

NILU-RAPPORT : NILU OR 9/93  
REFERANSE : O-8840  
DATO : FEBRUAR 1993  
ISBN : 82-425-0462-8

**Feltprøving av  
kamouflasjemaling  
Evaluering etter 4 års  
eksponering**

**Odd Anda**

---

# Innhold

	Side
<b>Sammendrag .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Innledning .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Evalueringsgrunnlag og parametervalg .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Diskusjon av resultatene.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Konklusjoner .....</b>	<b>7</b>
<b>5. Referanser .....</b>	<b>7</b>

## Sammendrag

Hærens forsyningskommando (HFK) har gitt NILU i oppdrag å evaluere stålplater påført kamuflasjemaling etter 4 års eksponering på NILUs stasjoner i Sarpsborg (Borregaard) og Tananger. De samme prøveplatene fra HFKs egen stasjon i Oslo er også tatt med. Det foreligger fra tidligere evalueringsrapport etter 2 års eksponering (Anda, 1990). Det er innhentet en plate av hvert system ved hver evaluering. Det er nå igjen en plate av hvert system på de tre stasjonene.

Det er 10 malingsystemer basert på alkyd som er utprøvd. Målingene startet sommeren 1988, og etter 4 års eksponering var konklusjonene:

- Korrosjonsbeskyttelsen var fremdeles god for alle systemer på Borregaard og i Oslo. Bare systemene I og K har gitt litt rust- og blæredannelse ved riss (noe mer på Borregaard enn i Oslo). På NILUs sjøskvettstasjon ved Tananger i Rogaland var rustskadene i forbindelse med riss og mekaniske sår i malingsfilmen betydelige. System K syntes her å ha klart seg best.
- De fleste systemene hadde omfattende sprekkdannelser (krakelering) i øverste malingsfilm på alle stasjoner. Sprekkene var ikke alltid like lette å se med det blotte øye. Sprekkes dybde gikk i verste fall ned til grunning. De fleste sprekkene var grunnere.
- System I har hatt minst tendens til sprekkdannelse. System A holdt nesten like bra de to første årene, men ble etter hvert dårligere sammenliknet med I.
- Systemene F, G og H har vært mest utsatt for sprekkdannelse, men forskjellen til flere av de andre systemene er ikke så stor.
- De samme systemene har omtrent samme tendens til sprekkdannelse på alle tre stasjonene.

# Feltprøving av kamouflasjemaling

## Evaluering etter 4 års eksponering

### 1. Innledning

NILU har evaluert prøveplater for HFK etter ca. 4 års eksponering på HFKs stasjon i Oslo og NILU-stasjonene på Borregaard og Tananger. Alkydmaling er testet med ulike kombinasjoner av tykkelser på grunning, dekkmaling og kamouflasjemaling. De 10 ulike kombinasjonene er gitt koder fra A til og med K (se tabell 1). Prøveplatene ble satt ut i mai 1988. Plater til evaluering ble tatt inn i juli 1992 fra Tananger og Borregaard, og i januar 1993 fra Oslo. Det står nå igjen en plate av hvert system på stasjonene.

Tabell 1: Oppbyggingen av alkydmalingsystemene som er utprøvet i felt.

Korr.kl. iht. std. NS 5415	Maling- system	Oppbygging av malingsystem (alle tørrfilmtykkelser oppgitt i $\mu\text{m}$ )				
		Zn-gr.	Grunn.	Dekkm.	Kamufl.	Total tørr- filmtykkelse
1	A	-	1x40	1x40	1x40	120
1	B	-	2x40	1x40	-	120
1	C	-	2x40	2x40	-	160
2	D	-	2x40	1x40	1x40	160
2	E	-	2x40	2x40	1x40	200
2	F	-	3x40	2x40	-	200
2	G	-	4x40	2x40	-	240
2	H	-	4x40	2x40	1x40	280
2	I	1x40	1x40	1x40	-	120
2	K	1x40	2x40	2x40	-	200

- Zn-grunning : To-komponent sinkstøv epoksyprimer. "Barrier" fra Jotun.  
 Grunningsmaling : Maling, grunning, jernoksyd i henhold til FS 8010-0058. Jfr. HFK-labrapport 0/37-85.  
 Dekkmaling : Maling, alkyd, dekkmaling, MGF-70 i henhold til FS 8010-0082. Jfr. HFK-labrapport 0/13-88.  
 Kamouflasjemaling : Maling, kamouflasje, hurtigtørrende, MFG-70 i henhold til FS 8010-1607. Jfr. HFK-labrapport 0/16-88.  
 All maling utenom Zn-grunning er fra A/S Scandia Kjemiske.

