

RAPPORTER

88/31

**LUFTFORURENSNING OG
MATERIALSKADER:**

SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER

AV
SOLVEIG GLOMSRØD OG AUDUN ROSLAND

STATISTISK SENTRALBYRÅ
CENTRAL BUREAU OF STATISTICS OF NORWAY

RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ 88/31

**LUFTFORURENSNING OG MATERIALSKADER:
SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER**

AV

SOLVEIG GLOMSRØD OG AUDUN ROSLAND

STATISTISK SENTRALBYRÅ
OSLO—KONGSVINGER 1989

ISBN 82-537-2727-5
ISSN 0332-8422

EMNEGRUPPE
13 Luft

ANDRE EMNEORD
Forurensning
Korrosjonsskader
Miljø
Økonomi
Utslipp

FORORD

Gruppe for miljøøkonomi i Forskningsavdelingen i Statistisk sentralbyrå arbeider med studier av sammenheng mellom økonomisk aktivitet og forurensning. Denne rapporten om materialskader utgjør første trinn i arbeidet med å vurdere tilbakevirkninger fra et forurenset miljø til økonomisk virksomhet.

Rapporten presenterer anslag over materialskader som skyldes utslipp av svoveldioksid til luft. Beregningene omfatter skader på galvanisert stål og malte flater på stål, mur og tre. Korrosjonsskadene øker kapitalkostnadene og endrer dermed forholdet mellom prisene på produksjonsfaktorer. Faktorsammensetningen blir annerledes med svovelforurensning enn uten. Den langsiktige virkningen som dette gir på økonomien, er beregnet ved hjelp av den makroøkonomiske likevektsmodellen MSG-4E.

Prosjektet er delfinansiert av forskningsprogrammet Naturressurser og samfunn under NTNF.

Statistisk sentralbyrå, Oslo 24. januar 1989

Gisle Skancke

INNHALDSFORTEGNELSE

Sammendrag	7
1. Innledning	8
2. Materialskader	10
2.1 Skader på galvanisert stål	10
2.2 Skader på malte flater	11
2.3 Skader på andre materialer	11
3. Årsmiddelkonsentrasjon av svoveldioksid	15
4. Materialmengde utsatt for korrosjon og forvitring	18
5. Materialkostnader	20
5.1 Forutsetninger	20
5.1.1 Priser på overflatebehandling/utskifting av materialer	20
5.1.2 Kostnader ved redusert levetid for materialer	21
5.2 Anslag over materialkostnader	22
5.2.1 Materialkostnader for Norge i 1985	22
5.2.2 Regional fordeling av materialkostnadene	24
5.2.3 Korrosjonskostnader av innenlands utslipp og langtransportert SO ₂ -forurensning	27
5.2.4 Korrosjonskostnader i 1995 og 2003	30
5.2.5 Marginal korrosjonsskade	33
5.3 Vurdering av usikkerhet i anslagene	35
6. Økonomisk aktivitet med og uten forurensningskostnader	38
6.1 Forurensning og velferd	38
6.2 Økonomisk tilpasning uten korrosjonskostnader	39
6.3 Resultater for økonomiske hovedstørrelser	42
6.4 Avslutning	43
Referanser	49
VEDLEGG 1 : Årsmiddelkonsentrasjon for SO ₂ . 1985, 1995 og 2003	50
VEDLEGG 2 : Materialmengde utsatt for korrosjon eller forvitring	59
VEDLEGG 3 : Endring av kapitalpriser i MSG-sektorer	68

SAMMENDRAG

Forurensning fra innenlands utslipp av SO₂ førte til en ekstra vedlikeholdskostnad for bedrifter og husholdninger på 220 millioner kroner i 1985. Kostnadene består i at materialers levetid reduseres, slik at de må skiftes ut eller overmales oftere enn i luft uten SO₂-forurensning. Dette kostnadsanslaget omfatter korrosjonsskade på galvanisert (sinklelagt) stål og maling på stål, tre og mur. Det er knyttet stor usikkerhet til kostnadsanslaget på grunn av usikre anslag over materialbeholdning, vedlikeholdspris og skadefunksjon. Det kan antydes at kostnaden ligger innenfor et intervall på 60-340 millioner kroner.

Beregningen er gjort på grunnlag av skadefunksjoner og anslag over forurensningskonsentrasjoner i tettsteder gitt av Norsk institutt for luftforskning. Materialbeholdninger er anslått på nasjonalt nivå på grunnlag av produksjonsstatistikk, og fordelt på næringssektorer og tettsted/kommune ved hjelp av ulike fordelingsnøkler.

Korrosjon av galvaniserte stålplater, profiler og tråd/flettverk utgjør ca. 50 prosent av de totale materialkostnadene. Private husholdninger belastes med ca. 50 prosent. Videre finner vi 35 prosent av kostnadene i Oslo, hvor det er stor materialbeholdning og høye SO₂-verdier.

Dersom en inkluderer materialkostnader skapt av langtransportert SO₂ fra utslipp i andre land, øker anslaget for den totale kostnaden fra 220 millioner til 300 millioner kroner. Langtransportert SO₂ betyr relativt mye for kostnadene i områder med små lokale utslipp eller i områder der tilførselen av langtransportert forurensning er stor, slik som i Finnmark.

Materialkostnadene for bedrifter og husholdninger vil øke med kapitalbeholdningen. Dersom forurensningsgraden fram til år 2003 blir som i 1985, vil den årlige kostnaden som skyldes norske utslipp kunne stige fra 220 millioner kroner i 1985 til 330 millioner 1985-kroner i 2003.

Uten SO₂-forurensning vil økonomien bli mer effektiv slik at samme mengde varer og tjenester kan produseres med mindre ressursinnsats. Denne effektivitetsgevinsten vil være av om lag samme størrelsesorden som de direkte utgiftene bedrifter og husholdninger har i ekstra vedlikeholdsutgifter på grunn av forurensning, det vil si om lag 220 millioner kroner i året. I tillegg kommer allokeringsevirkninger ved at korrosjonskostnadene har påvirket de relative prisene på produksjonsfaktorer.

Forurensningsskaden fordyrer bygningskapital og kan lede bedrifter og husholdninger til en annen tilpasning i valg av faktorbruk med forurensning enn uten. For å se på denne virkningen har en forsøkt å illustrere tilpasning uten SO₂-forurensning med tilhørende reduserte kapitalpriser ved hjelp av den makroøkonomiske modellen MSG-4E. Kapitalprisene i hver enkelt sektor ble justert ned i samsvar med de sektorspesifiserte materialkostnadene som ble anslått. Som referansealternativ er benyttet et moderat vekstalternativ hvor bruttonasjonalprodukt vokser med 2.1 prosent årlig i gjennomsnitt fram til år 2003. Bruttonasjonalproduktet ble anslått å være ca. 100 millioner 1985-kroner høyere i tilfellet uten SO₂-forurensning. Samlet representerer allokeringsevirkningene og effektivitetstapet følgelig et inntektstap på 300-400 millioner 1985-kroner årlig i perioden fram til 2003.

Beregningen som er gjort her, dreier seg bare om en av mange virkninger av redusert SO₂-forurensning, og kan ikke gi svar på om det lønner seg å redusere SO₂-utslippene. Andre virkninger som må tas i betraktning, er omfanget av materialkostnader som ikke inngår her, og fremfor alt lavere helseutgifter, økt trivsel og økt arbeidsproduktivitet. Alle disse gevinstene må vurderes opp mot

kostnaden ved å redusere svovelutslippene. I dette arbeidet har vi ikke gjort noen nytte-kostnadsvurdering av et bestemt tiltak mot SO₂-forurensning. Beregningen illustrerer bare hvilken produksjonsgevinst vi ville fått hvis det ikke forekom korrosjon og oppsmuldring av materialer på grunn av SO₂-forurensning.

1. INNLEDNING

Forurensning legger beslag på samfunnets produktive ressurser ved at effektiviteten til innsatsfaktorene reduseres. Helsevirkninger gir for eksempel større sykefravær og lavere yteevne i arbeidslivet. Forurensning fordyrer dermed den arbeidskraften som bedrifter kjøper. Tilsvarende virkninger av forurensning forekommer også når det gjelder kapitalutstyr og vareinnsats i produksjonen. Forurensning reduserer levetiden til en del kapitalvarer, eller gjør det nødvendig med mer vedlikehold.

Forurensningsskader på materialer tar mange forskjellige former. Det oppstår skader på installasjoner utsatt for forurensning i luft, i jord og i vann.

Blant skadene i forurenset luft utgjør korrosjon av metaller en viktig del. Disse skadene forårsakes hovedsakelig av svoveldioksid (SO₂). Tørravsetning av SO₂ øker korrosjonsratene til blant annet stål og sink ved en gitt nedbør/fuktighet.

I tillegg til atmosfærisk korrosjon av metaller fører svoveldioksid i luft til at maling både på metall og treverk får redusert levetid. Videre intensiverer svovelet forvitring av bygninger og skulpturer av sandsten og kalksten, og truer dermed store kulturelle verdier. Skader på betong kan også forekomme. I tillegg antas det at tekstiler, plast, gummi og asfalt skades ved for høye konsentrasjoner av ozon (O₃).

Omfanget av forskjellige typer materialskader og tilhørende kostnader begynner til en viss grad å bli kartlagt. Arbeidet har kommet lengst når det gjelder korrosjon av metaller. Norsk institutt for luftforskning (NILU (1981)) beregnet for eksempel korrosjonskostnader ved luftforurensning i 1981 og reduksjon i materialkostnader ved pålegg til industrien om overgang til oljer med lavere svovelinnhold. Beregningen omfattet skader forårsaket av SO₂ på forsinket stål og malt stål i de 13 sørligste kystfylkene. Korrosjonskostnadene knyttet til luftforurensninger totalt for disse materialene ble anslått til om lag 80 millioner kroner i 1979.

Kostnadene som følge av forurensning består av direkte utgifter for bedrifter og konsumenter på grunn av redusert levetid/økt vedlikehold av materialer. I tillegg kommer indirekte samfunnsmessige kostnader ved at priser på kapital og andre innsatsfaktorer påvirkes og ressurser feilallokeres.

I miljøpolitikken er det et hovedmål å integrere miljøvirkninger i analyser av økonomisk aktivitet, slik at planlegging på begge områder kan bygge på et konsistent grunnlag. Det betyr at materialskader såvel som helseskader må kvantifiseres og innarbeides i priser og andre relevante størrelser i økonomiske modeller. Dermed kan også de indirekte allokeringsskostnadene beregnes. Slike allokeringsskostnader er tidligere beregnet av SSB for et tilfelle med avgift på utslipp av svovel fra industrien (Alfsen et al., 1986). De totale samfunnsmessige kostnadene målt som reduksjon i bruttonasjonalprodukt viste seg å være over dobbelt så høye som de direkte kostnadene i industrien, i form av rensing og overgang til dyrere oljer med lavere svovelinnhold. Allokeringssvirkninger kan være en viktig del av det totale kostnadsbildet, og bør inngå ved beregning av kostnader/nytte ved tiltak av større omfang.

Det opplegget som presenteres i denne rapporten, er å betrakte som en begynnelse på arbeidet med å vurdere samfunnsmessige miljøkostnader. Bare et lite utvalg av forurensningsskader inngår, siden helseskader ikke er behandlet og omfanget av en rekke materialskader ennå ikke er tallfestet. Men selve metoden når det gjelder å trekke kostnadene inn i modeller for økonomisk aktivitet, vil være relevant også for andre miljøskader i den utstrekning de gjenspeiler seg i effektiviteten til arbeidskraft og kapital. Helseskader skiller seg imidlertid fra materialskader ved at de innebærer et betydelig velferdstap utover produksjonstapet. Til tross for sterke forenklinger, skisserer denne rapporten en rutine for å innlemme miljøkostnader i makroøkonomiske analyser.

I rapporten beregnes omfanget av kapitalkostnader ved skader av SO₂-forurensning på galvanisert stål (plater, profiler, tråd) og maling på stål, tre og mur. Korrosjonsskader på biler, forvitringsskader på bygninger av kalkstein o.l. er ikke medregnet.

Eksponerte materialmengder for hele landet i 1985 er beregnet ut fra tidsserier for produksjon, import og eksport av de aktuelle metaller og malingstyper. De nasjonale beholdningene er fordelt på sektor og kommune/tettsted ved hjelp av nasjonalregnskapstall for bygningskapital og regionaliserte data for blant annet bosetting og sysselsetting. Korrosjonsskader på grunn av luftforurensning er så beregnet på grunnlag av NILU's tall for SO₂-konsentrasjoner i tettsteder og omkringliggende regioner. Sektorspesifiserte kostnader er videre aggregert til nasjonalt nivå. Bakgrunnen for å lage anslag over materialkostnadene i Byrået, er tilgangen på løpende statistikk som kan brukes til å beregne materialmengder og fordele dem på næringer og regioner. Det er her brukt kapitaldata til å fordele materialbeholdninger på områder med ulik forurensningsbelastning, i stedet for bosettingstall som er det vanlige (NILU, 1981).

Det er knyttet stor usikkerhet til anslaget over disse materialkostnadene. Nyere resultater fra et nordisk samarbeidsprosjekt viser langt lavere materialbeholdninger enn tidligere anslått. Mye tyder på at materialbeholdninger beregnet fra produksjonsdata ligger betydelig over resultater fra materialtelling på bygninger (NILU, 1988). Dette arbeidet må således betraktes som en illustrasjon, hvor beregning av allokeringsskostnadene knyttet til endringer i kapitalpris utgjør hovedformålet.

Ulike former for materialskader blir omtalt i kapittel 2, hvor skadefunksjoner for materialer som omfattes av denne undersøkelsen også presenteres. Kapittel 3 inneholder kilder til og beskrivelse av datagrunnlaget når det gjelder SO₂-konsentrasjoner regionalt. Anslaget over eksponerte materialmengder dokumenteres i kapittel 4, og materialkostnader for bedrifter og husholdninger i 1985 beregnes i kapittel 5. Til slutt vurderes de nasjonale kostnadene knyttet til materialskadene uttrykt som produksjonstap over perioden 1985-2003.

2. MATERIALSKÅDER

Det synes å være enighet blant forskere om at enkelte typer luftforurensninger forsterker korrosjon av en del metaller som jern, sink, kobber og nikkel og bryter ned malte flater og karbonatholdig steinmateriale. Den viktigste forurensningskomponenten i denne sammenhengen er SO_2 .

I dette kapitlet beskriver vi noen av sammenhengene mellom luftforurensning og korrosjon/forvitring nærmere. For galvanisert stål, malt stål, malt tre og beiset tre presenteres skadefunksjoner ("dose-respons" sammenhenger) estimert eller anslått av NILU (1981).

2.1. Skader på galvanisert stål

Korrosjon av sink forekommer bare når fuktighet er til stede. Total tid med fuktighet på overflaten påvirker derfor korrosjonsraten. Fuktighet tilføres utendørs eksponerte materialer gjennom nedbør, tåke eller kondens. Klimaforhold har dermed stor betydning for omfanget av atmosfærisk korrosjon. I tillegg påvirkes korrosjonsraten av den kjemiske konsistensen til fuktighetshinnen. For eksempel gjør tilførsel av sjøsalt i luft eller nedbør at korrosjonsrater blir høyere i kyststrøkene enn i innlandet.

Visse typer luftforurensning påskynder også korrosjonsprosessen. For utendørs korrosjon er tørravsetning av svoveldioksid viktigst. Det består i absorpsjon av gassformig SO_2 på en fuktig overflate. Flere forskningsresultater viser en sterk korrelasjon mellom SO_2 -konsentrasjon i luft og korrosjonshastigheten. Det er ikke påvist noen gjensidig forsterkning av virkninger mellom konsentrasjonen av SO_2 og sjøsalt. Derimot antas økt nedbørmengde og luftfuktighet å forsterke effekten av svoveldioksid-forurensning. Det betyr at SO_2 virker mer korroderende i kyststrøk enn i innlandsstrøk. Korrosjonshastigheten avtar med utetemperaturen.

Det er først og fremst lokale utslipp og ikke langtransporterte forurensninger som forårsaker høye korrosjonsrater. Svovel tilført som sulfat gjennom sur nedbør antas i liten grad å øke korrosjonsraten, men korrosjonshastigheten øker noe når pH-verdien blir lavere enn 4. Det er derfor trolig at de sørligste områdene av Norge har relativt større korrosjonshastigheter enn landet forøvrig. Effekten av tørravsetning av SO_2 antas likevel å være viktigst.

Det hersker større usikkerhet med hensyn til korrosjonsvirkninger av nitrogenoksid (NO_x). Resultater hittil tyder på at NO_x alene gir lite utslag på korrosjonsraten, men at NO_x gir noe forsterket korrosjon av sink i SO_2 -forurenset luft (ERL, 1987). Denne effekten er imidlertid vanskelig å kvantifisere.

