86	57.98	33.99	37.84	99.70	O	23.51	67.90	25.72	91.41	161.00
H	34.56	57.98	37.35	92.54	82.30	N	25.16	67.90	27.03	93.05	131.00
T	24.22	57.98	29.46	82.20	61.70	T	24.22	67.90	26.29	92.11	68.00
KV 4						KV 8					
H	31.27	103.43	23.21	134.70	140.30	H	29.86	89.07	25.11	116.93	167.60
G	43.03	103.43	29.38	146.46	145.30	G	39.97	89.07	30.97	129.04	143.30
B	35.27	103.43	25.43	138.70	120.00	B	35.27	89.07	28.36	124.34	129.00
C	34.56	103.43	25.05	137.99	106.30	C	23.92	89.07	24.51	117.99	149.30
S	51.02	103.43	33.03	154.45	153.30	S	36.91	89.07	29.30	125.98	163.30
F	140.36	103.43	57.57	243.79	174.60	F	46.67	89.07	35.32	137.74	165.30
P	25.66	103.43	20.00	129.29	95.00	P	18.61	89.07	17.45	107.68	114.00
H	11.05	103.43	9.65	114.48	63.00	H	11.76	89.07	11.66	100.83	96.00
B	373.82	103.43	78.33	477.26	491.30	B	216.30	89.07	70.83	305.37	350.60
A	42.32	103.43	29.04	145.75	133.30	A	49.37	89.07	35.66	138.45	153.70
A	66.54	103.43	39.15	169.97	169.00	A	43.03	89.07	32.57	132.10	129.70
B	75.24	103.43	42.11	178.67	146.70	S	54.78	89.07	35.08	143.35	137.30
O	43.97	103.43	29.83	147.40	156.30	O	30.56	89.07	25.55	119.64	183.60
H	40.67	103.43	28.23	144.11	114.00	N	45.38	89.07	33.75	134.45	132.70
T	37.62	103.43	26.67	141.05	108.00	T	36.32	89.07	30.08	127.40	122.00

BSO₂ = korrosjonsbidrag SO₂, BNAT = korrosjonsbidrag klima (= 0.11 TOW - 21.7)
 %BSO₂ = prosentuet korrosjonsbidrag, KBER = beregnet korrosjon, KBOS = målt korrosjon.

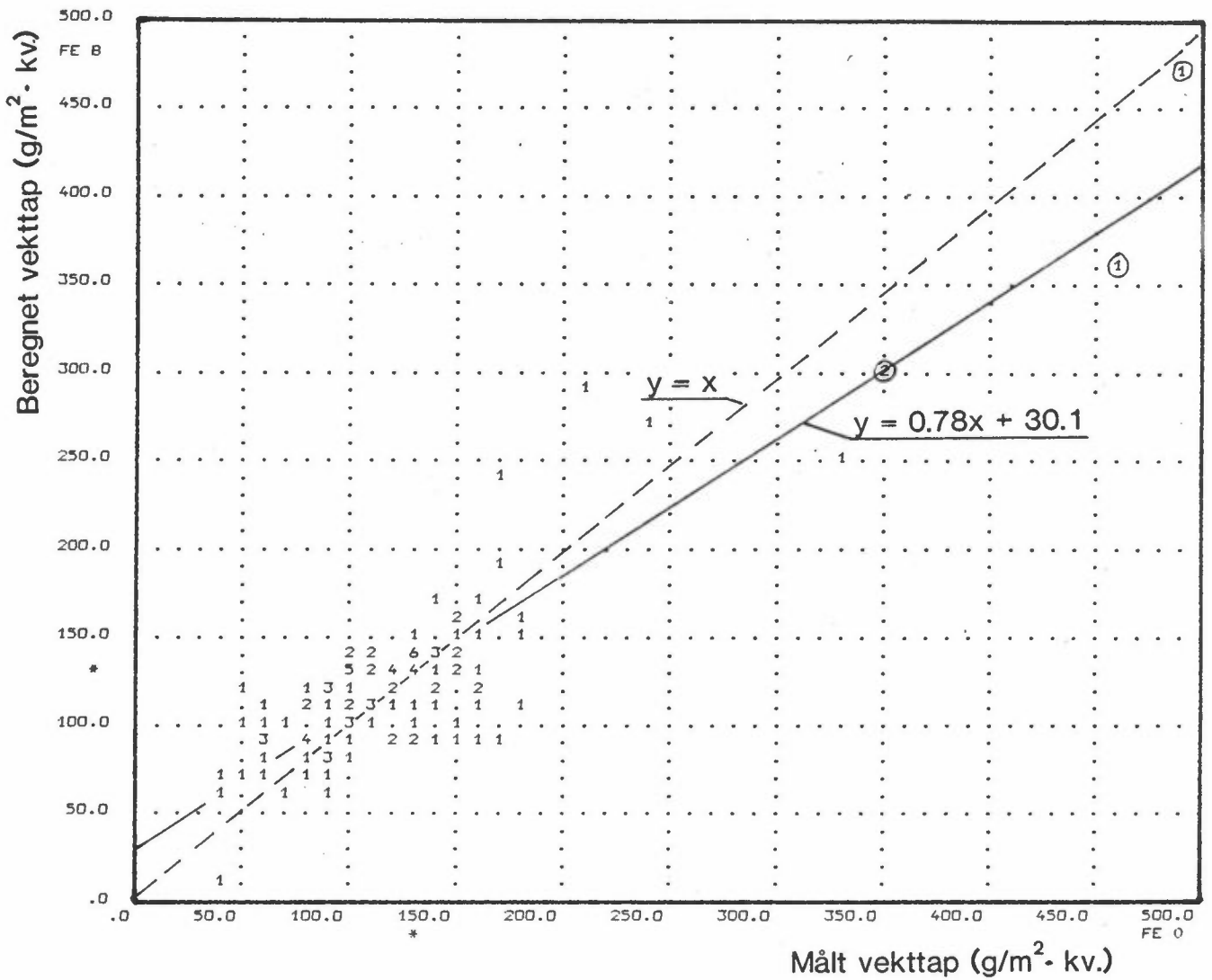


Figur 18: Målt korrosjon og beregnet månedskorrosjon etter BIALBO-modellen:

$$(6.1) K_{Fe} = 1.54SO_2 + 2.34 DNED + 0.05(H^+) - 15.2.$$



Figur 19: Målt korrosjon og beregnet månedskorrosjon etter
 (6.3) $K_{Fe}^{ber} = 0.96 SO_2 + 0.13 TOW - 12.7$ ($R=0.85$).