Det foreligger rapport også etter 2 års eksponering (Anda, 1990). Evalueringen etter 4 år er utført på samme måte som forrige evaluering.

### 2. Evalueringsgrunnlag og parametervalg

Som grunnlag for evalueringen er standarder brukt i den grad de finnes (ISO eller ASTM), og det er brukt fortrinnsvis ISO-standarder. Parameterne er i stor grad valgt ut fra de standarder som finnes. Parametrene er: Generelt utseende, Krittning,

Krakelering, Skadeutbredelse i riss, Type skade i riss, Sprøhetstest (cross cut).  
Tabell 2 viser konverteringer fra ASTM- til ISO-enheter.

Tabell 2: Sammenstilling av ASTM- og ISO-enheter.

Grad av forandring	ASTM	ISO
Uforandret	10	0
Meget liten	9	1
	8	
Liten	7	2
	6	
Moderat (reparasjon kan være aktuelt)	5	3
	4	
Betydelig	3	4
	2	
Meget betydelig (tilnærmet ødelagt)	1	5

### 3. Diskusjon av resultatene

Tabell 3 viser resultatene fra evalueringen.

Tabell 3: Evalueringsresultater.

	BO=Borregaard TA=Tananger HFK=Oslo	Gen. ut- seende (ASTM)	Kritting (ISO)	Sprekkdannelse (ISO) <sup>1)</sup>		Skader i og ved riss			Heft- test (ISO)
				Størrelse <sup>3)</sup>	Tetthet	Utbredelse (ASTM)	Utbredelse i mm	Type skade <sup>2)</sup>	
A	BO	8	4	2,5 (1,5)	5	9	0,5	b	1,5-2,0
	TA	4	2	2,5 (1,5)	5	0	27	B	0,5
	HFK	8	2	2,5 (1,5)	5	10	0		1,5
B	BO	8	4	3 (1,5)	5	8	1	b	0,5
	TA	3	2	2,5 (2,5)	5	0	30	B	1,0
	HFK	7	2	2,5 (2)	5	10	0		0,5
C	BO	8		3 (2)	5	8	1	b	1,5
	TA	4		2,5 (2,5)	5x	0	26	B	1,0
	HFK	7		2,5 (2)	5x	10	0		1,0
D	BO	8		3 (2)	5	9	0,5	b	
	TA	4		2,5 (2)	5x	0	20	B	
	HFK	7		2,5 (2)	5	10	0		
E	BO	8		2,5 (2)	5	9	0,5	b	
	TA	4		2,5 (2)	5x	0	20	B	
	HFK	7		2,5 (2)	5x	10	0		
F	BO	7		3 (2)	5	8	1	b	
	TA	4		3 (2,5)	5x	0	22	B	
	HFK	6,5		3 (2,5)	5	10	0		
G	BO	7		3 (2)	5x	8	1	b	
	TA	3		3 (2,5)	5x	0	27	B	
	HFK	6,5		3 (2)	5x	10	0		
H	BO	7		3 (2,5)	5	9	0,5	b	1,5
	TA	4		2,5 (2)	5x	0	20	B	1,5
	HFK	6,5		3 (2)	5x	10	0		1,0
I	BO	7,5		2 (1)	4	7	2	Bb	
	TA	4		2 (1,5)	5	0	20	B	0
	HFK	7,5		1,5 (1)	5	7	2	Bb	
K	BO	7,5		2 (1)	4	6	3	Bb	0,5
	TA	5		2,5 (2)	5x	2	13	B	0,5
	HFK	7,5		2,5 (2)	5x	8	1	b	0,5

1) X angir at parallelle rette sprekkinjer forekommer.

2) B = Store blærer, Bb = middels store blærer, b = små blærer.

3) I parentes er angitt resultatet etter 2 års eksponering.

## Generelt utseende

Parameteren refererer seg til ASTM-standard D1150-55. Standarden er basert på visuell observasjon, og gir ingen konkrete vurderingskriterier for karaktergivningen. Den vil således bære preg av subjektivitet. Generelt kan en si at dess lavere ASTM-tall parameteren har fått, dess viktigere er det å betrakte tabellen videre ut til høyre. Det som mest har trukket ASTM-tallene ned, er rustdannelser rundt riss, krakeleringer og krittning. Prøvene fra Tananger har rustet ganske kraftig de to siste årene i og rundt risset. Dette har, som det fremgår av tabell 3, redusert utseendet betydelig. Ellers er forandringene fra forrige evaluering små.