Skadefunksjoner

Ved Norsk institutt for luftforskning (NILU, 1981) er det estimert en lineær sammenheng mellom korrosjonshastigheten og SO_2 -konsentrasjonen, basert på 5 års observasjoner fra land-, by- og industriatmosfære i Sør-Norge. Det er knyttet usikkerhet til helningen på dose-respons-funksjonen. Kurven estimert av NILU er noe brattere enn en tilsvarende funksjon estimert ved det svenske Korrosjonsinstituttet i forbindelse med en beregning av korrosjonskostnader gjort for OECD (1980). Vi har valgt å benytte norske data (NILU, 1981) i og med at disse bedre fanger opp norske forhold med hensyn til fuktighet og temperatur. Følsomheten for SO_2 -konsentrasjon avtar nordover i landet og innover i innlandstrøk pga. lavere gjennomsnittstemperaturer eller tørrere klima. Omfanget av observasjoner er imidlertid ikke stort nok til å kunne operere med geografisk differensierte funksjoner.

NILU har estimert følgende sammenheng mellom korrosjonshastigheten til sink og SO_2 -konsentrasjonen:

$$(1) K = 0,45 * (\text{SO}_2) + 0,7$$

Korrosjonshastigheten (K) er regnet i $\text{g/m}^2\text{år}$ og SO_2 -konsentrasjonen i $\mu\text{g/m}^3$.

Antall år (t) som går med til å korrodere 1 μm av et sinklag med egenvekt $E = 7,1 \text{ g/cm}^3$ kan beregnes som i likning (2):

$$(2) t = E / K = 7,1 / (0,45 * (\text{SO}_2) + 0,7)$$

Figur 2.1 og 2.2 viser skadefunksjonene grafisk.

2.2. Skader på malte flater

Flere undersøkelser har vist at utvendig maling får redusert levetid på grunn av SO_2 -forurensninger. Dette gjelder både maling på stål, treverk og mur. Virkninger på malte flater, særlig malt stål, er best kartlagt hittil. Forurensningsskader på feilfritt malingslag er trolig små i forhold til virkning av fuktighet og sollys. Skade på kontaktflaten mellom maling og underlag ser derimot ut til å være et problem, siden maling eksponert utendørs alltid vil ha sprekker og riper som åpner for forurensningsskade (ERL, 1987).

Sot-forurensninger kan også medføre estetiske skader på maling og redusere levetiden på malingen ytterligere. Høye sot-konsentrasjoner finner vi ofte i områder der også SO_2 -konsentrasjonen er høy. Vi har imidlertid ikke data til å vurdere vedlikeholdsbehovet som sot forårsaker.

Det er mulig at både NO_x og ozon har effekt på maling. Til nå finnes det imidlertid ikke nok informasjon til å kvantifisere disse skadene.

Skadefunksjoner

På bakgrunn av data fra USA og Norge har NILU (1981) estimert en dose-respons sammenheng mellom SO_2 -konsentrasjonen målt i $\mu\text{g/m}^3$ og levetid (L_{MS}) målt i år for maling på stål. Vi har valgt å ta utgangspunkt i denne sammenheng.

$$(3) L_{MS} = 11,7 - 0,042 * (\text{SO}_2)$$

Det er ikke estimert tilsvarende skadefunksjoner for malt eller beiset tre eller mur. Ekspertene ved NILU mener det er grunn til å tro at malt eller beiset tre er like følsomt for SO_2 -forurensning som malt stål. Vi har følgelig valgt å ta utgangspunkt i samme skadefunksjon for maling på tre/mur som på stål, se likning (4) og (5).

$$(4) L_{MT} = 12 - 0,042 * (\text{SO}_2)$$

$$(5) L_B = 6 - 0,042 * (\text{SO}_2)$$

Levetiden til beisede treflater (L_B) er normalt bare halve levetiden (L_{MT}) til maling i svovelfri luft. Funksjonene er også framstilt i figur 2.3.

2.3. Skader på andre materialer

Luftforurensning har også effekt på andre materialer. Disse er ikke tatt med i våre beregninger på grunn av manglende data om skadefunksjoner. Det er likevel gitt en kort vurdering av slike skader i dette avsnittet.

Nedbrytning av karbonatholdig stein

Det er påvist en klar sammenheng mellom svovelforurensning og forvitringsskader på sandstein, kalkstein og marmor brukt i byggverk og monumenter. Tørravsetning av SO_2 er også her den viktigste forurensningskomponenten. I likhet med korrosjon av sink er fuktighet i form av nedbør eller høy luftfuktighet en nødvendig forutsetning for korrosjon og virker forsterkende på effekten av SO_2 .

Store historiske og kulturelle verdier er utsatt for slike forvitringsskader også i Norge, selv om bruken av kalkstein eller marmor er mindre utbredt enn i store deler av Europa. Verdien av skadene er vanskelig å anslå dels fordi det er snakk om uerstattelige kulturelle verdier og dels fordi de kvantitative dose-respons-sammenhengene er meget usikre.

Betong og mørtel

Til nå har den herskende oppfatningen blant forskere vært at nedbrytningen av betong i SO_2 -forurenset luft er liten sammenliknet med korrosjon av armeringsjern inne i sementen. Nye forskningsresultater (Pye, 1986) antyder at SO_2 også spiller en rolle i forbindelse med nedbrytning og oppsmuldring av sement ved å reagere både med kalsiumkarbonat- og kalsiumhydroksidfasen i sementen. Foreløpig er det ikke mulig å foreta kostnadsberegninger med bakgrunn i disse hypotesene.

Det er enighet om at kalkmørtel i likhet med kalkstein og marmor nedbrytes av SO_2 .

Metaller

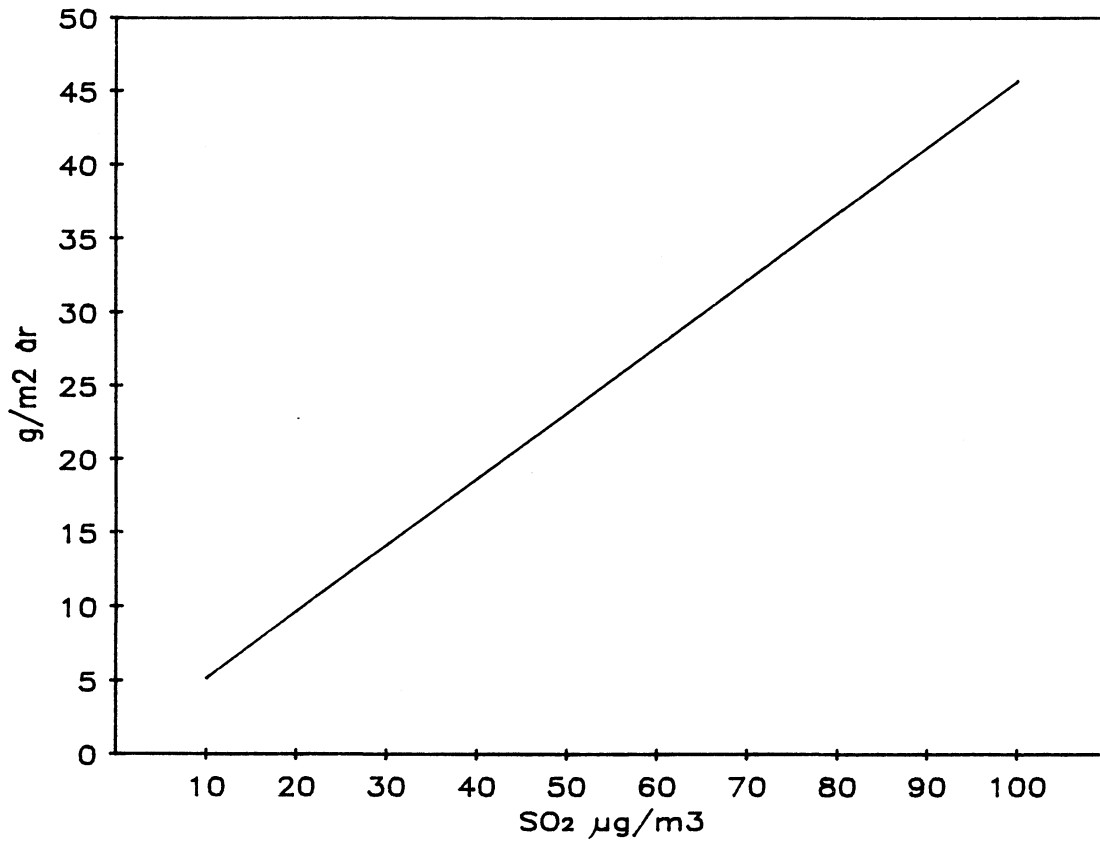
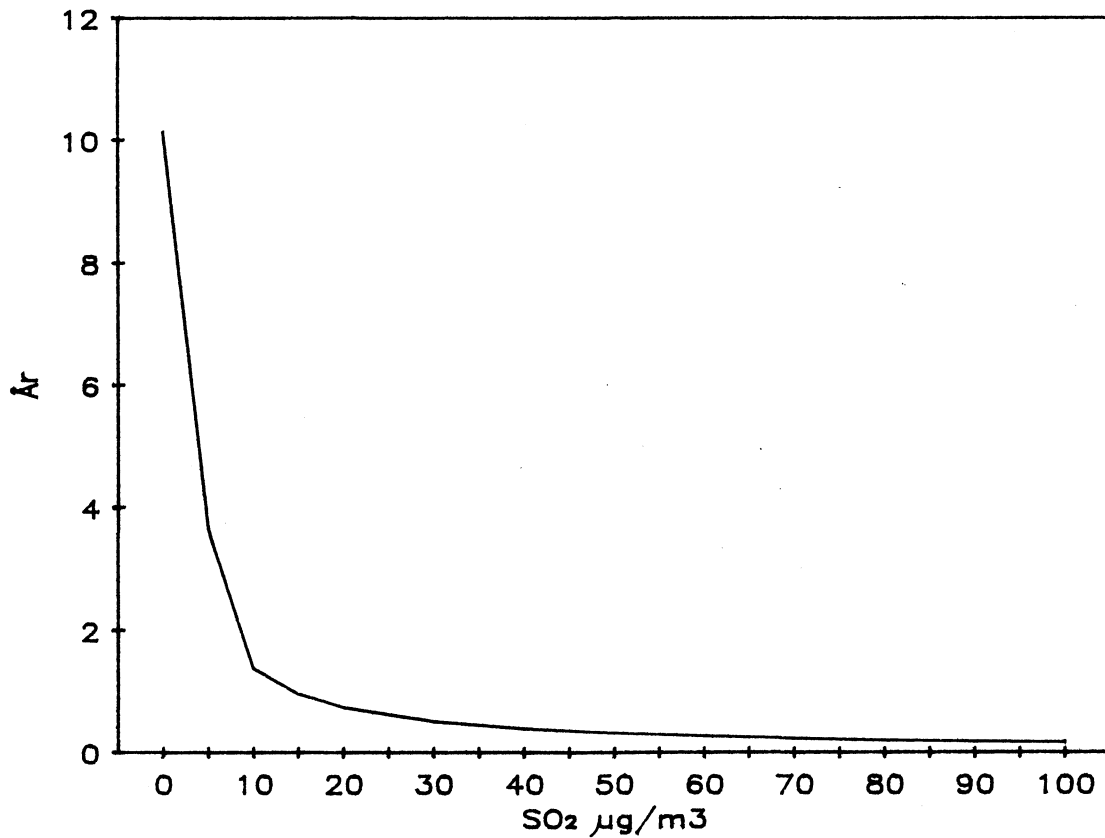
Karbonstål i ubeskyttet tilstand, som f.eks. i skinnegang og hjul på jernbanevogner, er påvirket sterkt av SO_2 . Det er imidlertid andre faktorer enn korrosjon som bestemmer levetiden, slik at SO_2 -forurensningen her ikke representerer noen tilleggskostnad.

Edelmetaller i elektriske kontakter, så som gull, sølv, kopper, nikkel etc. brytes ned på grunn av reduserte svovelforbindelser, jfr. Henriksen et al. (1986). Dette er et stort problem som trolig bør vies større oppmerksomhet.

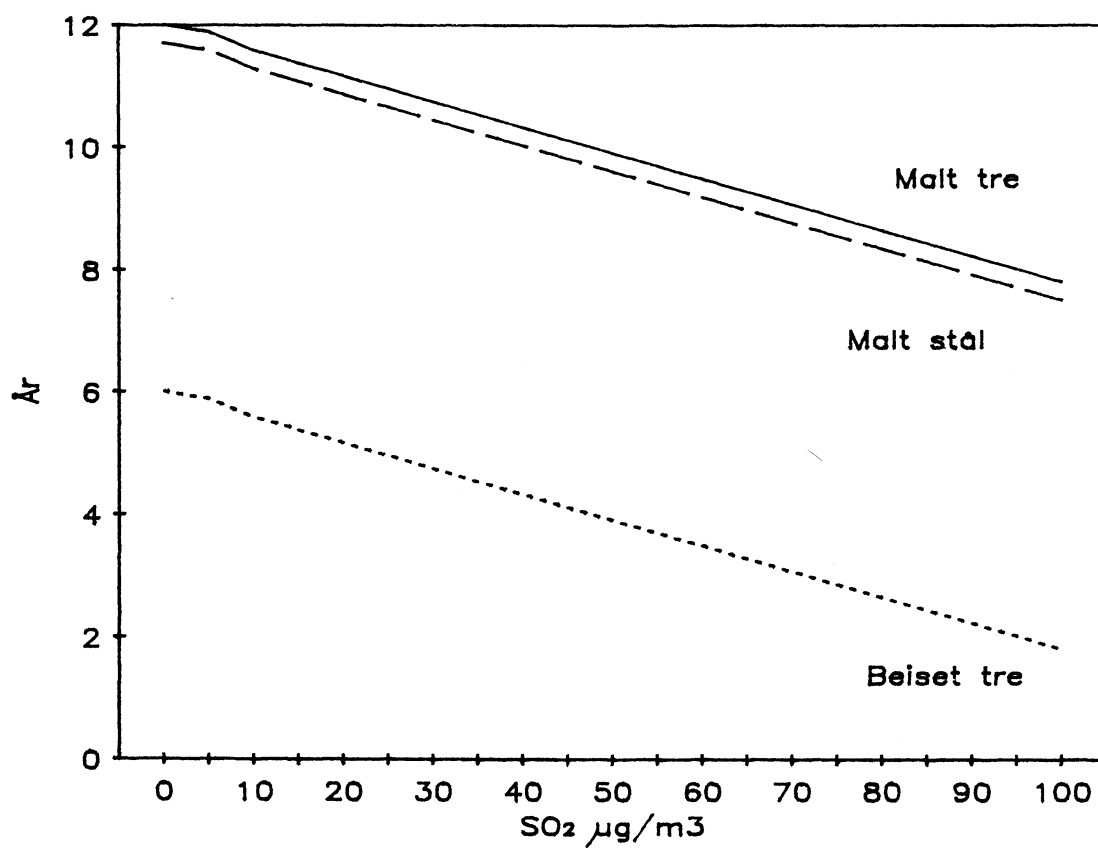
Rustfritt stål, aluminium og bly er relativt resistente mot ulike forurensninger.

Plast, gummi og asfalt

kan skades ved høye konsentrasjoner av ozon. Disse materialer påvirkes imidlertid ikke i særlig grad av SO_2 -forurensninger.

Figur 2.1. Korrosjon av sink som funksjon av SO_2 -konsentrasjonen. ($\text{g}/\text{m}^2 \text{ år}$)Figur 2.2. Levetid for $1 \mu\text{m}$ sinklag som funksjon av SO_2 -konsentrasjonen. (År)

Figur 2.3. Levetiden for maling på stål, maling på tre og beiset tre, som funksjon av SO₂-konsentrasjonen. (År)



3. ÅRSMIDDELKONSENTRASJON AV SVOVELDIOKSID

SO₂-konsentrasjoner i 1985

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på forespørsel fra SSB oppgitt årsmiddelkonsentrasjonen av SO₂ i 1985 for utvalgte tettsteder og regioner utenom tettstedene, se vedlegg 1. Dataene er hentet fra NILU's program for "Rutineovervåkning av Luftforurensning".

NILU's målestasjoner er dels plassert i tettsteder, dels i områder som er lite preget av lokale utslipp og dermed gjenspeiler en bakgrunnsverdi på SO₂-konsentrasjonen som skyldes langtransportert og regional forurensning. Figur 3.1 viser et kart over målestasjoner i NILU's overvåkingsprogram. For noen av tettstedene, f.eks. Sandvika, Asker, Hønefoss, Haugesund og Levanger, finnes ingen måledata for SO₂-konsentrasjon. For disse tettstedene har NILU gitt anslag basert på måledata fra andre steder som er sammenliknbare med hensyn til klima, topografi, befolkning og industri. Enkelte av konsentrasjonstallene for tettsteder er på tilsvarende måte anslått av Statistisk sentralbyrå, se tabell 1 i vedlegg 1.

SO₂-konsentrasjonen utenfor tettstedene er også anslått av NILU. Det er skilt mellom seks regioner:

- Kyststrøk i Østfold og Telemark,
- Innlandsstrøk på Østlandet
- Agder, Rogaland og Hordaland
- Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal og Trøndelag
- Nordland og Troms
- Finnmark

Tabell 2 i vedlegg 1 viser den anslåtte årlige middelkonsentrasjonen av SO₂ i disse områdene i 1985.