Figur 20: Målt korrosjon og beregnet kvartalskorrosjon etter ber
 $(6.5)K_{Fe} = 2.43 SO_2 + 0.11 TOW - 21.7. (R=0.9)$

GRUNNLAGSMATERIALE 7 - DOSE/EFFEKT RELASJONER FOR SINK, KOPPER OG ALUMINIUM

Årskorrosjonen av sink, kopper og aluminium er best beskrevet av relasjoner med summen av SO₂ og våttiden. Sammenhengene er best for sink og dårligst for aluminium.

De ulike ligningene med SO₂ og våttid for de tre materialene er vist i tabell 18, mens de fullstendige multiple regresjonsanalysene er vist i tabell 19 til 21.

Tabell 18: Årlig dose -effekt relasjoner for Zn, Cu og Al

	Korrelasjons koeffisient R (30 data)	Uforklart variasjon (1-R ²)%
$K_{Zn}^{\text{år}} = 0.35 \text{ SO}_2 + 0.01 \text{ TOW} - 21.8$	R = 0.94	12
$K_{Cu}^{\text{år}} = 0.14 \text{ SO}_2 + 0.007 \text{ TOW} - 16.9$	R = 0.91	17
$K_{Al}^{\text{år}} = 0.01 \text{ SO}_2 + 0.05 \text{ TOW} - 1.2$	R = 0.78	39

For alle tre materialene er korrelasjonen like god for en relasjon inneholdende våttid og (H⁺), som SO₂ og våttid. Fordi det er langt mer fullstendig måledata for SO₂ enn for (H⁺), har vi valgt å vektlegge relasjonen med SO₂ sterkere. Restvariansen (12, 17 og 39%) skyldes som for stål, usikkerhet i måledata og eventuelle korrosjonsbidrag fra andre klimavariabler og forurensninger. Den større usikkerheten for aluminium skyldes flere forhold. For det første den lave korrosjon og den mye mindre følsomheten for SO₂ og fukt (våttid). Dessuten korroderer Al flekkvis og ikke jevnt over flaten. Disse forhold gjør at det blir en større tilfeldig spredning i korrosjonshastigheten.

Korrosjonsbidraget på grunn av SO₂ er dominerende, men varierer med materialet, lokaliteten og eksponeringsperioden

Sammenhengene mellom målt og beregnet korrosjon etter regresjonene i tabell

18 (SO_2 + våttid) for Zn, Cu og Al er vist i hhv. figur 21 til 23. Den lineære regresjonsanalysen gir følgende relasjoner og standardavvik S for konstantene:

$$\begin{aligned} (7.1) \quad K_{\text{Zn}}^{\text{ber}} &= 0.88 K_{\text{Zn}}^{\text{obs}} + 1.74 & S_a &= 0.06, S_b = 1.02 \\ (7.2) \quad K_{\text{Cu}}^{\text{ber}} &= 0.823 K_{\text{Cu}}^{\text{obs}} + 1.46 & S_a &= 0.07, S_b = 0.65 \\ (7.3) \quad K_{\text{Al}}^{\text{ber}} &= 0.608 K_{\text{Al}}^{\text{obs}} + 0.33 & S_a &= 0.09, S_b = 0.09 \end{aligned}$$

Statistisk test av konstantene i ligningene viser at for Zn er verken vinkelkoeffisienten eller skjæringspunktet med y-aksen signifikant forskjellig fra hhv. 1 og 0 på 95% konfidensnivå. For Zn beskriver derfor likning (7.1) korrosjonen med stor grad av sikkerhet.

For Cu og Al derimot er både vinkelkoeffisienten og skjæringspunktet signifikant forskjellig fra hhv. 1 og 0 på 95% nivå.

I tabell 22 er vist målt korrosjon og beregnet korrosjon for Zn, Cu og Al etter regresjonene i tabell 18 (SO_2 + våttid). Dessuten er beregnet det prosentvise korrosjonsbidraget fra SO_2 og fra det som er definert som naturlig korrosjon, nemlig b.TOW - konstantleddet.

Bidraget fra SO_2 til den totale sinkkorrosjonen i 1981/82 utgjør for Hoff ca. 45%, for Borregaard ca. 93% og for "Alvim"-stasjonene ca. 75%. I 1982/83 - med lavere SO_2 og høyere våttid - er tilsvarende tall for Hoff ca. 17%, for Borregaard ca. 78% og for "Alvim"-stasjonene ca. 45%.

Korrosjonen av sink er høyere i 1982/83 enn i 1981/82, bortsett fra på Borregaard. Ved lave og middels høye SO_2 -konsentrasjoner ("Alvim"-stasjonene) betyr derfor økningen i våttid i 1982/83 mer enn den samtidige senking av SO_2 -konsentrasjon. Ved høye SO_2 -konsentrasjoner (Borregaard) dominerer virkningen av SO_2 -nivået. Med lavere SO_2 -nivå i 1982/83 blir derfor korrosjonen i 1982/83 lavere.

For kopper der det samme variasjon i SO_2 -bidraget som for sink, fra stasjon til stasjon og år til år. Det prosentvise bidraget fra SO_2 -korrosjonen er imidlertid lavere enn for sink, dvs kopper er mindre følsom for SO_2 . For aluminium er også forholdet nesten det samme, men det er ingen minsket

korrosjon på Borregaard i 82/83.

For Cu er det prosentvise bidraget fra SO_2 -korrosjon i 81/82 for Hoff ca 30%, for Borregaard ca 87%, for "Alvim-stasjonene" ca 60%. Tilsvarende tall for 82/83 er hhv ca 10%, ca 65% og ca 25%.

For aluminium er det prosentvise bidraget fra SO_2 -korrosjon for 81/82 ca 20% for Hoff, for Borregaard ca 81% og ca 45% for "Alvim-stasjonene". Tilsvarende tall for 82/83 er ca 9%, ca 62% og ca 25%.

Tabell 19: Multipel regresjonsanalyse - Sammenheng mellom årskorrosjon av sink og miljøvariable målt på 15 stasjoner i perioden 1981-11-83-10.

