

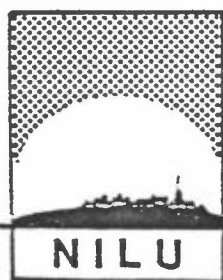
NILU OR : 42/84  
REFERANSE: O-8341  
DATO : OKTOBER 1984

**REDUSERTE KORROSJONSSKADER SOM FØLGE AV  
REDUSERTE SO<sub>2</sub>-UTSLIPP**

Trinn 1: Vurdering av metoder og datatilgjengelighet

Svein E. Haagenrud

**Oppdragsgiver: Nordisk Ministerråd**



**NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING**

POSTBOKS 130.- 2001 LILLESTRØM

NILU OR : 42/84  
REFERANSE: 0-8341  
DATO : OKTOBER 1984

**REDUSERTE KORROSJONSSKADER SOM FØLGE AV  
REDUSERTE SO<sub>2</sub>-UTSLIPP**

Trinn 1: Vurdering av metoder og datatilgjengelighet

Svein E. Haagenrud

**Oppdragsgiver: Nordisk Ministerråd**

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM  
NORGE

ISBN 82-7247-561-8

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Arbeidet i Trinn 1 har omfattet et startseminar, arbeid med metodevurdering og datatilgjengelighet i det enkelte land og til sist et avsluttende seminar hvor arbeidet ble presentert og prosjektplan for resten av prosjektet ble diskutert.

Fra startseminaret ble det konkludert med at økt viten om de hovedvariable og forbedrede metoder for å beregne disse, gir rimelig grunn for å tro at en ny beregning vil forbedre kunnskapene om korrosjonskostnadene utover dagens nivå. Spesielt vil "case studies" i utvalgte byer være nyttige for dette. De økonomiske beregningene bør kun omfatte nytteanalyse, da besparelsene avhenger av typen av tiltak i det enkelte land.

På grunnlag av notatene fra de enkelte land er det utarbeidet en prosjektplan for Trinn 2. Undersøkelsen består av delprosjektene:

- delstudie i Sarpsborg/Fredrikstad i Norge
- delstudie i Stockholmsområdet i Sverige
- utredning om forsurening jord/vann og korrosjonsskader
- innvirkning av S- og N-forurensninger på bilkorrosjon
- levetidsfunksjoner for malte og pussede overflater i Finland og Sverige.

Prosjektet gjennomføres i 1985 og har en total kostnadsramme på NOK 1.18 mill.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG OG KONKLUSJON .....	3
1 INNLEDNING .....	5
2 STARTSEMINAR NILU 1984-01-18 .....	6
3 NOTATER OM DATATILGJENGELIGHET FRA DE ENKELTE LAND ...	8
3.1 Finland .....	8
3.2 Sverige .....	8
3.3 Danmark .....	10
3.4 Norge .....	10
3.5 Økonomiske beregningsmetoder .....	11
4 PROSJEKTFORSLAG TRINN 2 .....	12
5 REFERANSER .....	12

## BEREGNING AV REDUSERTE KORROSJONSSKADER SOM FØLGE AV REDUSERTE SO<sub>2</sub>-UTSLIPP

Trinn 1: Vurdering av metoder og datatilgjengelighet

### 1 INNLEDNING

Utover OECDs forholdsvis grove undersøkelse eksisterer det idag ingen enhetlig kostnad-nytte-analyse av korrosjonsskader i Norden som følge av SO<sub>2</sub>-utslipp. På denne bakgrunn la NILU i samråd med korrosjonskolleger i øvrige nordiske land fram et prosjektforslag for gjennomføring av en slik kostnadsnytte analyse til NMR/MIL-7-gruppen i august 1983 (1).

Etter diskusjon ble et noe utdypet prosjektforslag framlagt for MIL-7-gruppen i september og godkjent. I følge denne planen gjennomføres prosjektet i følgende 3 trinn:

Trinn 1 - Gjennomgang og vurdering av eksisterende teknisk/økonomiske data og metoder med tanke på best mulig nytte og gjennomføring av prosjektet.

Trinn 1 skulle være ferdig høsten 1984 og skulle munne ut i et prosjektforslag for eventuelt trinn 2, som følger:

Trinn 2 - Case studies med kostnads-/nytteberegning for utvalgte byer i nordiske land, basert på eksisterende miljø - og korrosjonsdata.

En slik prosjektplan for trinn 2 framlegges som kapittel 4 i den foreliggende rapport.

Trinn 3 - Fullskalaberegning for Norden.