For hvert tettsted og region er konsentrasjonen av SO₂ fordelt på følgende kilder:

- Bidrag av langtransportert SO₂
- Bidrag fra regional forurensning
- Lokale og "diffuse" bidrag i tettstedet
- Bidrag fra større lokale industribedrifter.

Med regional forurensning menes tilførsler fra områder omkring tettstedet, for eksempel mobile og stasjonære utslipp fra nabokommuner. Langtransporterte forurensninger (forurensninger transportert til Norge fra andre land) utgjør en relativt liten andel av den gjennomsnittlige SO₂-konsentrasjonen i byer og tettsteder. Tettstedsbidraget representerer lokale utslipp fra olje- og kullfyring i boliger og småindustri og utslipp fra mobile kilder (spesielt dieselmotorer).

Innen flere tettsteder vil SO₂-konsentrasjonen variere betydelig blant annet fordi det finnes lokalt dominerende utslippskilder. Enkelte av disse tettstedene er delt i to soner med spesifiserte verdier for SO₂-konsentrasjon, én for belastet industrisone og én for resten av tettstedet. Oslo, som har en stor utstrekning, er delt i tre soner. NILU har anslått materialfordelingen i slike tettsteder med to eller tre forurensningssoner. Materialfordelingen angir hvor stor andel av tettstedets samlede materialmengde som er eksponert i de ulike sonene.

Observasjonene til NILU gjelder tettsteder, men er i denne beregningen antatt også

å gjelde hele kommunen hvor tettstedet ligger. Materialmengden i hele kommunen antas dermed å være utsatt for et forurensningsnivå som egentlig bare gjelder selve tettstedet. Dette vil overvurdere forurensningsbelastningen på materialmengden, men det er rimelig å anta at bygningskapitalen i en kommune for en stor del er konsentrert i tettstedet.

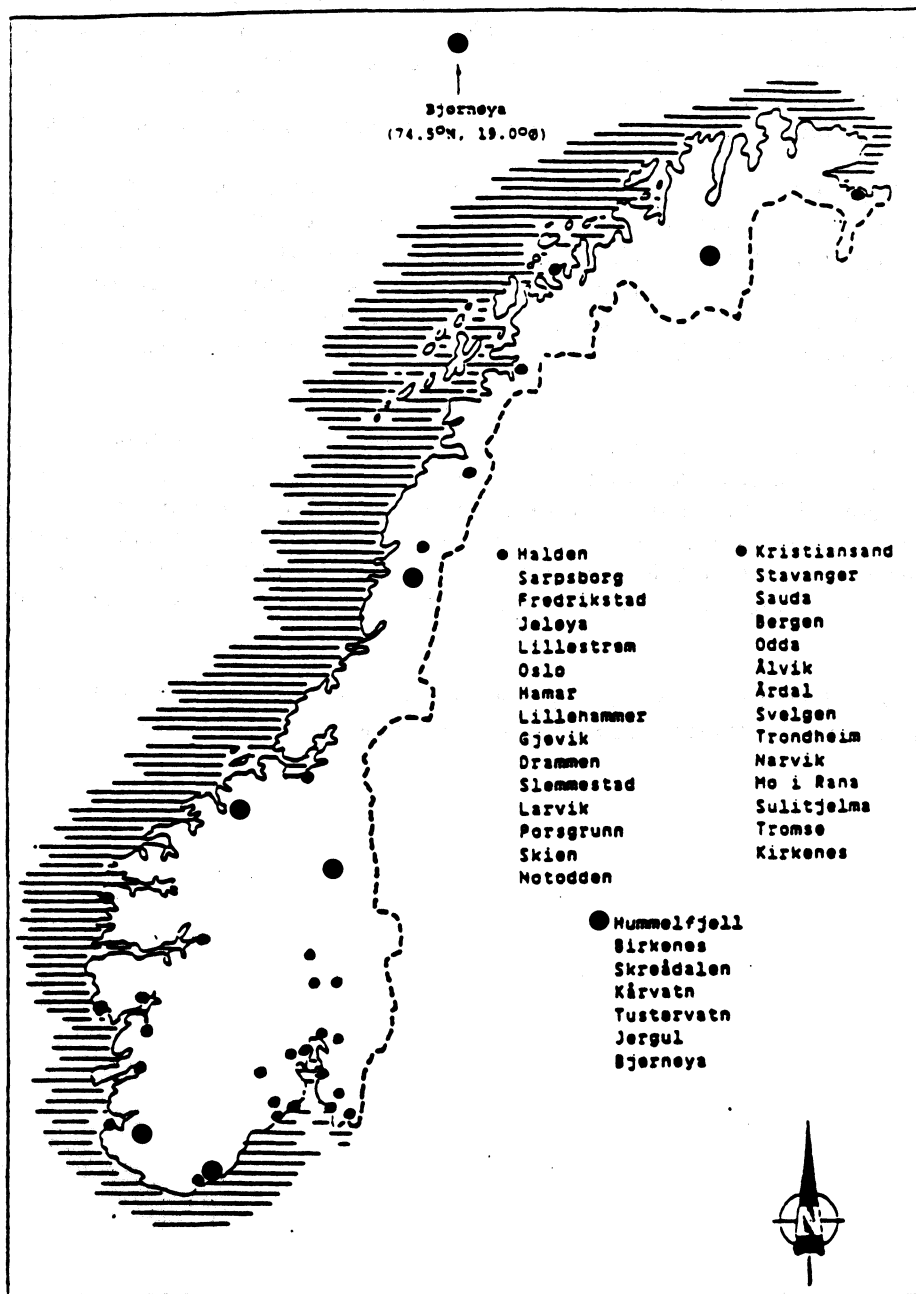
Framskrivning av SO₂-konsentrasjonen

For å kunne antyde omfanget av materialskader på lengre sikt, er SO₂-konsentrasjonen framskrevet til 2003. Det forutsettes da at det ikke gjennomføres andre enn allerede vedtatte utslippsreducerende tiltak. Beregningen er gjort i samsvar med et økonomisk vekstalternativ hvor bruttonasjonalprodukt vokser med 2.1 prosent årlig i gjennomsnitt fram til 2003.

Nasjonale utslippstall fra dette utviklingsalternativet er fordelt på kommuner ved hjelp av REGUT, en modell som regionaliserer utslippsdata. I framskrivningen forutsettes det at den regionale fordelingen av utslipp innen hver næringssektor (MSG-sektornivå, se tabell 4.1) forblir uendret fra 1985 til 2003.

De kommunefordelte utslippstallene i 1985, 1995 og 2003 er brukt til å framskrive bidraget til SO₂-konsentrasjon fra innenlandske kilder. Bidraget fra lokale kilder og større industribedrifter er antatt å øke proporsjonalt med utslippet i kommunen, mens bidraget fra regionale forurensninger er framskrevet med utslippet i tilgrensede kommuner. Langtransport av SO₂ er i denne analysen forutsatt å være konstant. Tabell 3, 4, 5 og 6 i vedlegg 1 viser den beregnede SO₂-konsentrasjonen i tettsteder og regioner i 1995 og 2003.

Figur 3.1. Målestasjoner som inngår i NILU's program for rutineovervåking av luftforurensning.



Stasjonsoversikt

- Overvåkingsnett
- Bakgrunnstasjoner i nasjonale og internasjonale måleprogram

4. MATERIALMENGDE UTSATT FOR KORROSJON OG FORVITRING

De materialer som omfattes av denne analysen er galvaniserte stålplater, profiler og ståltråd og malte stål-, tre- og murflater. Det foreligger ikke statistikk over beholdningen av disse materialene. Det totale arealet av slike materialer utsatt for utendørs korrosjon eller forvitring må derfor beregnes. Beholdningen av eksponerte materialer er her beregnet dels ut fra statistikk for produksjon og utenrikshandel for sink og maling, dels fra anslag over gjennomsnittlig materialbruk pr. innbygger.

Vi har først beregnet de nasjonale beholdningene av galvanisert stål, malt stål og malt tre og mur. Disse materialmengdene er videre fordelt på MSG-sektorer ved hjelp av bygningskapitaltall fra Nasjonalregnskapet. Sektortallene er igjen fordelt på kommuner ved bruk av ulike kommunefordelt statistikk, som brannforsikringsverdi av bygninger i industrien, antall boliger, jordbruksareal og antall sysselsatte i tjenesteytende næringer. Tabell 4.1 viser de beregnede materialmengdene utsatt for korrosjon fordelt etter sektor.

Materialbeholdningen vil endres over tid. For å kunne anslå utviklingen i bedrifters og husholdningers materialkostnader ved SO₂-forurensning, har vi framskrevet materialbeholdningen i takt med størrelsen på total realkapital slik den er anslått i de økonomiske framskrivningene som er lagt til grunn (mellomalternativet i perspektivberegningen i Langtidsprogrammet 1986-89). Mengden av ulike materialtyper er antatt å vokse med samme vekstrate. Tabell 4.2 viser de framskrevne hovedtallene.

Vedlegg 2 gir en detaljert gjennomgang av de metoder som er brukt for å estimere materialbeholdningen fordelt etter materialtype, næringssektor og kommune.

Tabell 4.1. Materialmengder utsatt for korrosjon, etter sektor. 1985. Millioner m²

	Galvaniserte			Malt stål	Malt tre/mur	Beiset tre
	Plater	Profiler	Tråd			
I alt	40.0	30.0	130.0	130.0	300.0	80.0
11-Jordbruksprodukter	1.4	1.1	4.7	4.7	59.5	-
12-Skogbruksprodukter	0.1	0.1	0.4	0.4	5.5	-
13-Fisk mv.	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	-
31-Bergverksdrift	0.1	0.1	0.4	0.4	1.5	-
14-Nærings- og nytelsesmidler	0.4	0.3	1.4	1.4	5.5	-
18-Tekstil- og bekledningsvarer	0.0	0.0	0.2	0.2	0.6	-
26-Trevarer	0.2	0.2	0.5	0.5	2.0	-
34-Treforedlingsprodukter	0.1	0.1	0.5	0.5	1.9	-
37-Kjemiske råvarer	0.2	0.2	0.7	0.7	2.6	-
40-Raffinering av jørdolje	0.1	0.0	0.2	0.2	0.7	-
27-Kjemiske og mineralske prod.	0.2	0.2	0.7	0.7	2.9	-
43-Metaller	0.3	0.2	1.0	1.0	4.0	-
45-Verkstedsprodukter	0.3	0.3	1.1	1.1	4.5	-
50-Skip og oljeplattformer	0.2	0.1	0.6	0.6	2.6	-
28-Grafiske produkter	0.1	0.1	0.3	0.3	1.1	-
72-El-produksjon	1.8	1.4	5.9	5.9	7.3	-
73-El-distrib.	1.4	1.0	4.4	4.4	5.5	-
55-Bygg og anlegg	0.1	0.1	0.4	0.4	0.5	-
81-Varehandel	-	-	-	-	-	-
64-Utv. og transp. olje og gass	0.2	0.2	0.8	0.8	1.0	-
68-Boring etter olje og gass	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
60-Transporttj. utenr. sjøfart	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
74-Transporttj. innenlands	1.6	1.2	5.2	5.2	6.4	-
82-Bank og forsikringstj.	0.5	0.4	1.6	1.6	2.0	-
83-Boligtjenester	-	-	-	-	-	-
85-Annen priv. tjenesteyt.	2.0	1.5	6.5	6.5	8.1	-
92S-Forsvar	-	-	-	-	-	-
93S-Undervis. og forskn. stat	0.2	0.2	0.8	0.8	1.0	-
93K-Undervis. og forskn. kommune	0.1	0.1	0.4	0.4	0.4	-
94S-Helsetj mv. stat	2.6	1.9	8.4	8.4	10.5	-
94K-Helsetj mv. kommune	1.6	1.2	5.1	5.1	6.3	-
95S-Annen off.tjenest. stat	0.9	0.6	2.8	2.8	3.5	-
95K-Annen off.tjenest. kommune	3.1	2.3	10.0	10.0	12.5	-
Private husholdninger	20.0	15.0	65.0	65.0	140.0	80.0

Tabell 4.2. Materialmengde av galvanisert og malt stål, malt/beiset tre. 1985, 1995 og 2003. Millioner m²

	Plater	Profiler	Tråd	Malt stål	Malt tre	Beis	I alt
1985	40.0	30.0	130.0	130.0	300.0	80.0	710.0
1995	51.7	38.8	168.1	168.1	380.8	98.4	905.8
2003	62.5	46.8	203.0	203.0	455.5	115.3	1086.0

5. MATERIALKOSTNADER

Forurensningskostnader ved korrosjon og forvitring av ulike materialer er knyttet til redusert levetid for selve materialet eller for beskyttelseslaget. Kostnader på grunn av forurensning oppstår bare når økt vedlikehold eller utskifting av materialene er nødvendig innenfor den økonomiske levetiden til materialene.

For overmalte flater betyr det at de må males oftere i forurenset luft enn ellers, slik at gjennomsnittlige årlige vedlikeholdsutgifter øker. Dette gjelder for malt treverk og malt stål. En forutsetter at flatene hele tiden er beskyttet av maling, og at vedlikehold gjennomføres før skadene har blitt så omfattende at spesielt krevende forarbeid eller grunnlagsmaling kreves.

Galvanisert stål antas å bli vedlikeholdsmalt først når sinkbelegget er korrodert. Vedlikeholdskostnadene er her dels knyttet til kostnader ved overmaling (plater og profiler) og dels til kostnader ved fullstendig utskifting av materialene (ståltråd). Vi har ikke regnet med kostnader som skyldes at dyrere og mer motstandsdyktig materialer tas i bruk i områder med høye SO₂-konsentrasjoner.

5.1. Forutsetninger

5.1.1. Priser på overflatebehandling/utskifting av materialer

Maling:

Kostnader ved maling, beising og annet vedlikehold av materialer som er utsatt for korrosjon og forvitring varierer mye avhengig av materialtype, bygningstype, lokale forhold osv. Kostnader ved maling av stål og forsinket stål er av enkelte store malerfirma oppgitt fra 50 til 250 kr/m² avhengig av om det er nødvendig med rengjøring, kjemisk fjerning, bruk av stillaser o.l. Vi har valgt å benytte 200 kr/m² for maling av stål, se tabell 5.1. Dette stemmer også godt overens med de malingskostnader som er brukt i ERL (1987).

Kostnader ved maling av tre og mur er anslått til gjennomsnittlig 60 kr/m². Kostnadene kan imidlertid variere fra 40 til 120 kr/m² avhengig av om rengjøring eller stillaser er nødvendig. Vi har antatt at det i liten grad benyttes stillaser. Kostnader ved beising er anslått til 30 - 50 kr/m².

Galvanisert ståltråd:

Kostnader knyttet til skifting av ståltråd/flettverk er hentet fra NILU (1981) og omregnet til 1985-priser vha. konsumprisindeksen, se tabell 5.1. Det er knyttet stor usikkerhet til disse pris-anslagene, kanskje opp mot ± 50 prosent.

Tabell 5.1. Priser for maling av stål, tre og mur, for beising og for utskifting av ståltråd og flettverk av stål. 1985-kroner pr. m²

	Benyttet anslag	Variasjon
Maling av stål	200	50 - 250
Maling av forsinket stål	200	50 - 250
Maling av tre	60	40 - 120
Beising av tre	30	30 - 50
Skifting av flettverk av stål	70	30 - 100

5.1.2. Kostnader ved redusert levetid for materialer

Galvaniserte tynnplater og profiler:

Kostnadene ved redusert levetid for galvaniserte tynnplater og profiler er beregnet ut fra følgende forutsetninger:

1) Når 20 μm og 40 μm (ERL, 1987) av sinklaget på henholdsvis tynnplater og profiler er korrodert bort, påføres et beskyttende malingslag. Levetiden (år) L_T og L_P til sinkbelegget for henholdsvis tynnplater og profiler kan nå beregnes, se likning (2) og (6) og (7):

$$\begin{aligned} (6) \text{ Tynnplater:} & \quad L_T = 20 * 7,1 / (0,45 * (\text{SO}_2) - 0,7) \\ (7) \text{ Profiler:} & \quad L_P = 40 * 7,1 / (0,45 * (\text{SO}_2) - 0,7) \end{aligned}$$

2) Det påførte malingslaget korroderes/forvitres på samme måte som maling på stål, dvs. at likning (2) gjelder også her.

3) Den økonomiske levetiden for galvaniserte tynnplater og profiler antas å være lik bygningenes levetid, dvs. 35 år. I ikke-forurenset miljø vil tynnplater i følge forutsetningene overmales etter 30 år, mens profiler aldri må overmales innenfor den økonomiske levetiden på 35 år.