MIDDELVERDI, MAKSIMUM OG STANDARD AVVIK									
KZN	S02	KAPP	H+	S04C	CL-C	CLAF	TOW	STOW	
15.007	24.580	5.220	49.747	1.997	3.120	2.500	3221.500	84.471	
42.700	111.900	8.100	137.300	3.600	8.000	10.000	3550.000	322.720	
7.927	21.274	.852	14.793	.624	.991	1.637	343.270	66.515	

KORRELASJONSMATRISEN:									
KZN	1.000	.866	.879	.926	.902	.077	.578	.219	.897
S02	.866	1.000	.791	.953	.951	-.019	.720	-.164	.986
KAPP	.879	.791	1.000	.884	.901	.414	.587	.374	.841
H+	.926	.953	.884	1.000	.974	-.009	.646	.059	.965
S04C	.902	.951	.901	.974	1.000	.149	.791	.024	.973
CL-C	.077	-.019	.414	-.009	.149	1.000	.298	.342	.033
CLAF	.578	.720	.587	.646	.791	.298	1.000	-.214	.753
TOW	.219	-.164	.374	.059	.024	.342	-.214	1.000	-.032
STOW	.897	.986	.841	.965	.973	.033	.753	-.032	1.000
KZN	S02	KAPP	H+	S04C	CL-C	CLAF	TOW	STOW	

REGRESSJONSLIGNINGER:									
KZN	=	.5227*S02	+	6.4506				R = .8460	RR = .2501
KZN	=	8.1705*KAPP	+	-27.6433				R = .8785	RR = .2282
KZN	=	.4371*H+	+	-15.4907				R = .9260	RR = .1425
KZN	=	16.7497*S04C	+	-18.4768				R = .9018	RR = .1888
KZN	=	.6151*CL-C	+	13.0875				R = .0749	RR = .9941
KZN	=	2.8060*CLAF	+	7.9918				R = .5775	RR = .6665
KZN	=	.0051*TOW	+	-1.2838				R = .2190	RR = .9520
KZN	=	.1049*STOW	+	5.9754				R = .8971	RR = .1952

Tabell 19: Forts.

DE 10 BESTE RELASJONER MED TO VARIABLE:									
KZN	=	.4325*H+	+	.0058*TOW	+	-27.4155		R = .9405	RR = .1155
ST.AVVIK		.0309		.0015		5.2373			
T-TEST		13.9834		2.5119		-5.2343			
OVERGANG FRA H+ (R = .9260) TIL TO VARIABLE: F = 4.31** NØBS = 30									
KZN	=	.3653*S02	+	.0086*TOW	+	-21.7549		R = .9401	RR = .1163
ST.AVVIK		.0248		.0015		5.1243			
T-TEST		13.9299		5.5734		-4.2454			
OVERGANG FRA S02 (R = .8660) TIL TO VARIABLE: F = 31.06** NØBS = 30									
KZN	=	2.5532*KAPP	+	.3224*H+	+	-20.8277		R = .9349	RR = .1260
ST.AVVIK		1.3581		.0689		3.6612			
T-TEST		1.8800		4.6798		-5.6887			
OVERGANG FRA H+ (R = .9240) TIL TO VARIABLE: F = 3.53 NØBS = 30									
KZN	=	9.5002*KAPP	+	-2.7433*CL-C	+	-25.9429		R = .9332	RR = .1292
ST.AVVIK		.7047		.6075		3.4215			
T-TEST		13.4434		-4.5486		-7.5882			
OVERGANG FRA KAPP (R = .8785) TIL TO VARIABLE: F = 20.69** NØBS = 30									
KZN	=	.0057*TOW	+	.1078*STOW	+	-12.5230		R = .9306	RR = .1340
ST.AVVIK		.0016		.0084		5.3409			
T-TEST		3.5134		12.8413		-2.3447			
OVERGANG FRA STOW (R = .8971) TIL TO VARIABLE: F = 12.34** NØBS = 30									
KZN	=	.4375*H+	+	.6782*CL-C	+	-17.6305		R = .9299	RR = .1353
ST.AVVIK		.0334		.5440		2.9882			
T-TEST		13.0904		1.1982		-5.9000			
OVERGANG FRA H+ (R = .9260) TIL TO VARIABLE: F = 1.44 NØBS = 30									
KZN	=	22.0917*S04C	+	-1.7583*CLAF	+	-24.7073		R = .9296	RR = .1377
ST.AVVIK		2.1698		.5669		3.3730			
T-TEST		10.1814		-3.1017		-7.3251			
OVERGANG FRA S04C (R = .9018) TIL TO VARIABLE: F = 9.62** NØBS = 30									
KZN	=	-.0671*S02	+	.5132*H+	+	-19.3618		R = .9276	RR = .1395
ST.AVVIK		.0884		.1120		5.6495			
T-TEST		-.7592		4.6253		-3.4272			
OVERGANG FRA H+ (R = .9260) TIL TO VARIABLE: F = .58 NØBS = 30									
KZN	=	.4480*H+	+	-.1735*CLAF	+	-15.8168		R = .9264	RR = .1418
ST.AVVIK		.0448		.4613		2.6011			
T-TEST		9.9966		-.3760		-8.0807			
OVERGANG FRA H+ (R = .9260) TIL TO VARIABLE: F = .14 NØBS = 30									
KZN	=	.4127*H+	+	.0364*STOW	+	-14.3269		R = .9261	RR = .1423
ST.AVVIK		.1303		.0529		6.4754			
T-TEST		3.1677		.1943		-2.2125			
OVERGANG FRA H+ (R = .9260) TIL TO VARIABLE: F = .04 NØBS = 30									

Tabell 20: Multipel regresjonsanalyse - Sammenheng mellom årskorrosjon av kopper og miljøvariable. Målt på 15 stasjoner i perioden 1981-11--83-10.

MIDDELVERDI, MAKSIMUM OG STANDARD AVVIK										
KCU	S02	KAPP	H+	S04C	CL-C	CLAF	TOW	STOW		
9.233	24.580	5.220	49.767	1.997	3.120	2.500	3221.500	84.471		
22.000	111.900	8.100	137.300	3.600	8.000	10.000	3559.000	322.720		
3.774	21.276	.852	14.793	.424	.991	1.432	343.270	44.515		

KORRELASJONSMATRISEN:										
KCU	1.000	.684	.888	.812	.746	.130	.269	.474	.722	
S02	.684	1.000	.791	.953	.951	-.019	.720	-.164	.786	
KAPP	.888	.791	1.000	.884	.901	.414	.587	.374	.841	
H+	.812	.953	.884	1.000	.974	-.009	.646	.059	.965	
S04C	.746	.951	.901	.974	1.000	.149	.791	.024	.973	
CL-C	.130	-.019	.414	-.009	.149	1.000	.298	.342	.033	
CLAF	.269	.720	.587	.644	.791	.298	1.000	-.214	.753	
TOW	.474	-.164	.374	.059	.024	.342	-.214	1.000	-.032	
STOW	.722	.786	.841	.965	.973	.033	.753	-.032	1.000	
	KCU	S02	KAPP	H+	S04C	CL-C	CLAF	TOW	STOW	

REGRESSJONSLIGNINGENE:										
KCU	=	.1213	*S02	+	5.0094				R = .683R	RR = .5324
KCU	=	3.9325	*KAPP	+	-12.2943				R = .8882	RR = .2111
KCU	=	.1825	*H+	+	-4.5021				R = .8123	RR = .3402
KCU	=	6.6026	*S04C	+	-4.9498				R = .7458	RR = .4438
KCU	=	.6840	*CL-C	+	6.0792				R = .1797	RR = .9477
KCU	=	.6211	*CLAF	+	6.6905				R = .2685	RR = .9270
KCU	=	.0052	*TOW	+	-8.6298				R = .4761	RR = .7733
KCU	=	.0410	*STOW	+	4.7722				R = .7222	RR = .4784

Tabell 20: Forts.