Arbeidsplanen for trinn 1 omfattet (2):

- oppnevning av ekspertgruppe
- startseminar for planlegging av arbeidet
- arbeid i det enkelte land med oversikt over tilgjengelige

data og metoder for inngangsvariable

- sluttseminar for trinn 1 med vurdering av data og metoder i det enkelte land og utforming av planen for gjennomføring av trinn 2 og 3.

Ekspertgruppen som ble oppnevnt høsten 83 besto av dr.ing. Svein Haagenrud, NILU, Norge, dr. Vladimir Kucera, Korrosionsinstituttet, Sverige, siv.ing. Torben Jensen, Korrosionscentralen, Danmark og professor Tero Hakkarainen, VTT, Finland. I det følgende gis en kort sammenstilling av arbeidet under trinn 1.

## 2 STARTSEMINAR NILU 1984-01-18

I startseminaret (3) diskuterte en følgende hovedvariable.

- Ulike metodikker for kostnads/nytte analyse
- Aktuelle materialtyper i undersøkelsen.
- Ulike metoder for inventering av materialmengder
- Godhet av dose/effekt relasjoner i Norden
- Ulik vedlikeholdspraksis for aktuelle materialer.

Følgende konklusjoner ble trukket fra møtet:

1. Det er rimelig grunn for å tro at med den økte viten en har idag om flere av de hovedvariable og om metoder til å undersøke disse, vil en ny nytteanalyse forbedre kunnskapene om korrosjonsomkostningene utover det som gis i OECD-rapporten. Spesielt vil "case-studies" i utvalgte byer gi forbedrede data ved at

- materialinventering i felt vil gi et bedre og riktigere bilde av type/fordeling og mengder av materialer/komponenter og konstruksjoner enn tidligere indirekte beregningsmetoder.
- flere materialgrupper kan inkluderes i studiet.
- Spredningsmodeller for  $SO_2$  kan benyttes til å fastlegge konsentrasjonsfordelingen av  $SO_2$  i de ulike scenarios.

- dose/effekt-sammenhengen for enkelte materialer er idag bedre dokumentert (stål, sink, kopper, aluminium), samtidig som valget av mindre "cases" vil gi bedre muligheter for bruk av andre vedlikeholdskriterier enn dose/effekt-relasjoner som økonomiske kriterier for input i en økonomisk beregningsmodell.
2. De økonomiske beregningene skal kun omfatte nytteanalyse, fordi besparelsene vil avhenge helt av typen av tiltak som iverksettes i det enkelte land. Målformuleringen for prosjektet omformes i pakt med dette. Beregningene tar utgangspunkt i ECE's 5 utslippsscenarios og modeller til å beregne konsentrasjonsreduksjoner i de ulike "case-studies". For de økonomiske beregningene må en vurdere hva som kan defineres som vedlikeholdssyklus og materialets levetid.
3. De enkelte deltagere sender innen 1.juli et notat til NILU med vurdering/opplysninger om tilgjengelighet av data for de hovedvariable som skal inngå i den planlagte nytteanalysen og etter de retningslinjer som ble diskutert under møtet. Spesielt må notatet inneholde
- forslag til geografiske områder som kan egne seg til case studies
  - forslag til prosjekt-organisasjon på nasjonal basis før eventuelt trinn 2 og 3. Ekspertene innen økonomi og luftforurensning bør med i de nasjonale prosjekt.
  - angivelse av områder som er av betydning for undersøkelsen, men hvor kunnskap mangler.
  - Mest mulig opplysninger om nedbrytning på grunn av SO<sub>2</sub>-forurensninger og for materialer der det ikke finnes klare dose/effekt sammenhenger.

Spesielle oppgaver:

- Torben Jensen gir en vurdering av forholdet mellom langtransport og lokale kilder i Danmark.
- Johan Facht utarbeider et notat om økonomiske beregningsmetoder som er aktuelle innen ECE.



- Torben Jensen og Vladimir Kucera gir en vurdering av mulighetene for å beregne  $SO_2$ -forurensningenes bidrag til korrosjonskostnadene for bil i henholdsvis Danmark og Sverige.
- Vladimir Kucera vurderer mulighetene for å benytte databasen fra Statens institutt for bygnadsforskning (SIB) undersøkelse av vedlikeholdsbehov i boligbebyggelsen.
- Svein Haagenrud gir informasjon tilbake til gruppen fra møtet i USA for vurdering av prosjektet "National acid precipitation assessment program" (NAPAP).