På bakgrunn av ovennevnte forutsetninger kan den årlige materialkostnaden knyttet til korrosjon av galvaniserte tynnplater og profiler beregnes, se likning (8).

$$(8) \quad M_i = \frac{Q * T_i}{L} * \left(\frac{L - L_i(\text{SO}_2)}{L_{MS}(\text{SO}_2)} - \frac{L - L_i(\text{SO}_2=0)}{L_{MS}(\text{SO}_2=0)} \right)$$

- i = T eller P, tynnplate eller profil
- L = Økonomisk levetid (35 år)
- M_i = Årlige materialkostnader (Millioner kr/år)
- Q = Kvadratmeterpris ved vedlikeholdsmaling (kr/m^2)
- T_i = Arealet av material utsatt for korrosjon,
- $L_i(\text{SO}_2)$ = Levetid for sinklaget som funksjon av SO_2 (år)
- $L_{MS}(\text{SO}_2)$ = Levetiden for malingslaget (år)

Det siste leddet i parentesen gir uttrykk for hvor mange ganger materialet må males i en atmosfære uten svovelforurensning. Første ledd representerer antall ganger det må vedlikeholdsmales for en gitt SO_2 -konsentrasjon. Parentesen angir dermed hvor mange ekstra ganger materialet må males på grunn av forurensning.

Malt stål-, tre- og murflater:

Kostnadene ved korrosjon/forvitring av malte stål, tre eller murflater kan beregnes på tilsvarende måte som for galvaniserte flater, bortsett fra at det ikke finnes noe forsinket belegg som skal korroderes først. Forøvrig benyttes de samme forutsetninger som for galvaniserte plater og profiler:

$$(9) \quad M_j = Q * T_j * \left(\frac{1}{L_j(\text{SO}_2)} - \frac{1}{L_j(\text{SO}_2=0)} \right)$$

j = MT eller BT, maling på tre/mur, beis på tre

Ståltråd og flettverk:

Kostnadene ved korrosjon av ståltråd og flettverk er beregnet ut fra forutsetning om at ståltråden/flettverket skiftes ut når alt sinklaget er korrodert, dvs 30 μm . Levetiden (L_S) er dermed:

$$(10) L_S = 30 * 7,1 / (0,45 * (\text{SO}_2) - 0,7)$$

Videre antas det at levetiden i ikke-forurenset miljø er 50 år. Kostnadene ved korrosjon av galvanisert ståltråd kan dermed beregnes etter følgende likning:

$$(11) M_S = Q_S * T_S * \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{L_S(\text{SO}_2)} \right)$$

Q_S = Pris pr. meter for ståltråd

T_S = Beholdning av ståltråd (meter)

5.2. Anslag over materialkostnader

Nedenfor presenteres resultater av beregninger av materialkostnader. Det er ikke tatt hensyn til allokeringkostnader, som er omtalt i avsnitt 6.

5.2.1. Materialkostnader for Norge i 1985

Tabell 5.2 viser beregnede korrosjons- og forvitningskostnader: Norske bedrifter og husholdninger har tilsammen en ekstra vedlikeholdsutgift på ca. 220 millioner kr i 1985 som følge av norske utslipp av SO_2 .

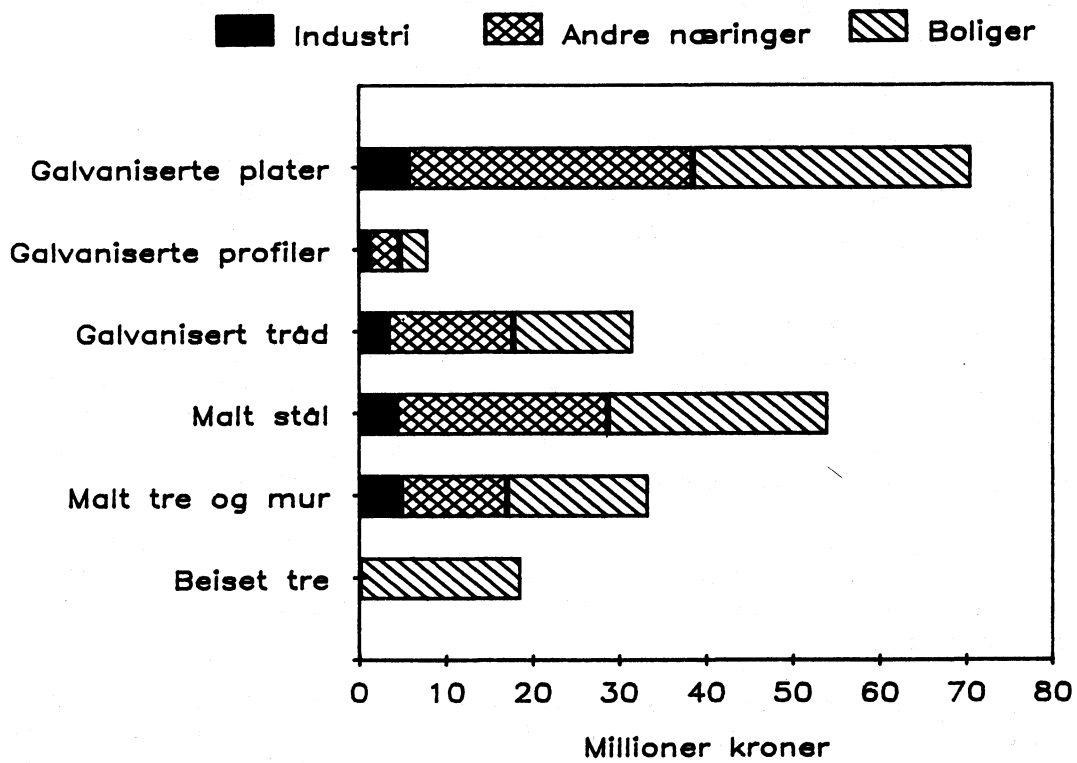
Korrosjon av galvaniserte stålplater utgjør ca. 30 prosent av denne kostnaden, til tross for at galvaniserte plater bare utgjør ca. 5 prosent av den totale materialbeholdningen utsatt for korrosjon og forvitring (figur 5.11). Den høye andelen av kostnadene skyldes først og fremst at galvaniserte plater regnes å være mer ømfintlig for SO_2 -forurensning enn andre materialer, på grunn av tynnere sinklag enn f.eks. profiler (se figur 5.2). I tillegg har vi antatt en relativt høy kvadratmeterpris ved maling av stålprodukter. Galvaniserte og malte stålprodukter er også mer konsentrert i områder med høye SO_2 -verdier enn malt tre og mur.

Ikke overraskende belastes private husholdninger med 50 prosent av de totale korrosjons- og forvitningskostnadene i og med at ca. 55 prosent av materialbeholdningen er knyttet til boligene. Relativt liten andel av kostnadene faller på industrien, under 10 prosent. På den annen side er industrien årsak til en relativt stor andel av korrosjonskostnadene, se avsnitt 5.2.5.

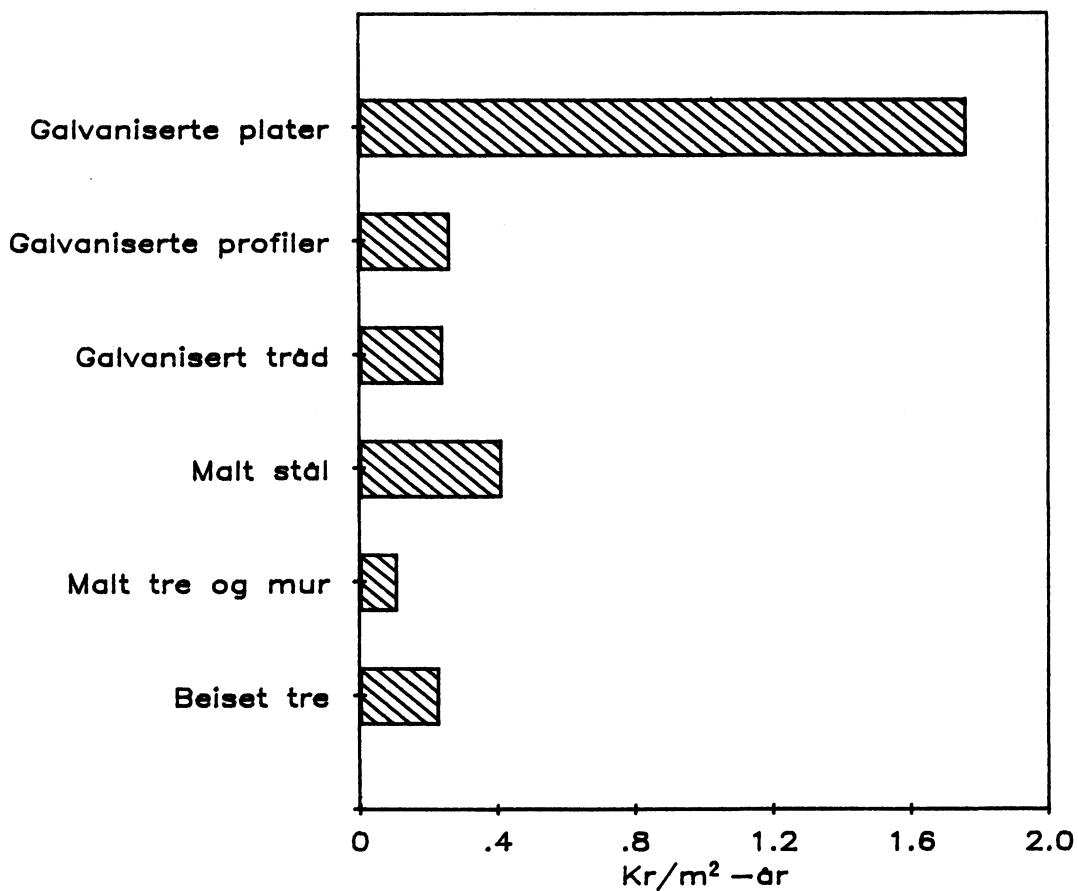
Tabell 5.2. Materialkostnader ved korrosjon og forvitring som følge av norske utslipp av SO_2 . 1985. Mill. kr

	Plater	Profil	Tråd	Malt stål	Malt tre	Beis	I alt
I alt	70,7	7,7	31,6	54,1	33,4	18,7	216,3
Landbruk	0,4	0,0	0,0	0,9	3,5	0,0	5,0
Industri	5,7	1,2	3,3	4,3	4,8	0,0	19,2
Andre næringer	32,4	3,5	14,3	23,5	8,7	0,0	82,5
Boliger	32,1	3,3	13,8	25,4	16,4	18,7	109,6

Figur 5.1. Materialkostnader ved korrosjon og forvitring, etter materialtype og hovednæring. Virkninger av norske utslipp av SO₂. Millioner kr. 1985



Figur 5.2. Materialkostnader ved korrosjon og forvitring, etter materialtype. Kostnad pr. m² materiale. Virkninger av norske utslipp av SO₂. Kr pr. m². 1985



5.2.2. Regional fordeling av materialkostnadene

Tabell 5.3 og figur 5.3 viser materialkostnader ved korrosjon og forvitring fordelt på fylke. Oslo skiller seg klart ut med 35 prosent av de totale kostnadene. Andelen av skader på galvaniserte stålplater er spesiell høy for Oslo. De høye tallene for Oslo skyldes både stor materialbeholdning og høye SO₂-verdier.

Østfold skiller seg også ut med høye kostnadstall. Dette skyldes først og fremst de høye SO₂-konsentrasjonene i Østfold-byene Halden, Sarpsborg, Fredrikstad og Moss. De relativt høye kostnadstallene for Buskerud, Telemark og Hordaland skyldes framfor alt høye SO₂- og material-konsentrasjoner i Drammen, Skien/Porsgrunn og Bergen.

Andre områder/tettsteder med høye SO₂-verdier, slik som Årdal, Sunndalsøra og Sulitjelma, har små korrosjonskostnader i nasjonal målestokk pga. lave materialkonsentrasjoner. Det er også verd å merke seg at korrosjonskostnadene i de mest sentrale "sur-nedbør"-områder er lave. Dette skyldes dels at vi her ikke har medregnet langtransportert SO₂ og dels at både det lokale SO₂-nivået og materialmengden er liten. I avsnitt 5.2.3 vurderer vi effekten av langtransportert SO₂.

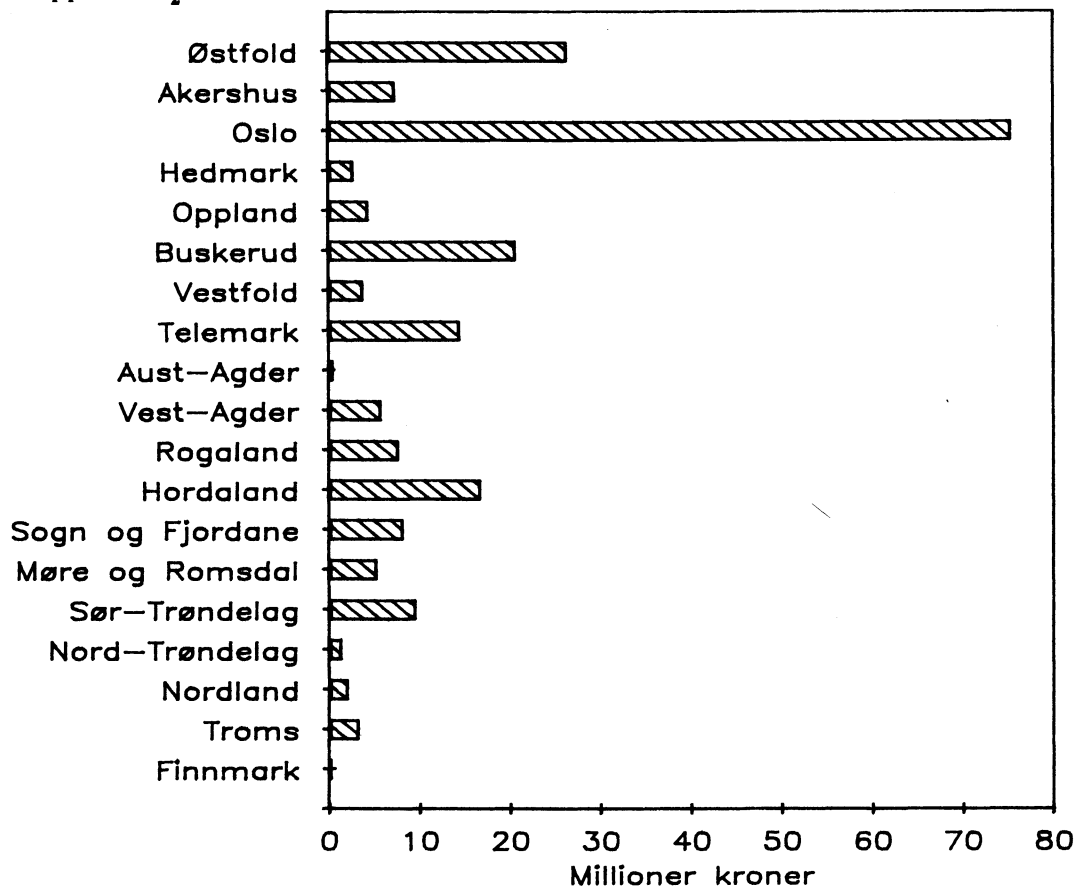
Figur 5.4 viser kostnad pr. m² total materialmengde i fylkene. Også her peker Østfold, Oslo, Buskerud og Telemark seg ut med høye verdier. I tillegg finner vi høye kostnadstall pr. m² for Sogn og Fjordane pga. de høye SO₂-nivåene i Øvre Årdal og på Årdalstangen.

I figur 5.5 har vi sett kostnadene i forhold til SO₂-utslipp. Figuren viser hvor mye korrosjonsskade ett kg SO₂-utslipp medfører i de ulike fylker: Oslo skiller seg markert ut med nær 30 kr/kg SO₂. Denne høye gjennomsnittskostnaden skyldes dels stor material-konsentrasjon og dels relativt dårlig sprednings-forhold for SO₂. Ingen andre fylker skiller seg ut med høye kostnader pr. kg SO₂. De lave kostnadene pr. kg SO₂ for Aust-Agder og Finnmark skyldes først og fremst små materialmengder, mens den lave kostnaden for Nordland må sees i sammenheng med konsentrasjonen av SO₂-utslippene i områder med liten befolkning (Sulitjelma).