DE 10 BESTE RELASJONER MED TO VARIABLE:										
KCU	=	4.9327	*KAPP	+	-.8907	*CLAF	+	-15.2889	R = .9413	RR = .1139
ST.AVVIK		.3551			.1855			1.6432		
T-TEST		13.8917			-4.8015			-9.3042		
OVERGANG FRA KAPP (R = .8882) TIL TO VARIABLE: F = 23.05** NOBS = 30										
KCU	=	.1768	*H+	+	.0047	*TOW	+	-19.3116	R = .9135	RR = .1564
ST.AVVIK		.0171			.0908			2.9014		
T-TEST		10.3181			5.6318			-6.6556		
OVERGANG FRA H+ (R = .8123) TIL TO VARIABLE: F = 31.72** NOBS = 30										
KCU	=	12.6053	*S04C	+	-1.9832	*CLAF	+	-11.9772	R = .9120	RR = .1683
ST.AVVIK		1.1420			.2984			1.7753		
T-TEST		11.0377			-6.6448			-6.7464		
OVERGANG FRA S04C (R = .7458) TIL TO VARIABLE: F = 44.18** NOBS = 30										
KCU	=	4.3473	*KAPP	+	-.8623	*CL-C	+	-11.7702	R = .9118	RR = .1686
ST.AVVIK		.3843			.3304			1.8407		
T-TEST		11.3115			-2.6089			-6.3255		
OVERGANG FRA KAPP (R = .8882) TIL TO VARIABLE: F = 6.81* NOBS = 30										
KCU	=	.1389	*S02	+	.0044	*TOW	+	-16.8621	R = .9072	RR = .1769
ST.AVVIK		.0146			.0009			3.0090		
T-TEST		9.5399			7.3653			-5.6030		
OVERGANG FRA S02 (R = .6838) TIL TO VARIABLE: F = 54.25** NOBS = 30										
KCU	=	3.6553	*KAPP	+	.0013	*TOW	+	-16.7781	R = .9017	RR = .1870
ST.AVVIK		.3973			.0010			3.0931		
T-TEST		9.2093			1.8662			-5.4243		
OVERGANG FRA KAPP (R = .8882) TIL TO VARIABLE: F = 3.48 NOBS = 30										
KCU	=	5.0821	*KAPP	+	-2.5515	*S04C	+	-13.2005	R = .8970	RR = .1955
ST.AVVIK		.8678			1.7352			2.0849		
T-TEST		5.8563			-1.4705			-4.3314		
OVERGANG FRA KAPP (R = .8882) TIL TO VARIABLE: F = 2.14 NOBS = 30										
KCU	=	3.4447	*KAPP	+	.0280	*H+	+	-11.7024	R = .8901	RR = .2077
ST.AVVIK		.8301			.0421			2.2370		
T-TEST		4.1496			.6649			-5.2293		
OVERGANG FRA KAPP (R = .8882) TIL TO VARIABLE: F = .44 NOBS = 30										
KCU	=	4.2444	*KAPP	+	-.0048	*STOW	+	-13.5211	R = .8893	RR = .2091
ST.AVVIK		.7196			.0092			3.1471		
T-TEST		5.8980			-.5154			-4.2943		
OVERGANG FRA KAPP (R = .8882) TIL TO VARIABLE: F = .27 NOBS = 30										
KCU	=	-.0087	*S02	+	4.1741	*KAPP	+	-12.9580	R = .8887	RR = .2107
ST.AVVIK		-.0254			.6383			2.8431		
T-TEST		-.3402			6.4324			-4.5580		
OVERGANG FRA KAPP (R = .8882) TIL TO VARIABLE: F = .12 NOBS = 30										

Tabell 21: Målt korrosjon og beregnet årskorrosjon for sink, kopper og aluminium.

MIDDELVERDI, MAKSIMUM OG STANDARD AVVIK									
KAL	SO2	KAPP	H+	SO4C	CL-C	CLAF	TOW	STOW	
.843	24.580	5.220	60.767	1.997	3.120	2.500	3221.500	84.471	
1.900	111.900	8.100	137.300	3.600	8.000	10.000	3550.000	322.720	
.384	21.274	.852	14.793	.424	.091	1.432	343.270	66.515	

KORRELASJONSMATRISEN:									
KAL	1.000	.622	.719	.724	.696	.040	.413	.362	.683
SO2	.622	1.000	.791	.953	.951	-.019	.720	-.164	.986
KAPP	.719	.791	1.000	.884	.901	.414	.587	.374	.841
H+	.724	.953	.884	1.000	.974	-.009	.446	.050	.965
SO4C	.696	.951	.901	.974	1.000	.140	.791	.024	.973
CL-C	.040	-.019	.414	-.009	.140	1.000	.298	.342	.033
CLAF	.413	.720	.587	.444	.791	.298	1.000	-.214	.753
TOW	.362	-.164	.374	.050	.024	.342	-.216	1.000	-.032
STOW	.683	.986	.841	.965	.973	.033	.753	-.032	1.000
KAL	SO2	KAPP	H+	SO4C	CL-C	CLAF	TOW	STOW	

REGRESSJONSLIGNINGENE:									
KAL	=	.0112*SO2	+	.5453				R=	.6215, RR= .4137
KAL	=	.3239*KAPP	+	-.8474				R=	.7192, RR= .4828
KAL	=	.0166*H+	+	-.3114				R=	.7240, RR= .4758
KAL	=	.6270*SO4C	+	-.4087				R=	.6963, RR= .5152
KAL	=	.0191*CL-C	+	.7834				R=	.0493, RR= .9976
KAL	=	.0972*CLAF	+	.6005				R=	.4120, RR= .8295
KAL	=	.0004*TOW	+	-.4612				R=	.3421, RR= .8689
KAL	=	.0039*STOW	+	.5195				R=	.6827, RR= .5330

Tabell 21: Forts.