### 3 NOTATER OM DATATILGJENGELIGHET FRA DE ENKELTE LAND

#### 3.1 Finland

Hakkarainen (4) foreslår at beregningen kan gjennomføres for forsinket stål, malt stål og malt forsinket stål og at materialmengdene kan beregnes etter OECD-metoden ut fra produksjonstall. Enkelte justeringer av disse tallene foreslås. På tilsvarende vis foreslås justeringer i prisene for vedlikehold. Med hensyn til dose/effekt-relasjoner for de tre materialene foreslås brukt de samme som i den norske beregningen av Henriksen og Haagenrud. Ialt 13 ulike byer foreslås som potensielle steder for "case studies", med tilgjengelige  $SO_2$ -data. Prioritert er industristedet Brahestad (19000 innbyggere) hvor Rautarukki stålverk ligger. Med hensyn til vedlikeholdspraksis finnes ingen data tilgjengelige pr dato. Slike data vil kunne framskaffes ved en tilrettelagt delstudie hos de store organisasjonene. Nasjonal prosjektgruppe er foreslått.

#### 3.2 Sverige

Kucera (5) angir følgende materialer å være av stor økonomisk betydning for atmosfærisk korrosjon: Forsinket stål, malt stål, malt forsinket stål, malt tre, sementpussede overflater, sandsten, kalksten og elektronikkutrustning. Han angir også at konstruksjoner i jord og vann er utsatte. En meget foreløpig

beregning av Korrosionsinstituttet viser skader i størrelsesorden 2-2.5 milliarder sv.kr pr år ved antatte pH senkninger fra 6.5 til 5.0 i jord og fra 7.0 -5.0 i vann over en 10-års periode. En videreutvikling av den anvendte modellen er aktuell i Trinn 2 i prosjektet.

For materialinventeringen kan to ulike metoder anvendes, og kanskje kombineres:

- rutenettsmetoden benyttet i bl.a. Boston. Her vil Stor-Stockholms området egne seg utmerket som "case". I dette området har SMHI også utarbeidet en spesiell SO<sub>2</sub>-modell.
- utvalgsstudier av representative bygninger etter SIB-modellen. SIB har utarbeidet en teknikk hvor man ved hjelp av tilfeldig utvalgte hus av ulike kategorier kan bestemme kostnaden for reparasjon og vedlikehold av den svenske boligmassen oppført etter 1954. Denne databasen kan kanskje direkte gi opplysninger som kan anvendes i en materialinventering i foreliggende prosjekt. Dette kan eventuelt gjøres i samarbeid med SIB.

Som "case" foreslås Stockholmsområdet, men dessuten foreligger SO<sub>2</sub>-data fra en rekke steder i Sverige og disse kan utnyttes for senere storskalaberegninger (trinn 3).

Kostnadene for bilkorrosjon anslås i Sverige til ca 7 milliarder sv. kr pr år. Dette anslaget gjøres på grunnlag av en database fra de årlige besiktningene som AB Svensk Bilprovning gjør av biler i Sverige. Denne databasen er i prinsippet egnet for beregninger av ulikheter i rustskadefrekvenser på biler som anvendes i ulike deler av landet. En slik studie bedømmes som interessant, selv om problematikken er vanskelig.

### 3.3 Danmark

Miljøstyrelsen i Danmark har i sitt forsyningsprosjekt nylig utgitt en større rapport om materielle skader (6). Fra rapporten refereres kun den avsluttende hovedkonklusjonen:

"Generelt sett er den direkte økonomiske gevinst i form av reduserte materialskader beskjeden i forhold til omkostningene ved en forurensningsbegrensning."

Torben Jensen er en av forfatterne til ovennevnte rapport og i sitt notat (7) gir han utdypende forklaringer til de vurderinger som er foretatt. Beregningene gjelder kun forsinket stål, malt stål og kulturgjenstander. Begrunnelse for hvorfor ikke øvrige materialer er tatt med gis. For biler er det ikke foretatt noen spesifikk undersøkelse, men det er gjort et forsøk på å vurdere størrelsesorden av et eventuelt kostnadsbidrag fra biler. Dette er gjort ved å anta en gjennomsnitts levetid på 10 år for biler og at denne ville kunne forøkes med 1/2 år hvis SO<sub>2</sub>-nivået ble redusert til det hypotetiske nullnivå. Dette vil da svare til en redusert import på ca 4800 biler pr år, svarende til en økonomisk gevinst på 120 mill. kr pr år regnet med en gjennomsnittspris på 25.000 kr pr bil uten avgifter. På dette grunnlag indikeres at biler om mulig bør medtas i en økonomisk vurdering.

For beregning av mengder og fordeling av materialer samt dose/effekt relasjoner er benyttet OECD-metoden. Aktuelle luftforurensningsdata foreligger fra ialt 7 større byer. En nasjonal prosjektgruppe angis.