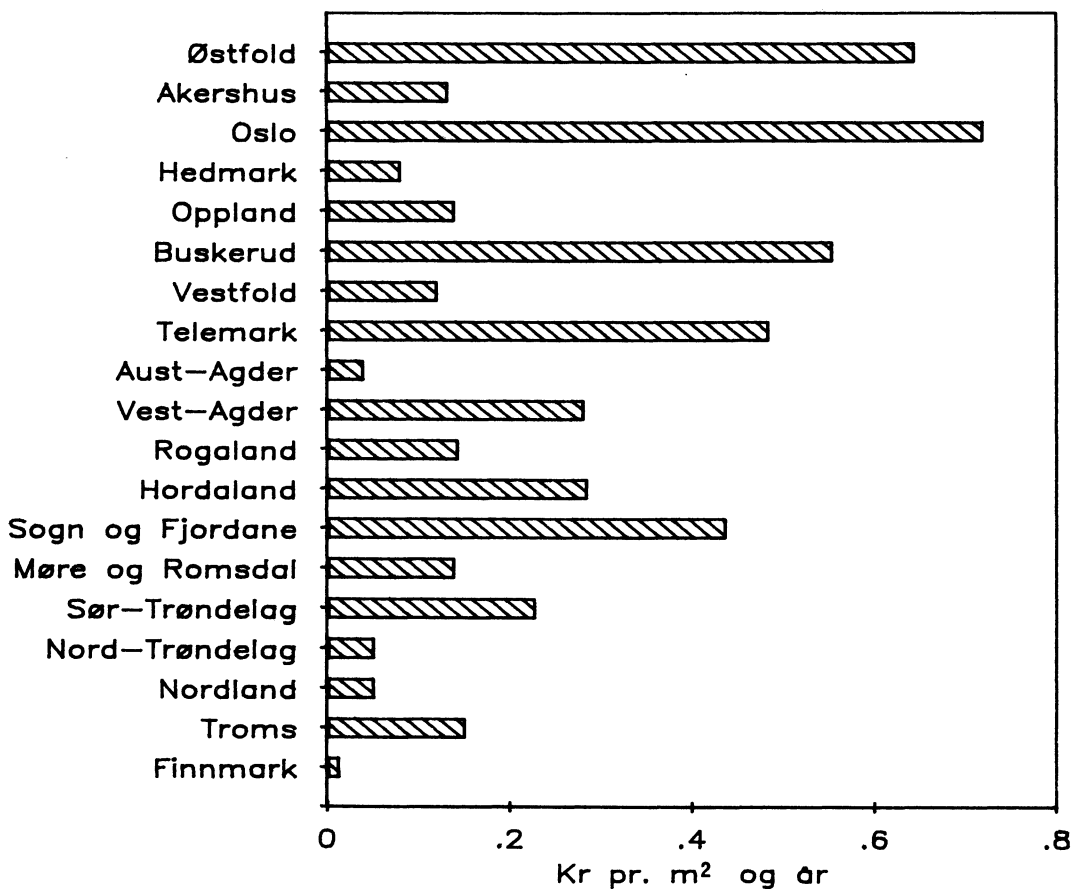
Tabell 5.3. Materialkostnader ved korrosjon etter fylke. Virkninger av norske SO₂-utslipp.
Mill. kr. 1985

Fylke	Plater	Profil	Tråd	Malt stål	Malt tre	Beis	I alt
I alt	70,6	8,0	31,6	54,1	33,4	18,7	216,3
Østfold	8,6	1,6	5,4	5,2	3,7	2,0	26,4
Akershus	0,5	0,0	0,02	3,4	2,2	1,3	7,4
Oslo	29,2	2,9	13,2	16,4	8,4	5,3	75,4
Hedmark	0,0	0,0	0,0	1,3	1,1	0,5	2,8
Oppland	1,0	0,0	0,2	1,5	1,2	0,6	4,4
Buskerud	7,4	1,5	3,7	4,1	2,6	1,4	20,7
Vestfold	0,2	0,0	0,1	1,8	1,2	0,6	3,8
Telemark	5,4	0,7	2,4	2,9	2,0	1,1	14,5
Aust-Agder	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,5
Vest-Agder	2,1	0,0	0,6	1,6	0,9	0,6	5,8
Rogaland	1,6	0,0	0,1	3,2	1,9	1,0	7,7
Hordaland	6,6	0,0	2,0	4,2	2,4	1,6	16,8
Sogn og Fjordane	2,0	1,1	2,1	1,4	1,3	0,3	8,2
Møre og Romsdal	1,4	0,2	0,7	1,5	1,0	0,5	5,3
Sør-Trøndelag	3,3	0,0	0,9	2,8	1,6	1,0	9,6
Nord-Trøndelag	0,0	0,0	0,0	0,7	0,5	0,2	1,4
Nordland	0,3	0,0	0,1	1,0	0,6	0,3	2,1
Troms	1,2	0,0	0,2	1,0	0,6	0,4	3,3
Finnmark	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2

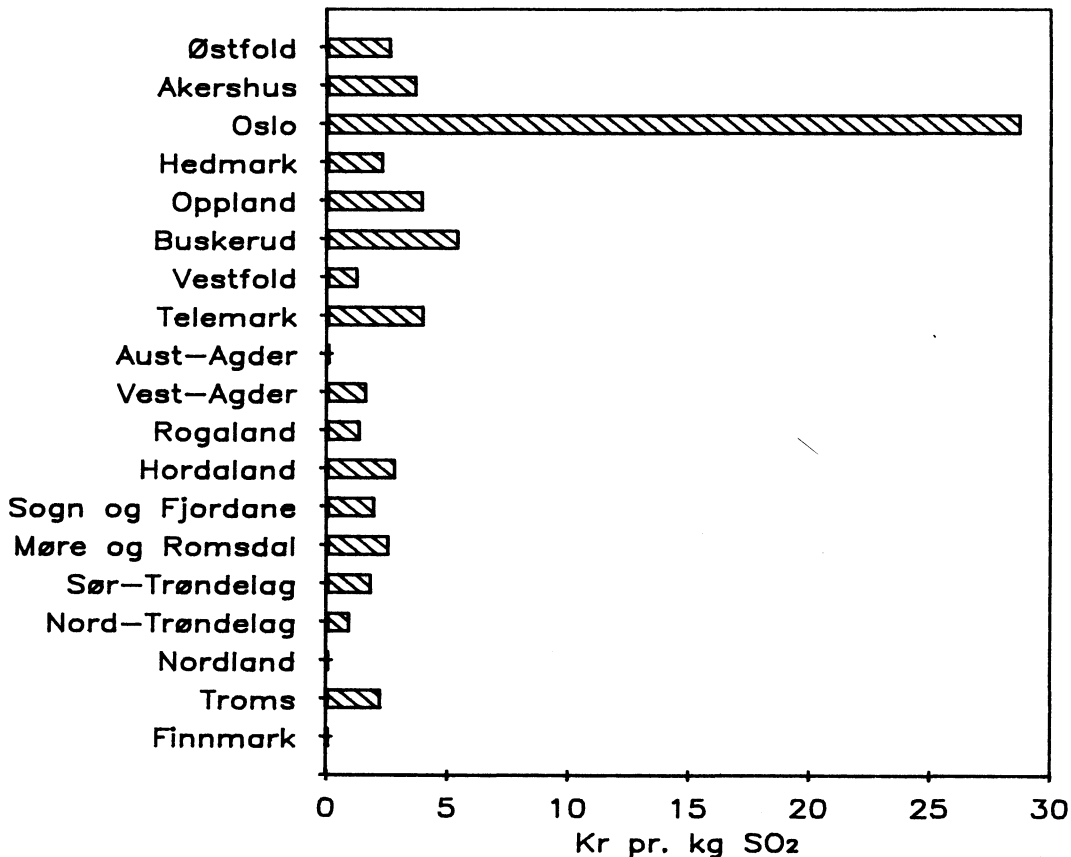
Figur 5.3. Kostnader ved korrosjon og forvitring etter fylke. Virkninger av norske utslipp av SO₂. Millioner kr. 1985.



Figur 5.4. Kostnader ved korrosjon og forvitring etter fylke. Kostnad pr. m² materialmengde. Kr/m². 1985



Figur 5.5. Kostnader ved korrosjon og forvitring etter fylke. Kostnad pr. kg SO₂-utslipp. Kr/kg SO₂, 1985



5.2.3. Korrosjonskostnader av innenlandsk utslipp og langtransportert SO₂

I dette avsnittet har vi medregnet korrosjons- og forvitningskostnader forårsaket av langtransportert SO₂. Som vi beskrev i avsnitt 3 er andelen av SO₂-konsentrasjonen som skyldes langtransporterte utslipp liten i større tettsteder og byer og i industriområder med store lokale utslipp. I indre deler av Oslo utgjør for eksempel langtransporterte SO₂-konsentrasjoner bare 10 prosent av det totale konsentrasjonsnivået. Kirkenes skiller seg imidlertid ut med høy andel langtransportert SO₂ (ca. 80 prosent), pga. nærhet til store SO₂-utslipp fra Nikel i Sovjetunionen.

Tabell 5.4 viser materialkostnadene medregnet langtransportert bidrag av SO₂. Den totale kostnaden har nå økt fra ca. 220 til 300 millioner kroner, dvs. nær 40 prosent. Den største økningen er knyttet til galvaniserte stålprodukter, se figur 5.6. Årsaken til den store økningen for disse materialene er at vi bare regner med korrosjonskostnader på galvanisert stål når materialene må overmales i løpet av konstruksjonens levetid som er 35 år (jfr. avsnitt 5.1). I flere tettsteder med små lokale utslipp av SO₂ overskrides denne "terskelen" bare når en medregner det langtransporterte SO₂-bidraget. For malt stål og tre og for beis regner vi derimot med en lineær sammenheng mellom SO₂-konsentrasjon og korrosjonskostnad.

Figur 5.7 viser andelen korrosjonskostnad fra langtransportert SO₂ fordelt etter enkelte hovednæringer. Figuren viser at langtransportert SO₂ har relativt størst

effekt på korrosjonsraten i landbrukssektoren og i bergverk. Materialbeholdningen i landbrukssektoren er konsentrert til områder med relativt små lokale utslipp av SO₂. Langtransportert SO₂ betyr derfor relativt mye. Den store "langtransport-andelen" i bergverksektoren må sees i sammenheng med at en relativt stor andel av materialbeholdningen er knyttet til Sør-Varangerområdet, der SO₂ fra Nikel har stor betydning for korrosjonsraten. Korrosjonskostnader i landbruk og bergverk betyr imidlertid lite i nasjonal målestokk.

Langtransportert SO₂ betyr minst for korrosjonsraten i treforedling og kraftkrevende industri. I områder med slik industriaktivitet vil naturlig nok lokale kilder dominere.

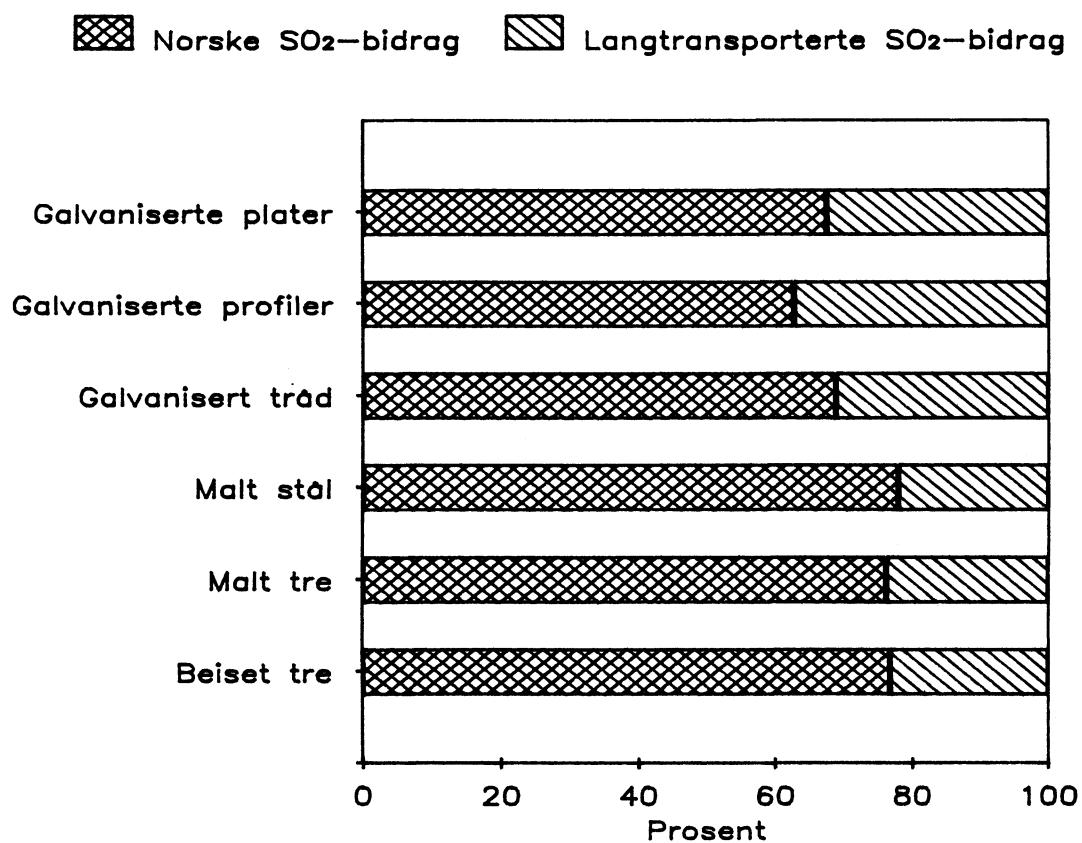
I figur 5.8 er "langtransport-andelen" av korrosjonskostnadene fordelt etter fylke. Som en kunne vente forårsaker langtransportert SO₂ relativt større korrosjonsskade på Sørlandet enn på Nord-Vestlandet, Midt-Norge og Nord-Norge. Et viktig unntak er Finnmark, der korrosjonskostnadene øker kraftig som følge av langtransportert SO₂ fra Sovjetunionen.

De langtransporterte utslippene betyr mindre i fylker som domineres av store byer eller viktige lokale kilder, som Østfold, Oslo, Buskerud, Telemark, Hordaland og Sogn og Fjordane.

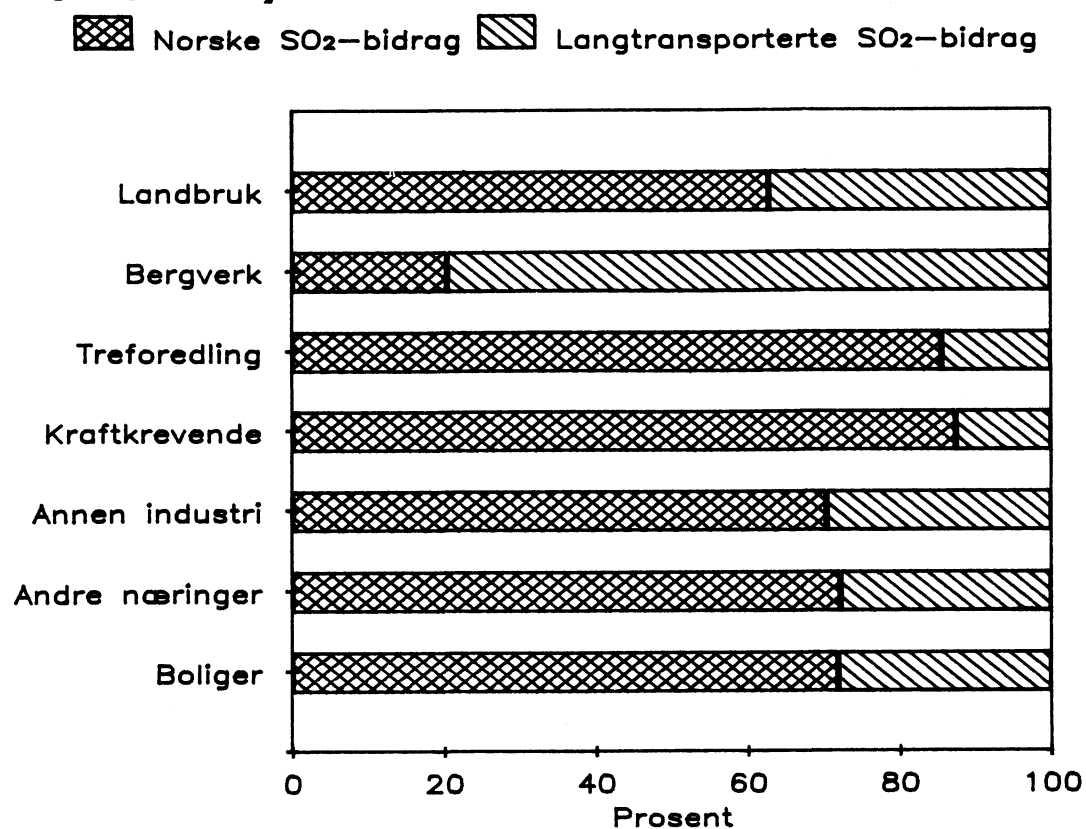
Tabell 5.4. Materialkostnader ved korrosjon og forvitring. 1985. Medregnet langtransport av SO₂

	Plater	Profil	Tråd	Malt stål	Malt tre	Beis	I alt
I alt	104,4	12,7	45,9	69,3	43,8	24,3	300,4
Landbruk	0,7	0,1	0,3	1,5	5,5	0,0	8,0
Industri	8,4	1,5	4,5	5,4	6,0	0,0	25,8
Andre næringer	47,4	5,8	20,6	29,5	11,0	0,0	114,3
Bolig	48,0	5,3	20,5	33,0	21,3	24,3	152,3