DE 10 BESTE RELASJONER MED TO VARIABLE:									
KAL	=	.0161*H+	+	.0004*TOW	+	-1.4348		R=	.7915, RR= .3734
ST.AVVIK		.0027		.0001		.4561			
T-TEST		5.9430		2.7177		-3.1458			
OVERGANG FRA H+ (R= .7240) TIL TO VARIABLE: F= 7.39** NOBS= 30									
KAL	=	.0004*TOW	+	.0040*STOW	+	-.8791		R=	.7832, RR= .3865
ST.AVVIK		.0001		.0007		.4394			
T-TEST		3.2084		5.8047		-2.0000			
OVERGANG FRA STOW (R= .6827) TIL TO VARIABLE: F= 10.29** NOBS= 30									
KAL	=	.0126*SO2	+	.0005*TOW	+	-1.2094		R=	.7794, RR= .3925
ST.AVVIK		.0022		.0001		.4559			
T-TEST		5.7240		3.9001		-2.6531			
OVERGANG FRA SO2 (R= .6215) TIL TO VARIABLE: F= 15.21** NOBS= 30									
KAL	=	.6196*SO4C	+	.0704*TOW	+	-1.6392		R=	.7773, RR= .3958
ST.AVVIK		.1091		.0001		.4851			
T-TEST		5.6815		2.8544		-3.3791			
OVERGANG FRA SO4C (R= .6963) TIL TO VARIABLE: F= 8.15** NOBS= 30									
KAL	=	.3797*KAPP	+	-.1159*CL-C	+	-.7760		R=	.7491, RR= .4085
ST.AVVIK		.0608		.0523		.2946			
T-TEST		6.2401		-2.2164		-2.6373			
OVERGANG FRA KAPP (R= .7192) TIL TO VARIABLE: F= 4.91* NOBS= 30									
KAL	=	-.0135*SO2	+	.0323*H+	+	-1.0879		R=	.7585, RR= .4247
ST.AVVIK		.0075		.0095		.4773			
T-TEST		-1.8026		3.4665		-2.2793			
OVERGANG FRA H+ (R= .7240) TIL TO VARIABLE: F= 3.25 NOBS= 30									
KAL	=	-.0330*SO2	+	.0143*STOW	+	.5084		R=	.7485, RR= .4397
ST.AVVIK		.0137		.0044		.0787			
T-TEST		-2.4049		3.2687		6.4644			
OVERGANG FRA STOW (R= .6827) TIL TO VARIABLE: F= 5.78* NOBS= 30									
KAL	=	.1631*KAPP	+	.0092*H+	+	-.6523		R=	.7436, RR= .4471
ST.AVVIK		.1239		.0963		.3340			
T-TEST		1.5165		1.4687		-1.9533			
OVERGANG FRA H+ (R= .7240) TIL TO VARIABLE: F= 1.73 NOBS= 30									
KAL	=	.2250*KAPP	+	.0015*STOW	+	-.4508		R=	.7335, RR= .4420
ST.AVVIK		.1088		.0914		.4759			
T-TEST		2.0496		1.1025		-.9472			
OVERGANG FRA KAPP (R= .7192) TIL TO VARIABLE: F= 1.22 NOBS= 30									
KAL	=	.8883*SO4C	+	-.0865*CLAF	+	-.7151		R=	.7317, RR= .4646
ST.AVVIK		.1930		.0504		.3000			
T-TEST		4.6055		-1.7152		-2.3837			
OVERGANG FRA SO4C (R= .6963) TIL TO VARIABLE: F= 2.94 NOBS= 30									

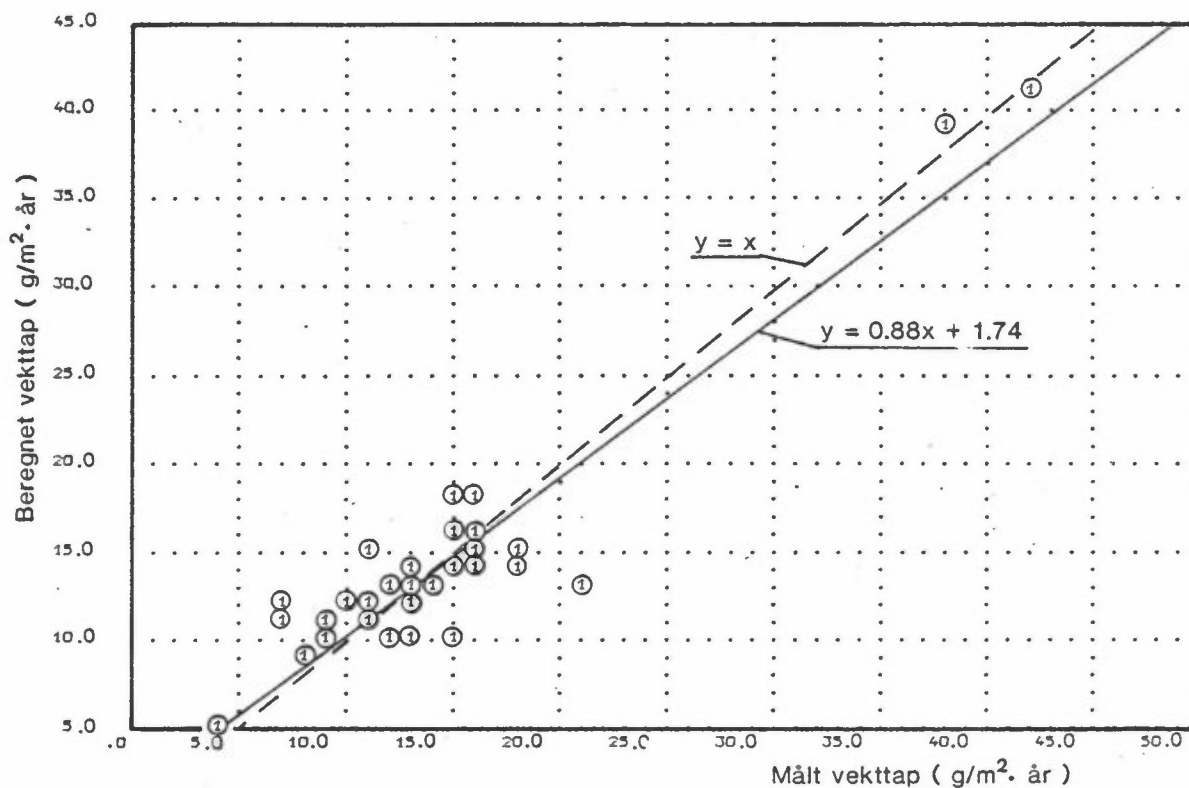
Tabell 22: Målt korrosjon og beregnet årskorrosjon for sink, kopper og aluminium.