### 3.4 Norge

Siden NILU allerede i det opprinnelige prosjektforslaget til NMR (1) la fram et skjematisk prosjektforslag for kostnadsnytte-studie i Sarpsborg/Fredrikstad-området har ikke NILU i denne fase gjort noe eget notat. Rapport fra NAPAP prosjektmøte ble sendt prosjektgruppen i mai (8). Et utkast til

sluttrapport for basisundersøkelsen i Sarpsborg/Fredrikstad ble framlagt i København (9). En hovedkonklusjon fra disse undersøkelsene er at en nå har gode dose/effekt relasjoner for stål, sink, kopper og aluminium. For årskorrosjonen av alle materialene inngår summen av svoveldioksidkonsentrasjonen og våttiden i alle dose/effekt relasjonene. Korrosjonsbidraget som skyldes  $SO_2$  er dominerende, men bidraget varierer med materialet og forurensningsnivået. Forsøksdataene gir grunnlag for å beregne korrosjonsbidraget som skyldes  $SO_2$ -forurensning.

### 3.5 Økonomiske beregningsmetoder

Johan Facht (10) har diskutert fire ulike metoder for kostnadsberegning, herunder databehov og -tilgjengelighet, og metodenes samsvar med en antatt riktig samfunnsmessig kostnadsverdi. De fire metodene er:

- physical damage function
- optimal materials use
- commercial property value
- expenditure/cost function.

Av disse metodene er den førstnevnte den mest brukte på grunn av datatilgjengeligheten, mens de tre sistnevnte anses mer økonomisk riktige fordi de baserer seg på det aksepterte prinsippet om betalingsvillighet. Som en foreløpig konklusjon fastslår Facht at når alle evalueringskriteriene vurderes er ingen metode fullkommen. Selv om den førstnevnte metoden er den minst ønskelige fra teoretisk/økonomisk synspunkt er den relativt enkel å utføre. Dessuten er mye av de dataene som trengs relativt lette å utvikle. Ut fra et praktisk synspunkt har denne metoden vært foretrukket. Dette bør imidlertid ikke hindre ytterligere utvikling av dataene og metodene som er nødvendig for anvendelse av de andre metodene. Disse tre metodene inneholder klare fordeler som ikke skal neglisjeres, selv om de også er vanskeligere enn den førstnevnte metoden.

#### 4 PROSJEKTFORSLAG TRINN 2

Under avslutningsseminaret i København 1984-09-26 ble ovennevnte data fremlagt og diskutert, og en ramme for et prosjektforslag diskutert (11). På grunnlag av innsendte forslag fra øvrige land har NILU utformet det endelige prosjektforslag og oversendt NMR luftgruppen. Dette vedlegges som separat dokument (12).

#### 5 REFERANSER

- (1) Prosjektforslag "Kostnads-nytte-analyse av reduserte korrosjonsskader som følge av reduserte SO<sub>2</sub>-utslipp. Utvikling av metodikk for og gjennomføring<sup>2</sup> av beregning". (SEH/LJH/O-8341/28. juli 83.)
- (2) Utdyping av prosjektforslag som ovenfor. (SEH/SBH/O-8341/31. august 83.)
- (3) Møtereferat "Startseminar for MIL-7-prosjektet". Kostnads-nytte-analyse av reduserte korrosjonsskader som følge av reduserte SO<sub>2</sub>-utslipp". NILU 18.januar (SEH/SBH/O<sup>2</sup>-8341/8 feb. 84.)
- (4) Hakkarainen, T. Notat 1984-06-27.
- (5) Kucera, V. Notat 1984-09-24.
- (6) Fenger, J. Forsuringsprosjektet. Materialskader.  
Jensen, T. Kbh., Miljøstyrelsen, 1984.  
Madsen, H.B.
- (7) Jensen, T. Notat 1984-09-26.
- (8) Draft report "Materials effects ta, 1984p (G) and assessments and policy analysis task group (I). Peer-review meeting, 14-17 Feb. 1984, Burlington, Vermont. Brev fra Svein Haagenrud 8. og 10. mai 1984.

(9) S. Haagenrud og J.F. Henriksen: Basisundersøkelse i Sarpsborg og Fredrikstad 1981-83. Sluttrapport. Delrapport 8: Korrosjon og miljø - grunnlagsmateriale . NILU OR under arbeid.

(10) Facht, J. Notat 1984-08-24.

(11) Møtereferat sluttseminar Trinn 1 i NMR-prosjektet.

(12) Prosjektforslag.