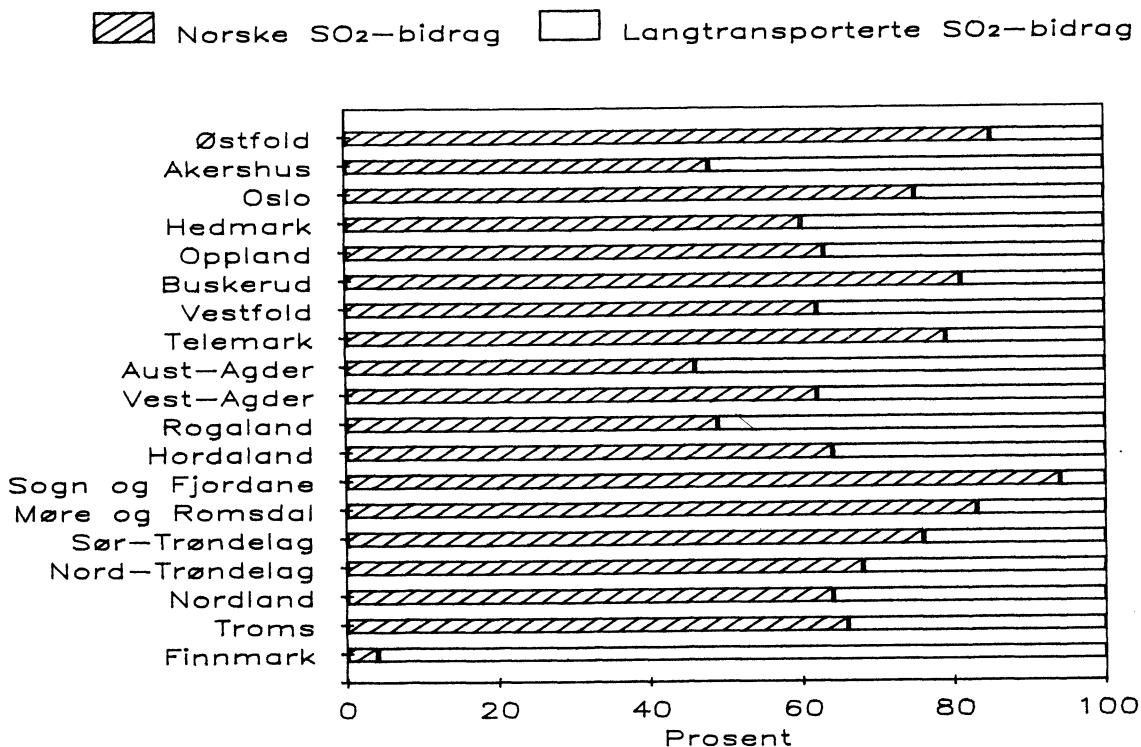
Figur 5.6. Materialkostnader ved korrosjon og forvitring, etter materialtype. Virkninger både av norsk og langtransportert SO₂. Andel av kostnadene forårsaket av langtransportert SO₂, 1985. Prosent.



Figur 5.7. Materialkostnader ved korrosjon og forvitring, etter hovednæring. Virkninger både av norsk og langtransportert SO₂. Andel av kostnadene forårsaket av langtransportert SO₂, 1985. Prosent.



Figur 5.8. Materialkostnader ved korrosjon og forvitring, etter fylke. Virkninger både av norsk og langtransportert SO₂. Andel av kostnadene forårsaket av langtransportert SO₂. 1985. Prosent.



5.2.4 Korrosjonskostnader i 1995 og 2003

Beregningene foran er gjort for SO₂-konsentrasjon og materialbeholdning i 1985. Både SO₂-konsentrasjonen og materialmengden vil endres over tid i takt med økonomisk vekst, endring i nærings sammensetning og tiltak mot utslipp. Med utgangspunkt i perspektivberegninger med den makroøkonomiske modellen MSG-4E har vi framskrevet SO₂-konsentrasjonen og materialbeholdningen. SO₂-konsentrasjonen er framskrevet ved å anta at den er proporsjonal med utslippet av SO₂ i hver kommune, se avsnitt 3, mens materialbeholdningen er framskrevet i takt med veksten i fast realkapital, se avsnitt 4.3. Figur 5.9 viser antatt utvikling i SO₂-konsentrasjonen i Sarpsborg, Oslo, Bergen og Årdal. Det er her ikke medregnet bidrag av langtransportert SO₂. I tettsteder som domineres av store industrielle utslipp (Sarpsborg/Årdal) forventes en nedgang eller stabil utvikling i SO₂-konsentrasjonen, mens SO₂-nivået trolig vil øke i byer der utslippet i hovedsak stammer fra tjenesteytende næringer og husholdninger. Materialbeholdning av galvaniserte stålprodukter, malt stål og malt tre og beis ventes å øke med et gjennomsnitt på ca. 50 prosent i de fleste regioner og næringer, se tabell 4.9 og 4.10.

I beregning av de totale direkte korrosjonskostnader har vi i dette avsnittet ikke tatt hensyn til allokeringsevirkninger. Disse kostnadene blir beskrevet i avsnitt 6.

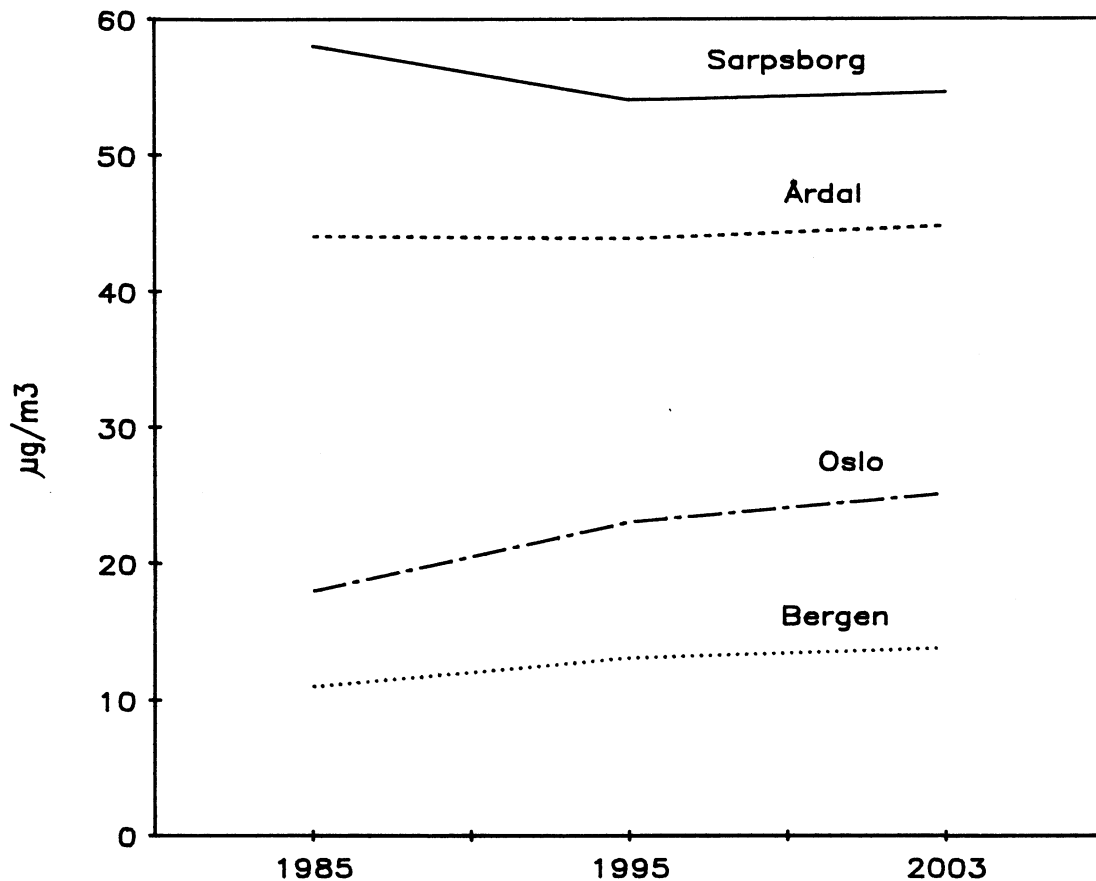
Figur 5.10 viser utviklingen i korrosjonskostnadene dersom en bare tar hensyn til økningen i materialbeholdningen og antar at SO₂-konsentrasjonen er uendret. De

totale kostnadene øker da med 2.5 prosent pr. år fra 220 millioner til ca. 330 millioner kroner.

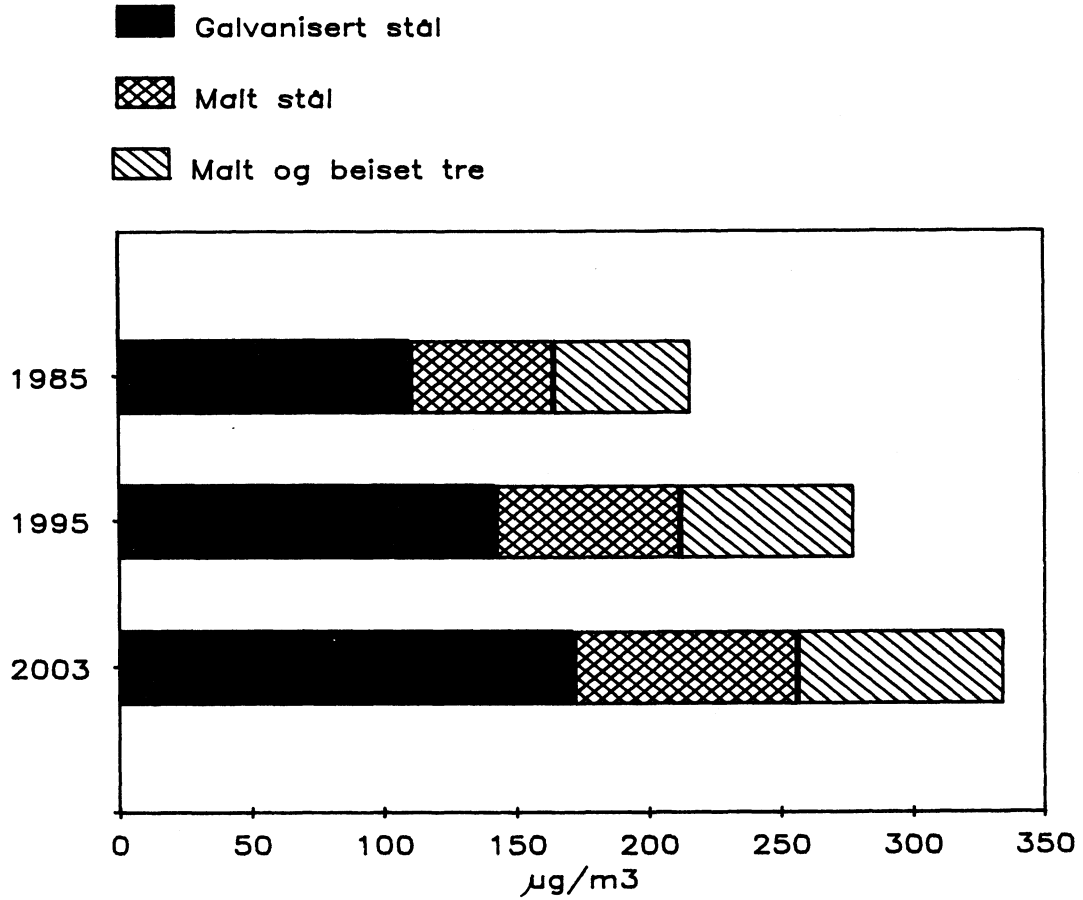
Dersom en også tar hensyn til endret SO₂-konsentrasjon, øker kostnadene enda mer, med i alt 4.9 prosent pr. år, fra 220 millioner i 1985 til 510 millioner kroner i 2003, se figur 5.11. Økningen er størst i Akershus, Oslo og Rogaland, se figur 5.12. Dette skyldes at SO₂-konsentrasjonen ventes å øke med om lag 40 prosent i enkelte av de mest befolkede områdene i disse fylkene. Den forventede økning i SO₂-nivået har sammenheng med at det økonomiske utviklingsalternativet gir kraftig vekst i utslippet fra boligsektoren og mobile kilder. SO₂-utslippet i de nevnte regionene domineres nettopp av disse kildene.

Kostnader knyttet til korrosjon av galvanisert stål øker betydelig mer enn kostnader både for malt stål og malt og beiset tre, se figur 5.11. Dette skyldes at skadefunksjonen for galvaniserte produkter ikke er lineær slik som for malte flater. Korrosjonsskade opptrer bare når SO₂-konsentrasjonen overstiger en gitt terskel, jfr. kommentarer i avsnitt 5.2.3.

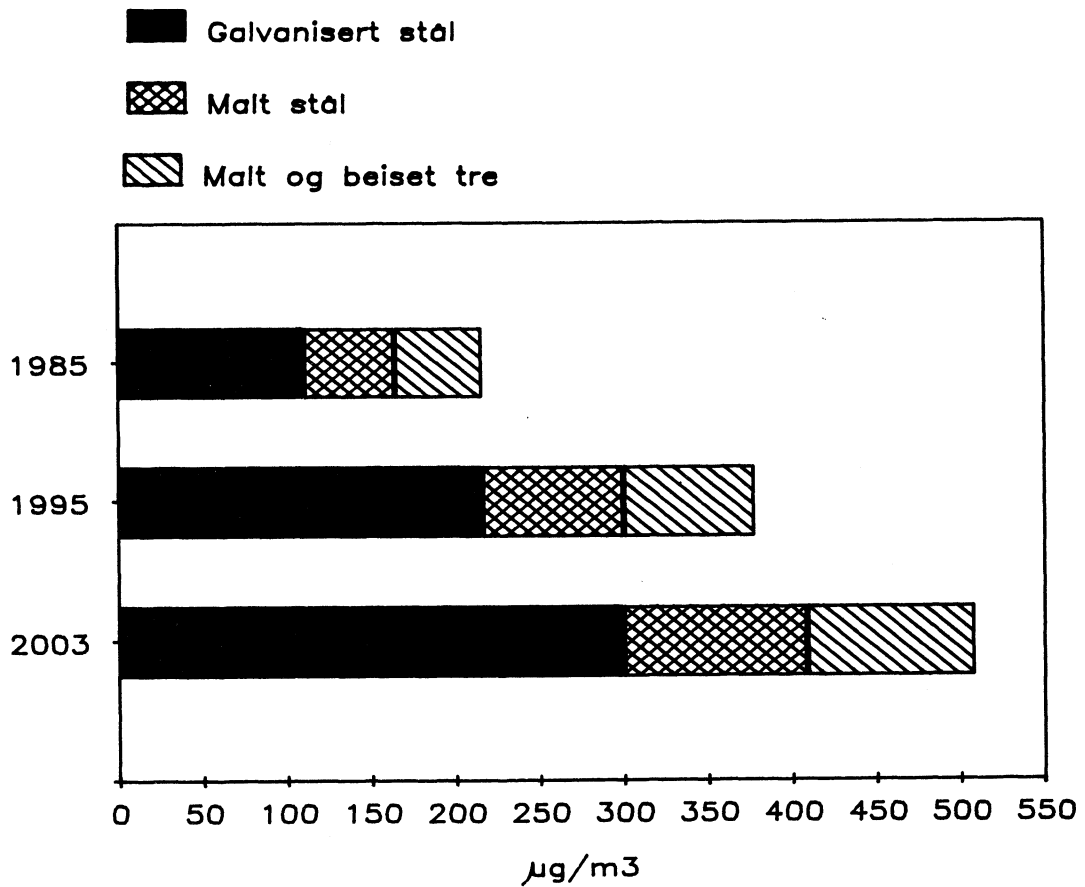
Figur 5.9. SO₂-konsentrasjoner 1985, 1995 og 2003. Noen utvalgte tettsteder. µg/m³



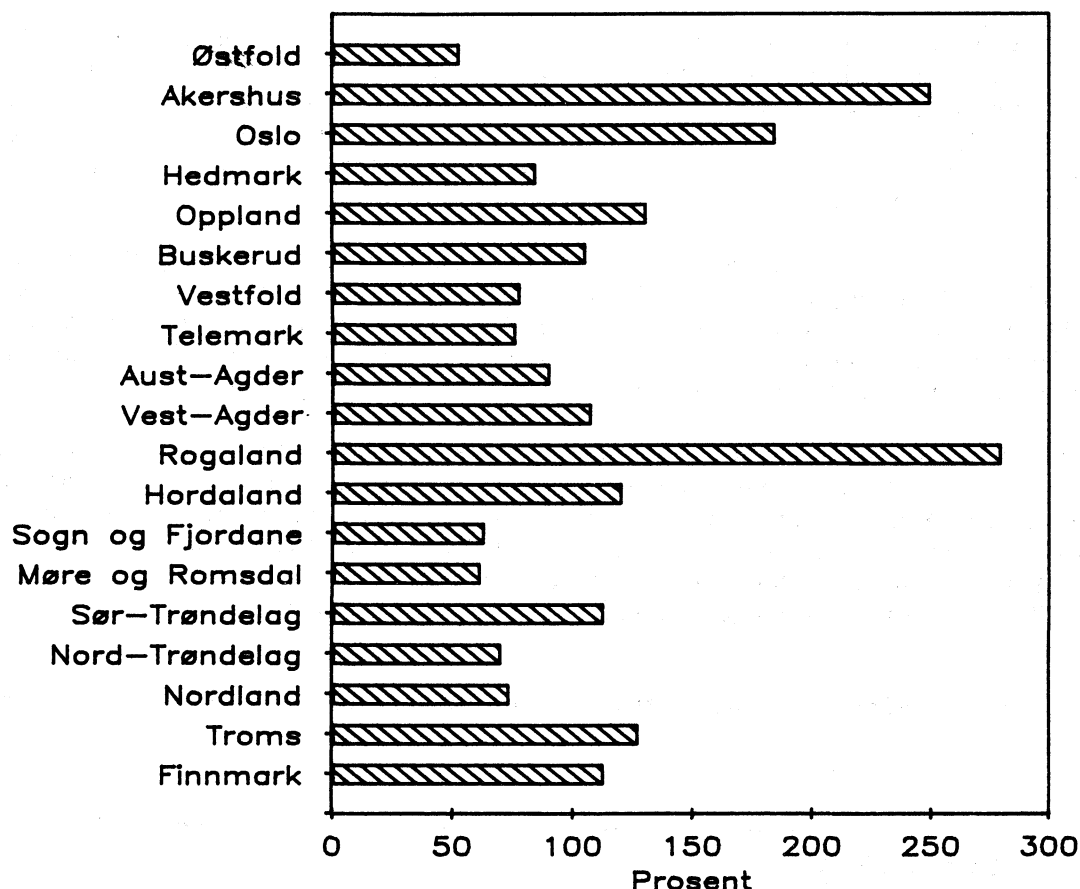
Figur 5.10. Korrosjonskostnader i 1985, 1995 og 2003. Uendret SO_2 -konsentrasjon. Millioner kr.