## Krittning

Krittning er evaluert etter standarden ISO/DIS 4628/6. Vi brukte fargeløs tape på sort matt bakgrunn. Da de testede systemer totalt sett bare hadde to ulike toppstrøk, nemlig dekkmalning og kamuflasjemaling, ble krittningen bare målt for systemene A og B på alle stasjonene. A hadde kamuflasjemaling, og B hadde dekkmalning som toppstrøk.

Krittningsskalaen i standarden er vanskelig å bruke. Vi har laget oss en egen skala som er forsøkt holdt så nær standarden som mulig. Alle platene, også de som er eksponert i 2 år, er vurdert samtidig, slik at det skulle bli en tilfredsstillende sammenlikning. Krittningen var mer fremtredende nå enn ved forrige evaluering. Platene fra Borregaard viste mest krittning. Disse var også noe lysere i fargen enn de andre. Forskjellen mellom platene på Tananger og i Oslo var meget liten. Det er imidlertid grunn til å tro at platene på Tananger har fått en kraftigere avvaskning enn de andre stedene pga. mer nedbør og vind. Karakterene for Tananger-platene behøver således ikke være helt sammenliknbare med de øvrige platene.

## Krakelering (oppsprekking)

Evalueringen er basert på standard ISO 4628/4 1982 (E). Standarden skiller mellom sprekker som er retningsorientert og sprekker som ikke er det. Ifølge standarden anmerkes hvorvidt sprekke gjennomtrenger bare deler av toppsjiktet (a), eller når ned til neste sjikt, men ikke har påvirket dette merkbart (b), og til slutt om sprekke gjennomtrenger hele malingsystemet (c). I ASTM-standardens kalles type a) for checking og type b) og c) for cracking.

Alle testplatene hadde til dels omfattende krakelering- eller oppsprekkingsmønstre som er et resultat av krymping, eller for svak binding mellom komponentene i malingene. I god belysning kunne denne oppsprekkingen relativt lett sees med det blotte øyet på de fleste systemene. Det første tallet i sprekke-dannelseskolonnen, betegnet "størrelse" i tabell 3, angir synbarheten etter ISO-standardens skala. Det andre tallet er uttrykk for tettheten av sprekker, og den var jevnt over meget stor, som også fremgår av tabellen.

Sprekkene har stort sett utviklet seg noe mer både i antall, lengde og bredde. Alle- rede ved sprekkebredde på 20-30 µm kunne en for de mest påvirkede systemene se ned til den rødlige grunning, men den synes ikke å være skadet på noen av systemene. Sprekkedannelsen representerer det en kaller "checking" i ASTM-standardens.

Det er denne gangen gjort en grundigere studie av krakeleringstendensen hos systemene. Selv om vi forsøkte å legge oss så nær ISO-standard som mulig, ble det laget en egen fotoskala for størrelsen og sprekkene for at evalueringen skulle bli lettere. Alle platene, også 2-års platene, ble vurdert på ny etter denne skala. Det viste seg da nødvendig med en mindre korreksjon av de "gamle" karakterene. I tabell 3 står de "nye" tallene for 2-års-evalueringen i parentes. Normalt var det slik at der en hadde de største sprekkene (krakeleringene), hadde en også størst tetthet av dem.

### Skader i og ved riss

I kolonnene for skader i og ved riss i tabell 3 har en fått til dels betydelige endringer siden forrige evaluering. Dette skyldes hovedsakelig to forhold. Det ene gjelder bare Tananger-platene, hvor rustomfanget har tiltatt kraftig. Det andre forholdet gjelder "skadetypen" misfarging som for det meste er blitt borte de siste to årene både på Borregaard og i Oslo. Derfor er det visuelle inntrykket av skader ved riss blitt bedre, og særlig har dette gitt seg utslag for Oslo-platene. Alle plater er nå vurdert ut fra skadetype blæredannelse, som i alvorlige tilfeller fører til avskalling av maling. Platene på Borregaard og i Oslo har ikke fått nevneverdig mer rust etter 4 år enn etter 2 års eksponering.