Sink = 0.35 SO ₂ + 0.01 TOW - 21.8				Kopper = 0.14 SO ₂ + 0.007 TOW - 16.9				Aluminium = 0.01 SO ₂ + k0.005 TOW - 1.2						
B. SO ₂	E. NAT	%B. SO ₂	K. BER	K. OBS	B. SO ₂	E. NAT	%B. SO ₂	K. BER	K. OBS	B. SO ₂	E. NAT	%B. SO ₂	K. BER	K. OBS
81/82														
H 6.71	2.94	70.14	9.85	8.70	2.78	2.30	54.71	5.08	4.50	.25	.33	43.46	.59	.40
C 7.11	2.94	70.76	10.05	12.00	2.86	2.30	55.44	5.16	5.00	.26	.33	44.19	.59	.40
B 7.32	2.94	71.35	10.26	13.40	2.94	2.30	56.15	5.24	5.40	.27	.33	44.90	.59	.70
C 8.67	2.94	74.67	11.61	11.40	3.49	2.30	60.25	5.79	5.10	.32	.33	49.10	.64	.80
S 10.12	2.94	77.49	13.06	13.90	4.07	2.30	63.89	6.37	6.00	.37	.33	52.96	.70	.70
P 12.05	2.94	80.39	14.99	18.70	4.85	2.30	67.82	7.15	7.10	.44	.33	57.29	.77	.70
F 13.06	2.94	83.70	16.15	7.70	3.31	2.30	58.97	5.61	4.10	.30	.33	47.77	.63	.60
H 14.11	2.94	83.66	11.15	4.30	.96	2.30	29.41	3.26	4.40	.09	.33	20.96	.41	.50
B 15.54	2.94	44.77	5.32	4.30	15.54	2.30	87.11	17.84	22.00	1.41	.33	81.13	1.74	1.70
B 18.58	2.94	92.93	41.58	42.70	3.29	2.30	58.87	5.59	6.30	.30	.33	47.67	.63	.60
A 21.12	2.94	73.57	11.12	9.00	3.79	2.30	62.24	6.09	6.70	.34	.33	51.20	.57	.50
A 23.37	2.94	76.23	12.37	10.80	4.04	2.30	63.73	6.34	5.70	.37	.33	52.79	.69	.50
B 25.99	2.94	77.37	12.99	13.00	4.04	2.30	63.73	6.34	5.70	.37	.33	52.79	.69	.50
B 28.16	2.94	71.06	10.16	15.00	2.90	2.30	55.79	5.20	5.90	.26	.33	44.54	.59	1.10
N 30.56	2.94	76.49	12.50	7.70	3.85	2.30	62.59	6.15	4.10	.35	.33	51.56	.68	.60
T 32.55	2.94	76.49	12.50	11.00	3.85	2.30	62.59	6.15	4.50	.35	.33	51.56	.68	.80
82/83														
H 4.73	8.72	35.17	13.45	14.30	1.90	6.78	21.90	6.69	9.60	.17	.69	20.06	.86	.70
C 6.39	8.72	42.29	15.11	16.00	2.57	6.78	27.47	9.35	9.00	.23	.69	25.31	.92	.80
B 7.87	8.72	40.24	14.59	13.70	2.36	6.78	25.82	9.15	10.00	.21	.69	23.75	.90	1.00
C 9.15	8.72	41.35	14.07	16.70	2.47	6.78	26.71	9.26	9.40	.22	.69	24.59	.91	1.20
S 10.12	8.72	45.05	15.07	18.30	2.88	6.78	29.76	9.66	9.20	.26	.69	27.50	.95	1.20
F 11.61	8.72	53.02	18.56	16.30	3.96	6.78	36.85	10.74	9.50	.36	.69	34.30	1.05	1.00
P 13.06	8.72	35.99	13.62	12.00	1.97	6.78	22.52	8.76	8.60	.18	.69	20.65	.87	.60
H 14.11	8.72	17.08	10.51	9.30	1.72	6.78	9.62	7.51	8.60	.07	.59	8.70	.75	.50
B 16.63	8.72	77.84	39.35	36.70	12.32	6.78	64.49	19.11	15.10	1.12	.59	61.91	1.81	1.90
A 18.12	8.72	46.56	16.32	15.70	3.06	6.78	31.05	9.84	9.10	.28	.69	28.73	.96	1.60
A 20.67	8.72	46.22	16.21	16.00	3.01	6.78	30.76	9.80	7.80	.27	.69	28.45	.96	.60
B 23.37	8.72	51.67	18.04	15.00	3.75	6.78	35.60	10.54	11.80	.34	.69	33.10	1.03	.80
B 26.12	8.72	37.11	13.86	21.70	2.07	6.78	23.37	8.85	12.70	.19	.59	21.45	.88	1.30
N 28.87	8.72	44.07	15.59	11.30	2.76	6.78	28.95	9.55	10.10	.25	.69	26.72	.94	.70
T 30.64	8.72	40.94	14.76	15.70	2.43	6.78	26.38	9.22	9.30	.22	.69	24.28	.91	.80

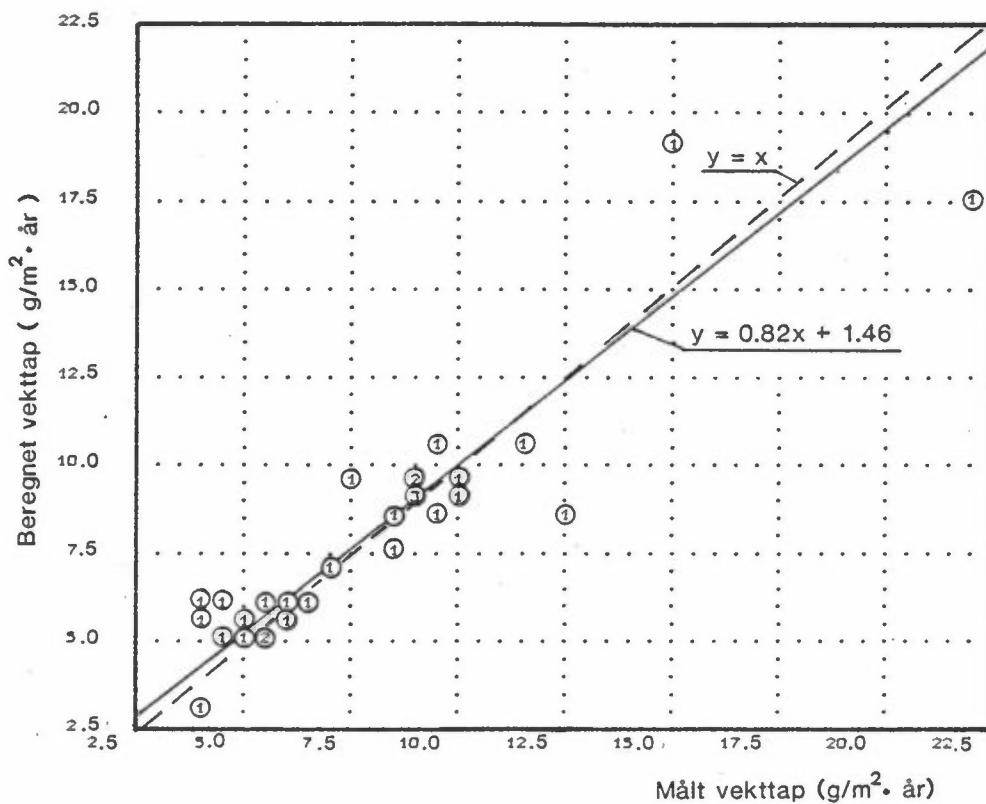
B SO₂ = korrosjonsbidrag SO₂, B NAT = korrosjonsbidrag klima (a.TOW - konstant).