Figur 5.11. Korrosjonskostnader i 1985, 1995 og 2003. Endret SO_2 -konsentrasjon som i figur 5.9. Millioner kr.



Figur 5.12. Korrosjonskostnader i 1985, 1995 og 2003 etter fylke. Endret SO₂-konsentrasjon som i figur 5.9. Prosent.



5.2.5 Marginal korrosjonsskade

Med utgangspunkt i korrosjonskostnad og SO₂-utslipp for hvert tettsted og for hver sektor har vi beregnet hvilke sektorer som skader mest totalt og hvilke som skader mest pr. kg SO₂ (marginal skade). Likning (12) og (13) viser hvordan henholdsvis total korrosjonsskade (T_j) og marginal skade (S_j) for hver sektor er beregnet:

$$(12) \quad T_j = \sum_i (U_{ij} * \frac{K_i}{\sum_j U_{ij}})$$

$$(13) \quad S_j = \frac{T_j}{\sum_i U_{ij}}$$

U_{ij} = Utslipp av SO₂ i kommune i og sektor j

K_i = Korrosjonskostnad i kommune i

$K_i / \sum_j U_{ij}$ gir tilnærmet uttrykk for marginal skade av SO₂-utslipp i kommune i.

Den totale skaden som en sektor forårsaker, er lik summen av de skader sektorens

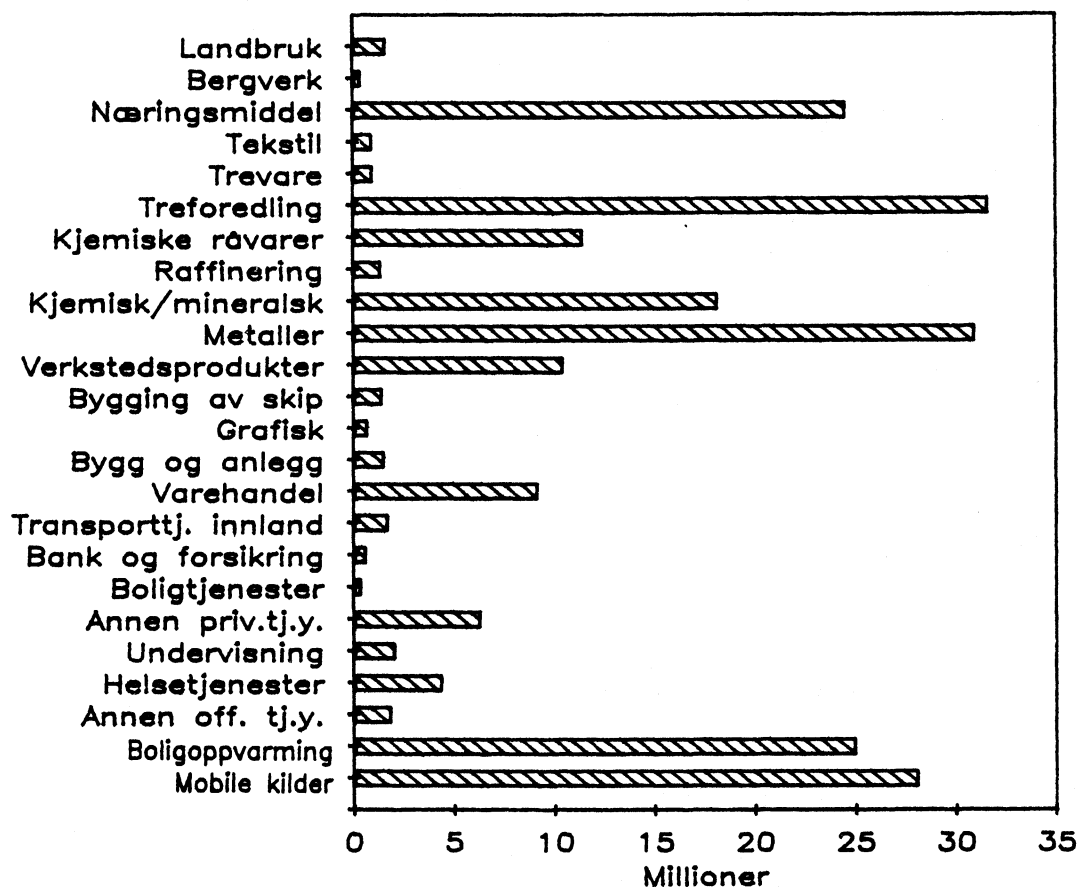
utslipp påfører hver enkelt kommune. Marginal skade for sektoren er så beregnet lik gjennomsnittsskaden sektoren påfører hele landet.

Skadefunksjonene som er brukt, er lineære, og skade antas å inntre selv ved SO_2 -verdier ned mot null. Dermed svarer gjennomsnittsskadene også til marginal skade for SO_2 -forurensning. Ved beregning av kostnader kommer imidlertid den økonomiske levetiden inn og gjør de marginale kostnadene til en stigende funksjon av SO_2 -konsentrasjon. Dette har en sett bort fra i likningene (12) og (13) hvor gjennomsnittskostnader er antatt konstante.

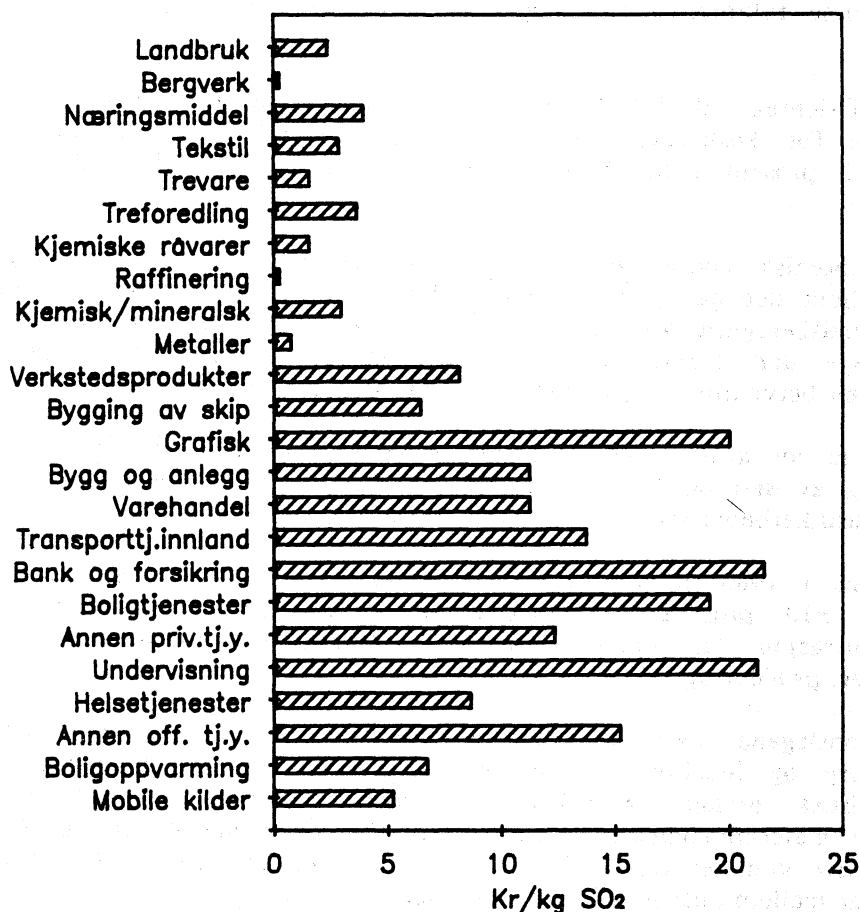
Figur 5.13 viser at næringsmiddelindustri (14), treforedlingsindustri (34), metallindustri (43), husholdningene og mobile kilder (veitransport) totalt skader mer enn andre sektorer, med store utslipp av SO_2 i områder med relativ stor materialkonsentrasjon. De store utslippene fra for eksempel raffineriene (40) betyr imidlertid lite på grunn av liten materialmengde i de områder der raffineriene er lokalisert.

Figur 5.14 viser imidlertid at den marginale skaden for de ulike sektorer varierer etter et helt annet mønster. Generelt synes det som om de tunge og forurensende industrisektorene skader mindre pr. kg utslipp av SO_2 enn andre industrisektorer og tjenesteytende sektorer, som i større grad er lokalisert i tettbygde områder. Spesielt stor er den marginale skaden ved utslipp fra grafisk industri (28), bank og forsikring (82), eiendomstjenester (83) og offentlig administrasjon (95).

Figur 5.13. Korrosjonskostnader forårsaket av utslipp fra næringssektorer. 1985. Millioner kr



Figur 5.14. Korrosjonskostnader forårsaket av SO₂-utslipp fra næringssektorer. Kroner pr. kg utslipp, 1985



5.3. Vurdering av usikkerhet i anslagene

Det er knyttet relativt stor usikkerhet til alle beregningene i avsnitt 5. Flere faktorer er av betydning for denne usikkerheten:

- Skadefunksjonen
- Antakelse om tykkelse på sinklaget som korroderes før vedlikehold er påkrevet.
- Økonomisk levetid for materialene
- Enhetsprisen ved maling av stål og tre
- Materialbeholdningen totalt
- Fordelingen av materialmengde mellom sektorer og kommuner
- Nivået på SO₂-konsentrasjonen
- Utviklingen i SO₂-konsentrasjon og materialmengde over tid

Vi har sett på virkningene av å endre noen av de usikre størrelsene med ± 10 prosent, se tabell 5.5.

Skadefunksjonen for galvaniserte flater (se likning (1)) og for malt stål (likning (3)) er estimert av NILU under reelle eksponeringsforhold, og usikkerheten omkring helningen antas å være relativt liten. Det er imidlertid knyttet relativt stor usikkerhet til skadefunksjonen for malt tre og beiset tre (se likning (4) og (5)). NILU antyder at koeffisienten foran SO₂-konsentrasjonen her kan variere med ± 50 prosent. Følsomhetsanalysen i tabell 5.5 viser at helningen på skadefunksjonen som

er den samme for alle malte flater, har relativt liten betydning for kostnadstallene for galvaniserte stålprodukter som overmales når det beskyttende sinklaget har korrodert bort. Denne faktoren betyr imidlertid langt mer for malt stål, malt tre og beis.

Endringer i koeffisienten til SO₂-leddet i skadefunksjonen for galvaniserte flater betyr relativt mye for kostnadsberegningen. Spesielt gjelder dette for profiler, der en endring på ±10 prosent i koeffisienten gir en endring i kostnadstallene på ±50 prosent.

Antakelse om økonomisk levetid er skjønnsmessig, og usikkerheten er trolig større enn ±10 prosent. Som det går fram av tabell 5.5 har den økonomiske levetiden stor virkning på kostnadsberegningene for galvaniserte plater og profiler og må derfor ansees som kanskje den største usikkerhetsfaktoren for disse materialtypene. Den økonomiske levetiden betyr lite for galvanisert tråd og malt stål og tre.

Som det gikk fram av avsnitt 5.1.1, er det knyttet stor usikkerhet til enhetskostnadene ved maling av stål og tre og utskifting av tråd, oppimot ±50 prosent. Tabell 5.5 viser at denne usikkerheten slår likt ut på alle materialtyper.

SO₂-konsentrasjonen i 1985 er anslått/målt av NILU, og usikkerheten kan antas å være større enn ±10 prosent for enkelte tettsteder. Følsomhetsanalysen viser at endret SO₂-konsentrasjon har størst effekt på kostnadsberegningene for galvanisert stålprodukter (plater, profiler og tråd).

Usikkerheten i anslagene over materialbeholdningen er stor. I en undersøkelse foretatt i Sarpsborg og Stockholm nylig er materialmengden på bygninger kartlagt direkte ved statistisk utvalg og måling av materialmengder på hus. Foreløpige resultater viser en materialmengden av galvanisert stål som bare er på 10-20 prosent av de tallene vi har kommet fram til. For malt stål, tre og beis er det grunn til å vente bedre samsvar mellom anslag ved ulike metoder.

Vi har forsøkt å anslå et usikkerhetsintervall for de ulike materialtypene ved å ta utgangspunkt i de faktorene som betyr mest for usikkerheten, se tabell 5.6.

Tabell 5.5. Følsomhetsberegninger for korrosjonskostnader. Ikke medregnet langtransportert SO₂. 1985. Prosent

	Plater	Profil	Tråd	Malt stål	Malt tre	Beis
1. Skadefunksjon for malte flater						
10 % brattere skadefunksjon	+0.7	+1.2	0	+11	+11	+11
10 % slakere skadefunksjon	-0.7	-1.2	0	-11	-11	-11
2. Skadefunksjon for galv. flater						
10 % brattere skadefunksjon	+22	+51	+27	0	0	0
10 % slakere skadefunksjon	-20	-53	-21	0	0	0
3. Økonomisk levetid						
10 % økning	+37	+70	0	0	0	0
10 % reduksjon	-30	-60	0	0	0	0
4. Enhetspris ved maling						
10 % økning	+10	+10	+10	+10	+10	+10
10 % reduksjon	-10	-10	-10	-10	-10	-10
5. SO₂-konsentrasjon						
10 % generell økning	+22	+51	+27	+11	+11	+11
10 % generell reduksjon	-21	-53	-21	-11	-11	-11
6. Materialbeholdning						
10 % økning	+10	+10	+10	+10	+10	+10
10 % reduksjon	-10	-10	-10	-10	-10	-10

Tabell 5.6 Materialkostnader ved korrosjon. 1985. Anslag for usikkerhet. Millioner kr

	Gj.snitt	Intervall
I alt	216	60 - 340
Galvaniserte plater	71	10 - 100
Galvaniserte profiler	8	0 - 20
Galvanisert tråd/nett	30	25 - 50
Malt stål	54	15 - 70
Malt tre	33	20 - 70
Beiset tre	19	10 - 30

6. ØKONOMISK AKTIVITET MED OG UTEN KORROSJONSKOSTNADER

Hittil i rapporten har vi omtalt og anslått korrosjonskostnader på grunn av SO₂-forurensning i luft. Dermed har vi anslag for hvilke forurensningskostnader bedrifter og husholdninger direkte belastes med når de enkeltvis tilpasser seg et visst nivå på SO₂-konsentrasjonen. Vi ønsker imidlertid også å få et bilde av hvordan bedrifter og husholdninger ville ha tilpasset seg i en situasjon uten SO₂-forurensning, hvor kapitalutstyr og vedlikehold er mindre kostbart fordi materialene har lengre levetid. Formålet med dette avsnittet er å skissere makrobildet av en slik situasjon uten korrosjonskostnader på grunn av luftforurensning, og sammenlikne den med den aktuelle tilpasningen.

6.1. Forurensning og velferd

Ved sammenlikning av situasjoner med og uten forurensning er det flere former for velferdsvirkninger som må vurderes. Noen gjenspeiles i markedet, andre ikke. Derfor vil vi først drøfte ulike former for velferdstap ved forurensning og se disse i forhold til begrepet bruttonasjonalprodukt (BNP), som ofte brukes som velferdsindikator.

BNP er et mål på verdiskapning ved produksjon av varer og tjenester som omsettes i markeder. Tap av samfunnsmessige verdier ved endring i miljøtilstand eller naturrikdom fanges ikke opp av dette begrepet. Produksjon og forbruk påvirker imidlertid miljøtilstanden, selv om de enkelte bedrifter og husholdninger innretter seg uten å ta hensyn til slike virkninger.