I kolonne "Utbredelse" i tabell 3 er det ført opp omtrentlig middellavstand i mm fra riss til blærefritt område. I forrige rapportering var total utbredelse oppgitt, dvs. summen av skadeutbredelsen på begge sider av risset. Den skalaen som er anvendt er hentet fra ASTM-standard D1654-79a (1984) og er vist i tabell 4. Vi har i denne tabellen tilføyd de tilsvarende ISO-tallene.

Tabell 4: ASTM-enheter for skadeutbredelse fra riss (ASTM D1654-79a).

Representative mean creepage from scribe		
Millimetres	Rating number (ISO)	Rating number
0	0	10
Over 0 to 0.5		9
Over 0.5 to 1.0	1	8
Over 1.0 to 2.0		7
Over 2.0 to 3.0	2	6
Over 3.0 to 5.0		5
Over 5.0 to 7.0	3	4
Over 7.0 to 10.0		3
Over 10.0 to 13.0	4	2
Over 13.0 to 16.0		1
Over 16.0 and more	5	0

### Vedheft

Basis for evalueringen har her vært ISO-standarden 2409-1972 (E). Det er en "cross-cut"-test. På grunn av malingens tykkelse ble snittavstand 2 mm anvendt. Ved evaluering etter 2 års eksponering ble det valgt ut systemene A, B og H for måling. De to første ble valgt fordi de har ulike toppstrøk og samme totale tykkelse (120 µm). H var det tykkeste av systemene (280 µm) med kamouflasjemaling

som toppstrøk av samme type som A. Denne gangen har en også målt systemene C og K.

De fleste systemer synes å vise en tendens til en litt svakere heft. Årsaken kan være øket sprøhet.

#### 4. Konklusjoner

- Korrosjonsbeskyttelsen må fremdeles vurderes som god for alle systemer på Borregaard og i Oslo. Bare systemene I og K har gitt litt rust- og blæredannelse ved riss (noe mer på Borregaard enn i Oslo). På NILUs sjøskvettstasjon ved Tananger i Rogaland var rustskadene i forbindelse med riss og mekaniske sår i malingsfilmen betydelige. System K syntes her å ha klart seg best.
- De fleste systemene hadde omfattende sprekkdannelser (krakelering) i øverste malingsfilm på alle stasjoner. Sprekkene var ikke alltid like lette å se med det blotte øye. Sprekkes dybde gikk i verste fall ned til grunning. De fleste sprekkenes var atskillig grunnere.
- System I har hatt minst tendens til sprekkdannelse. System A holdt nesten like bra de to første årene, men ble etter hvert dårligere sammenliknet med I.
- Systemene F, G og H har vært mest utsatt for sprekkdannelse, men forskjellen til de andre systemer er ikke stor.
- De samme systemene har omtrent samme tendens til sprekkdannelse på alle tre stasjonene.

#### 5. Referanser

Anda, O. (1990) Feltprøving av kamouflasjemaling. Lillestrøm (NILU OR 41/90).

ASTM D1150-55 (1987)

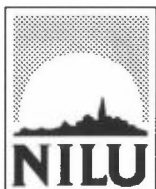
ASTM D1654-79a (1984)

ISO 4628/6 (1990)

ISO 4628/4 (1982)

ISO 2409 (1972)





Norsk institutt for luftforskning (NILU)  
Norwegian Institute for Air Research  
Postboks 64, N-2001 Lillestrøm

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. NILU OR 9/93	ISBN-82-425-0462-8	
DATO 2.4. 1993	ANSV. SIGN. <i>Andreas</i>	ANT. SIDER 7	PRIS NOK 15,-
TITTEL Feltprøving av kamuflasjemaling Evaluering etter 4 års eksponering		PROSJEKTLEDER Jan F. Henriksen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8840	
FORFATTER(E) Odd Anda		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVER Hærens Forsyningskommando Oslo mil/Løren 0018 OSLO			
STIKKORD Maling	Feltprøving	Korrosjon	
REFERAT Resultater etter 4 års eksponering av 10 malingsystemer basert på alkyd på feltstasjoner i Sarpsborg (Borregaard), Oslo og Tananger er vist. Krakelering forekommer mer eller mindre på alle stasjonene. Sprekkene når imidlertid ikke dypt nok til å skade metallet. Rustskadene hadde de to siste årene blitt omfattende ved riss på skvettstasjonen Tananger.			
TITLE Atmospheric field testing of paint for camouflage purpose. Evaluation after 4 years of exposure.			
ABSTRACT			

\* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU  
B Begrenset distribusjon  
C Kan ikke utleveres