% B SO₂ = prosentueelt korrosjonsbidrag SO₂, K BER = beregnet

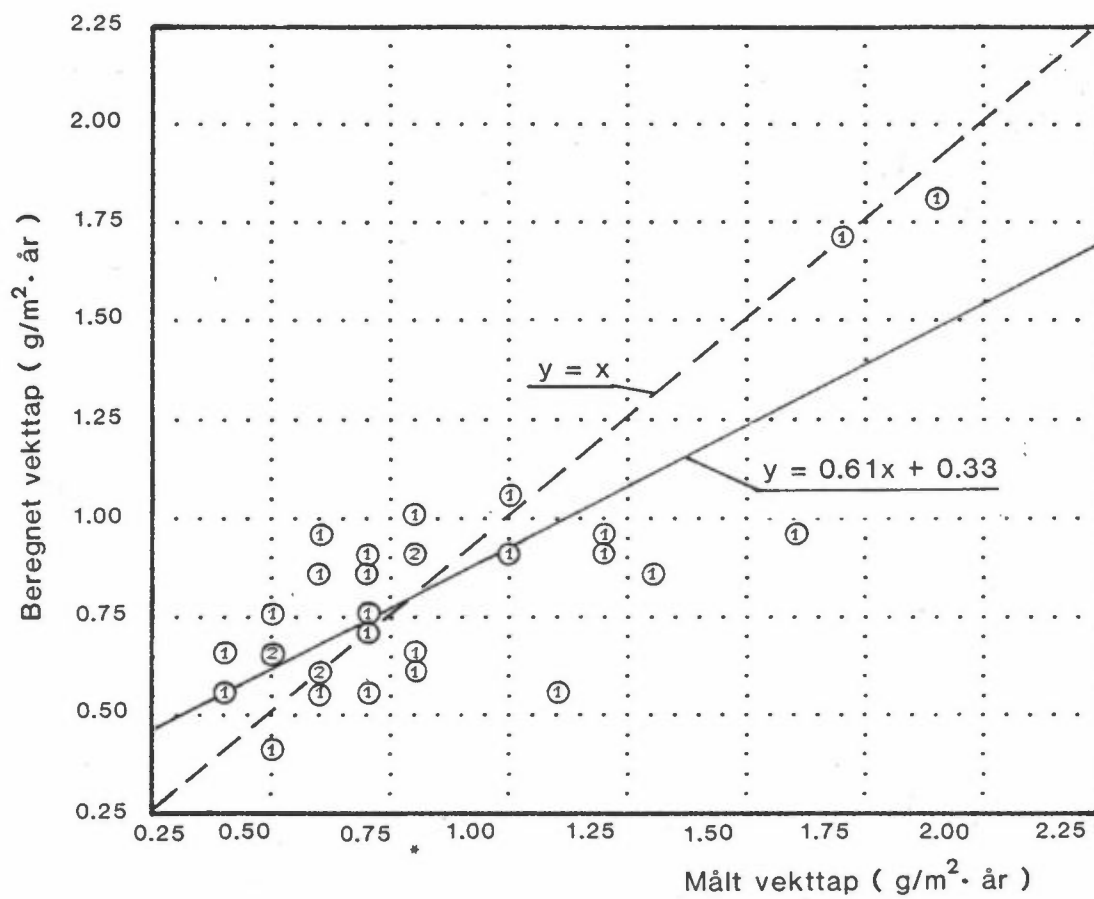
korrosjon, K OBS = målt korrosjon.



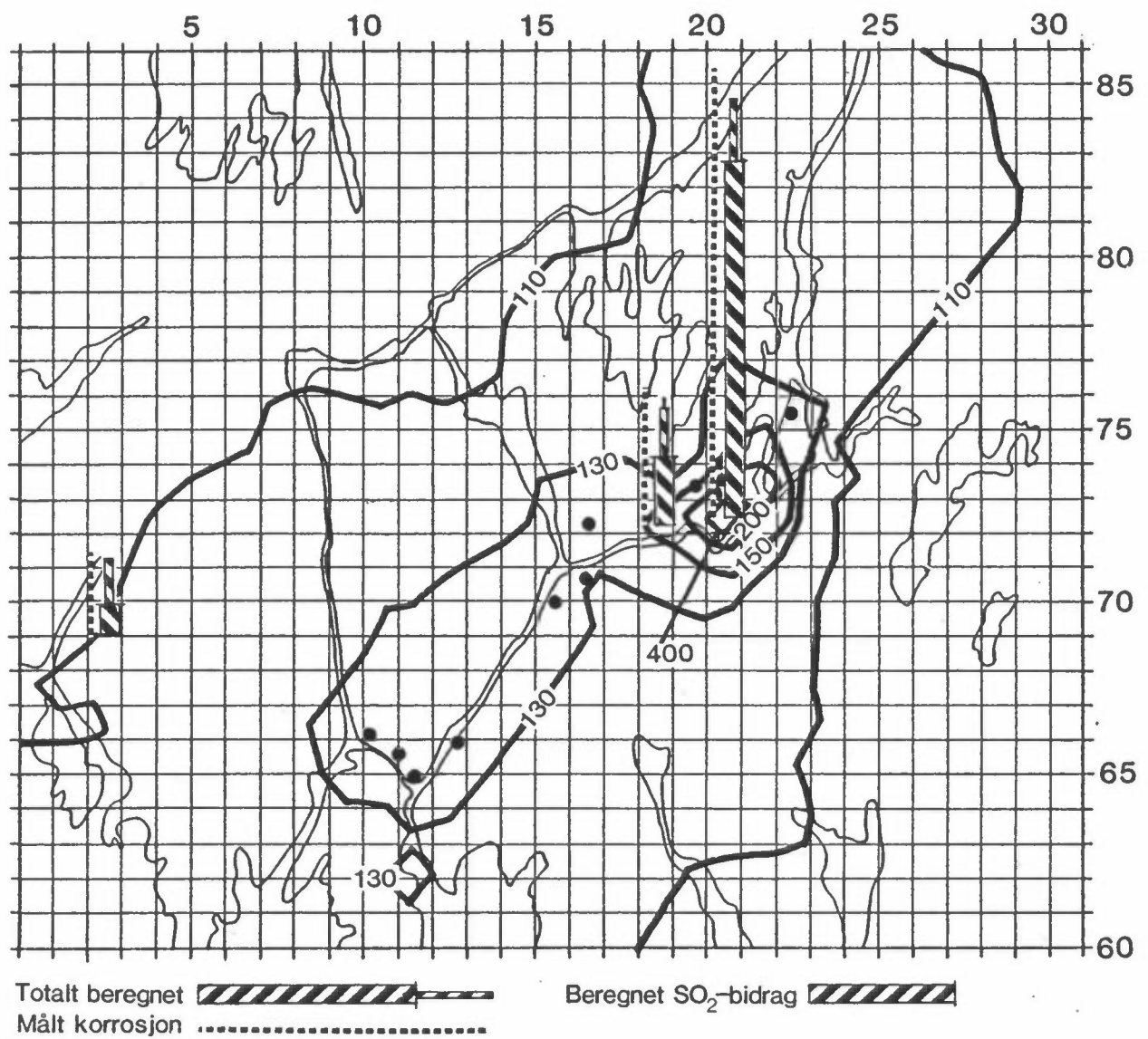
Figur 21: Målt korrosjon og beregnet årskorrosjon av sink etter $K_{Zn} = 0.35 SO_2 + 0.01 TOW - 21.8$.



Figur 22: Målt korrosjon og beregnet årskorrosjon av kopper etter $K_{Cu} = 0.14 SO_2 + 0.007 TOW - 16.9$.



Figur 23: Målt korrosjon og beregnet årskorrosjon av aluminium etter
 $K_{Al} = 0.01 SO_2 + 0.005 TOW - 1.2$.



Figur 24: Beregnet isofelt for korrosjon av stål (g/m^2) i Sarpsborg og Fredrikstad vintere 1981/82. Målt korrosjon og beregnet $\%$ -vis SO₂-bidrag til korrosjonen er vist for Borregaard, Alvim og Hoff.

GRUNNLAGSMATERIALE 8 - KORROSJONSKART FOR STÅL FOR VINTEREN 1981/82

Modellberegninger viser at korrosjonshastigheten nær A/S Borregaard var 5-6 ganger høyere enn utenfor Sarpsborg. I sentrumsområdene av Sarpsborg og Fredrikstad var korrosjonen 50-100% høyere enn utenfor byene.

Med hjelp av NILUs-spredningsmodell for SO_2 i området vinteren 1981/82 (nærmere beskrevet i Delrapport D) og dose-effekt-relasjon for stål på kvartalsbasis (6.5) $K_{\text{Fe}} = 2.43 \text{ SO}_2 + 0.11 \text{ TOW} - 21.7$ ($R = 0.9$) har en modellert korrosjonen av stål i hele Sarpsborg/Fredrikstad-området. Det er antatt at kvartalsrelasjonen også gjelder for halvårskorrosjonen. Kartet (fig 24) viser en økning av korrosjonen inn mot bysentrum i Fredrikstad og inn mot Borregaard fabrikker i Sarpsborg. Ved Borregaard er korrosjonshastigheten ca 5-6 ganger høyere enn utenfor byen. Slike kart kan brukes til å beregne omfanget av korrosjonsskadene, å vurdere valg av korrosjonsbeskyttelse og til å vurdere effekten av utslippsreduksjoner på korrosjonen. Slike kart kan beregnes for alle materialer hvor det finnes dose-effektrelasjoner og samtidig utslippsdata for sammenfallende tidsperioder. For Zn, Cu og Al er dose-effektrelasjonene kun på årsbasis, mens utlippene gjelder kun for vinteren.

Korrosjonsundersøkelsen vil bli fulgt opp med beregninger av skadekostnader. Rutinemessig overvåking fortsetter.

Beregninger av korrosjonsskadene i Sarpsborg/Fredrikstad vil bli utført i 85/86 som en "case study" innenfor et nordisk prosjekt om beregning av reduserte korrosjonsskader som følge av reduserte SO_2 -utslipp i Norden. Prosjektet er finansiert av Miljøverndepartementet og Statens Forurensningstilsyn. Dessuten fortsetter korrosjonsundersøkelsene i Sarpsborg/Fredrikstad-regionen med rutinemessig overvåking av korrosjonen på de tre stasjonene Hoff, Borregaard og Alvim innenfor et 10-års program, som et ledd i Statlig program for forurensningsovervåking.

REFERANSER

Ellis, O.B. (1949) ASTM Proceed., 49 152-170.

Gram, F. (1972) Program MULREG. Lillestrøm. (NILU TN 22/72).

Haagenrud, S. (1984) NATO Advanced Research Workshop: Problems in service life predictions of building and construction materials. Paris.

Wranglen, G. (1972) An introduction to corrosion and protection of metals, Stockholm, Institut för metallskydd.

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
 NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH

(NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD)

POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM (ELVEGT. 52), NORGE

RAPPORTTYPE Oppdragsrapport	RAPPORTNR. 28/84	ISBN-82-7247-469-4	
DATO April 1985	ANSV. SIGN. <i>O. F. Skogvold</i>	ANT. SIDER 74	PRIS kr 60,00
TITTEL Basisundersøkelse i Sarpsborg og Fredrikstad 1981-1983. Sluttrapport. Delrapport B: Korrosjon og miljø.		PROSJEKTLEDER Svein E. Haagenrud	NILU PROSJEKT NR. 0-8202
FORFATTER(E) Svein E. Haagenrud, Jan F. Henriksen, Frederick Gram		TILGJENGELIGHET* A	OPPDRAUGSGIVERS REF. T. Syversen, SFT
OPPDRAUGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens forurensningstilsyn P.O.Box 8100 Dep 0032 Oslo 1			
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) korrosjonskartlegging dose-effektsammenheng korrosjonskart			
REFERAT Kartlegging av korrosjonsmiljøet i Sarpsborg og Fredrikstad-området ved måling av korrosjonshastighet for Fe, Zn, Cu og Al samt miljøvariable. For alle 4 metallene har en funnet gode og likeartede dose-effektsammenhenger hvor korrosjonen beskrives av en relasjon med summen av SO ₂ og våttid. Korrosjonsbidraget fra SO ₂ er dominerende, men varierer med materialtypen, lokaliteten og eksponeringsperioden. Det er store korrosjonsskader i området rundt Borregaard hvor korrosjonshastigheten er 5-6 ganger høyere enn utenfor Sarpsborg sentrum.			

TITLE Air Pollution evaluation in Sarpsborg and Fredrikstad. Part B: Corrosion and environment.
ABSTRACT The environmental corrosiveness of the Sarpsborg and Fredrikstad area has been mapped by measurements of corrosion rates for Fe, Zn, Cu, Al and environmental variables. Dose-response relations developed show corrosion rates for all 4 metals to be described by equations with the sum of SO ₂ in air and time of wetness. The SO ₂ contribution to corrosion dominate, but varies with the type of material, the locality and exposure period. There are serious impacts from corrosion for the area around A/S Borregaard in Sarpsborg.

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