Miljøgoder som vann, luft og jordsmonn er fornybare, men begrensede ressurser. De er knappe goder i økonomisk forstand fordi vi har nytte av miljøets evne til å levere råvarer til produksjon og til å yte rense- og rekreasjonstjenester. Svekkelse av miljøtilstanden påfører oss ulemper. Disse ulempene kan det være hensiktsmessig å dele i to kategorier:

- 1) Redusert tilgang av varer og tjenester fordi forurensning hemmer produktiv virksomhet.
- 2) Redusert trivsel på grunn av dårligere helse, og mindre glede av naturen.

Den første kategorien er det produksjonstapet som oppstår fordi arbeidskraft og materialressurser blir tilgjengelig i mindre mengder eller har mistet noe av sin effektivitet. Ett eksempel på dette er at forurensning forårsaker helseskader, som gir både sykefravær og redusert innsats under arbeidet. Disse virkningene reduserer tilgangen på produktive ressurser og fører til at BNP går ned.

Den andre kategorien er et samfunnsmessig tap som ikke berører økonomisk aktivitet slik den måles ved bruttonasjonalprodukt. For eksempel har god helse egenverdi utover betydningen for tilgang på arbeidskraft.

En fullstendig miljøøkonomisk analyse av forurensende utslipp krever dermed både at en setter en verdi på velferdseffekten utenom produksjonen, og at en danner seg et bilde av hva som ville skjedd med produksjonen om faktortilgangen ikke hadde vært redusert på grunn av forurensning.

De to formene for tap er ikke uavhengig av hverandre. Inntektsnivået i samfunnet vil for eksempel påvirke den verdien som tillegges uberørt natur og trivselsfaktorer. En vanlig antakelse er at høyere inntekt gir større betalingsvillighet for rent miljø og uberørt natur. En mangler imidlertid modeller til slik helhetlig vurdering.

Et hovedproblem er å tallfeste og veie sammen de mange ulike velferdsvirkningene utenom markedet. Ved reduksjon av svoveldioksidkonsentrasjonen i luft kan slike velferdsvirkninger være betydelige. Disse knytter seg først og fremst til reduksjon av helseskader. Den samfunnsmessige gevinsten i form av mindre korrosjon og andre materialskader kan avgrenses til hva som skjer med produksjonen og forbruket, med unntak av virkninger knyttet til spesielt kulturhistorisk verdifulle bygninger og skulpturer. Dette gjelder når en samtidig forutsetter at inntektsvirkningene av reduserte materialskader ikke gir nevneverdig utslag i hvordan folk verdsetter miljøet. I forhold til den samlede verdiskapningen er materialkostnadene på grunn av SO₂-forurensning imidlertid lave, slik at dette er en rimelig forutsetning. De samfunnsmessige kostnader av materialskader på grunn av forurensning som beregnes her, gjelder bare de kostnader som gjenspeiler seg i markedet.

Nedenfor skal vi skissere tilpasningen i en tenkt situasjon uten svoveldioksid i luft. Bedrifter og konsumenter fritas dermed for korrosjonskostnader som de ellers ville ha hatt. Kapitalprisene vil synke, fordi investeringsvarer får lengre levetid, og det er ikke lenger nødvendig med så stor innsats av arbeidskraft og materialer til vedlikehold som tidligere. Dette innebærer at en større ressursmengde eller produksjonskapasitet blir tilgjengelig for samfunnet.

6.2. Økonomisk tilpasning uten korrosjonskostnader

Nedgangen i materialkostnader vil gjøre produksjonen mer effektiv slik at samme mengde varer og tjenester kan produseres med mindre ressursinnsats. Denne effektivitetsgevinsten kan øke over tid, avhengig av hvor stor andel som avsettes til investering. I tillegg vil reduserte materialkostnader gi prisvridninger som fører til en omfordeling av ressurser mellom sektorer. Produsenter vil søke å minimere sine kostnader med de nye prisene ved å bruke mer av innsatsvarer som er blitt relativt billigere, mindre av de som er blitt relativt dyrere. Dette vil igjen slå ut i priser på ferdigvarer og sammensetningen av etterspørselen. På denne måten kan det endelige resultatet bli forsterket eller dempet i forhold til de umiddelbare virkninger mindre korrosjon ser ut til å ha for husholdninger eller bedrifter. Hvis slike allokeringsvirkninger er betydelige, kan de direkte kostnadene, som svovelforurensning påfører næringsliv og private husholdninger i dag, være et utilstrekkelig anslag selv over kostnader som bare berører markedsøkonomien.

Ved å sammenlikne produksjonsresultatene i situasjoner med og uten forurensning, vil allokeringsvirkningene av endringer i faktorbruken og sammensetningen av produksjon og forbruk også bli tatt med. Her skal vi omtale et forsøk på å skissere en tenkt tilpasning uten materialkostnader ved hjelp av den makroøkonomiske modellen MSG-4E. MSG-4E brukes av Finansdepartementet til langsiktige perspektivberegninger (20 års sikt). Utfallet her blir så sammenliknet med økonomisk tilpasning slik den er med svovelforurensning og materialskader, i et referansealternativ som er et moderat vekstalternativ hvor bruttonasjonalproduktet vokser med 2.1 prosent i gjennomsnitt pr. år fram til år 2000.

Et slikt opplegg innebærer at en vurderer virkningene av at bedrifter og konsumenter unngår korrosjonsskade og tilhørende kostnader som følge av forurensning (nytte), men ikke trekker inn belastningen (kostnad) ved tiltak en må gjennomføre for å komme i en situasjon uten utslipp av SO₂ til luft. Utslippsbegrensninger i form av avgifter eller regulering legger også beslag på ressurser. På samme måte som for materialkostnadene står en, når det gjelder tiltak, også overfor både direkte kostnader for produsenter og konsumenter, og allokeringsvirkninger.

Korrosjonskostnadene er i beregningen antatt fullstendig fjernet fra økonomien. Men

det er ikke nødvendigvis noe mål å rense utslipp eller legge om produksjonsstruktur og forbruk i den grad at korrosjonsskader på grunn av forurensning ikke forekommer. En optimal situasjon krever at en produsent skal kompensere for de skadevirkninger forurensningen medfører. Det innebærer at produksjonen bør tilpasses slik at nytten av ekstra varer eller tjenester tilsvarer de samfunnsmessige produksjonskostnadene som da vil omfatte miljøkostnader for andre produsenter og konsumenter.

Beregningen som presenteres her, sier ikke hvor langt en befinner seg fra den optimale eller beste tilpasningen når det gjelder utslipp av svoveldioksid. Vi får ikke svar på spørsmålet om hvor mye forurensning samfunnet vil tolerere, framfor å rense eller å gi avkall på varer og tjenester. Helsekostnader og andre miljøvirkninger av SO_2 -forurensning er også med på å bestemme dette. Korrosjon er som nevnt bare en blant flere kostnader som har sammenheng med SO_2 -forurensning.

Det er klare begrensninger i mulighetene til å uttrykke virkningene av lavere korrosjonskostnader i MSG-modellen. Grunnen er at det krever stor innsats å trekke ut bruken av varer og tjenester til vedlikehold og skape en tilsvarende kostnadsreduksjon i de enkelte produksjonssektorene. Selve modellgrunnlaget må genereres på nytt for å få et presist uttrykk for disse virkningene. I stedet har vi valgt å redusere prisen på vedlikehold av bygninger.

Gjennom en slik kostnadsreduksjon oppnår en ikke å få fram effektivitetsgevinsten av lavere materialkostnader. MSG-modellen vil simulere en langsiktig likevektsløsning gitt nye faktorpriser innenfor rammen av en eksogent gitt ressurstilgang bestemt av tilgang på arbeidskraft, kapitalbeholdning i initialsituasjonen og teknologisk endring. Ved prisendringen får vi imidlertid med hele virkningen av reallokeringen av produksjonsressurser, inklusiv den vekst i produksjonspotensiale som følger over tid hvis allokeringsgevinsten helt eller delvis går til investering.

De anslåtte direkte kostnadene som rammer bedrifter og husholdninger kan antas å gi en pekepinn på hvilken størrelsesorden effektivitetsgevinsten av lavere materialkostnader har (se 5.2.1 og 5.2.4). Materialkostnadene ble beregnet å stige fra 220 millioner kroner i 1985 til 300 millioner 1985-kroner i 2003 i referansealternativet. Dette undervurderer imidlertid effektivitetsgevinsten noe, idet virkningen på produksjonspotensialet over tid av å avsette gevinsten til investering ikke er medregnet. Summen av disse kostnadene og allokeringstapet blir følgelig her brukt som en indikasjon på de totale kostnadene ved SO_2 -forurensning og materialskader.

Allokeringsvirkningene på grunn av SO_2 -forurensning har sammenheng med at korrosjonskostnader har påvirket relative priser på innsatsfaktorer. Det er i praksis innsats av arbeidskraft og materialer til vedlikehold som vil gå ned hvis lufta blir ren for SO_2 -forurensning. I modellen er vare- og tjenesteinnsatsen til vedlikehold av kapitalbeholdningen klassifisert som vareinnsats. Overmaling og utskifting av korroderte materialer på bygninger hører dermed inn under denne produksjonsfaktoren. For å gjenspeile dette i modellen, skulle disse varer og tjenester trekkes ut av kryssløpet, det vil si en skulle skape en situasjon hvor ingen etterspurte denne vedlikeholdsinnsettsen, og ingen sektorer leverte den. Den resterende vareinnsatsen i sektorene ville da få en annen sammensetning, og kostnadene ville være lavere.

Siden dette krever en endring i modellgrunnlaget, har vi som nevnt gjort en tilnærming ved bare å endre prisen på produksjonsfaktoren. I henhold til modellens definisjoner skulle prisreduksjonen legges til vareinnsatsen i alle produksjonssektorene. Vareinnsats er imidlertid en svært sammensatt produksjonsfaktor, og prisendring på denne faktoren vil antakelig gi et dårlig bilde av de kryssløpsvirkningene redusert vedlikehold fører til. Vare- og tjenesteinnsatsen til vedlikehold av bygninger består for en stor del av leveranser fra bygningssektoren. Mindre behov

for vedlikehold av bygninger og anlegg gjør i praksis bygningskapital i produksjonssektorer og husholdningene billigere, selv om byggeprisene ikke endrer seg. For å få en bedre tilnærming til kryssløpsvirkningene av en prisjustering, har vi valgt å redusere brukerprisen på bygningskapital, framfor vareinnsats.

I beregningene er kapitalprisen justert ned i alle sektorer. Sektorenes brukerpris på kapital er i modellen bestemt av prisene på investeringsvarer for ulike investeringsarter som bygninger, maskiner og transportmidler. I tillegg bestemmes den av raten for depresiering og for kapitalavkastning i næringen. En faktor som reduserer bygningskapitalprisen i samsvar med de beregninger som er gjort for årlig materialkostnader i sektoren, er lagt inn i kapitalprislikningen. Vedlegg 3 beskriver denne justeringen nærmere.

Sammensetningen av kapitalarter (bygninger, maskiner, transportmidler) er fast innen hver sektor i modellen. Det betyr at justering av kapitalprisen i en sektor fører til økt etterspørsel etter kapital med samme sammensetning. Dermed får vi ikke fram hele virkningen av at det spesielt er bygningskapital som koster mindre, og at det kan være substitusjon mellom andre kapitalarter og bygninger.

Beregningene er utført med samme prosentvise reduksjon i kapitalpris hele perioden. Referansealternativet innebærer riktignok økning i utslipp, men det avgjørende for hvor mye kapitalprisen skal korrigeres, er hvilke forventninger om kapitalkostnader knyttet til SO₂-forurensning som ligger inne i referansealternativet. Finansdepartementet har ikke kjent sammenhengen mellom SO₂-konsentrasjon og materialkostnader, så det kan utelukkes at utviklingen i referansealternativets kapitalpriser bygger på eksplisitte anslag over slike forurensningskostnader. Derimot kan en tenke seg ulike måter forurensningskostnadene inngår i referansealternativet på uten noen bevisst vurdering fra Finansdepartementets side:

- Forventning om framtidig utvikling i kapitalpriser bygger på historisk forløp for kapitalpriser, inklusiv bidraget fra korrosjonskostnadene. Tendensen de siste 20 årene har vært nedgang i SO₂-konsentrasjonen i luft. Forventningene kan dermed implisitt være basert på at trenden med avtakende SO₂-konsentrasjoner og korrosjonskostnader fortsetter.
- Forventet utvikling i kapitalpris er uttrykk for hva Finansdepartementet forutser av endring i kommende år i forhold til situasjonen i basisåret, og at endring i forurensningsnivå ikke er blant de faktorer som antas å påvirke kapitalprisen framover.

I det første alternativet ville det være på sin plass å gjøre nedjusteringen av kapitalprisen mindre år for år, i takt med den historiske trenden i SO₂-konsentrasjonen. I alternativ to er det relevant å ha samme korreksjonsfaktor alle år framover, for på den måten å "trekke ut" en miljøkostnad som svarer til konstant forurensningsnivå framover.

6.3. Resultater for økonomiske hovedstørrelser

Endring i kapitalpriser er lagt inn for årene etter basisåret (1985). Det tar minimum 2-3 år fra kapitalprisene endres til virkningene i rimelig grad er absorbert av modellen. Derfor kan resultatene sees først etter noen år. Vi har gjort beregninger av avvik fra referansebanen over perioden helt fram til 2003, som perspektivberegningene dekker i utgangspunktet. Figurene 6.1-6.3 angir avvik mellom alternativet uten SO₂-forurensning og referansealternativet når det gjelder bruttonasjonalprodukt (BNP), privat konsum og investeringer.

Investeringene øker umiddelbart ved nedjusteringen av kapitalprisene i 1986 og presser det restbestemte private konsum ned innenfor den gitte ressursrammen. Billigere kapital stimulerer investeringer i næringssektorer og boliger mer enn produksjonskapasiteten øker de første årene. Først etter 1991 bli det rom for å øke privat konsum utover nivået i referansebanen. For BNP øker avviket raskt til å begynne med, men veksten flater ut omkring år 2000. I år 2003 er BNP om lag 100 millioner 1985-kroner høyere uten SO₂-forurensning enn med, på grunn av allokeringsvirkningene.

Tabellene 6.1-6.3 gir avvik for noen flere økonomiske hovedstørrelser i år 2003. Bruttoproduksjonen vil i følge tabell 6.2 være 270 millioner 1985-kroner høyere i år 2003. Dette krever økning også i vareinnsats og energiforbruk, slik at verdiskapningen uttrykt i bruttonasjonalproduktet, bare øker med omkring 100 millioner kroner.

Importen øker med om lag 60 millioner kroner årlig og forverrer handelsbalansen tilsvarende, siden eksporten er eksogent gitt i denne versjonen av MSG. Kostnadsreduksjonen kan imidlertid ventes å styrke konkurransevnen og øke eksporten, en virkning som denne beregningen ikke får fram.

Private husholdningers forbruk øker i 2003 med bortimot like mye som BNP, om lag 100 millioner 1985-kroner, se tabell 6.3. Særlig boligkonsumet øker (med 50 millioner kroner). Det er to faktorer som trekker boligkonsumet opp. Den ene har sammenheng med at fraværet av materialkostnader reduserer prisen på boligkonsum. Den andre årsaken er at boligetterpørselen er forholdsvis følsom overfor inntektsøkninger (økning i total forbruksutgift).

Total kapitalbeholdning i 2003 er 1.5 milliarder større i tilfellet uten korrosjonsskader enn med, se tabell 6.4. Med denne kapitaltilveksten kunne en ventet større vekst i BNP enn de om lag 100 millioner som er oppnådd her. Over halvparten av tilveksten er imidlertid å finne i boligsektoren, hvor avkastningen er lav. Tabell 6.2 viser at disse ekstrainvesteringene særlig stimulerer aktiviteten i bygg- og anleggssektoren, men også i produksjon av trevarer, som leverer mye til boligbygging. Det er grunn til å minne om at modellen demper utslaget i byggeaktiviteten noe i forhold til hva prisendringen i virkeligheten skulle føre til. Dette skyldes at sammensetningen av kapitalvarer i den enkelte sektor forutsettes konstant, slik at når en sektor øker kapitalbeholdningen som følge av redusert pris på bygningskapital, øker bruken av både bygninger, maskiner og transportmidler proporsjonalt. Modellen undervurderer dermed etterspørselsøkningen når det gjelder bygningskapital (og aktivitetsøkningen i bygg- og anleggssektoren), og overvurderer virkningen for andre kapitalvarer. Dette gir utslag i nærings sammensetningen.

Nåverdien (i 1985) av den framtidige produksjonsveksten er 760 millioner 1985-kroner, med 6 prosents diskonteringsrate. Konsumveksten kommer såpass seint i perioden at nåverdien av konsumøkningen fram til 2003 viser seg å bli negativ. Tidsperspektivet for denne beregning er for kort til å gjenspeile denne delen av

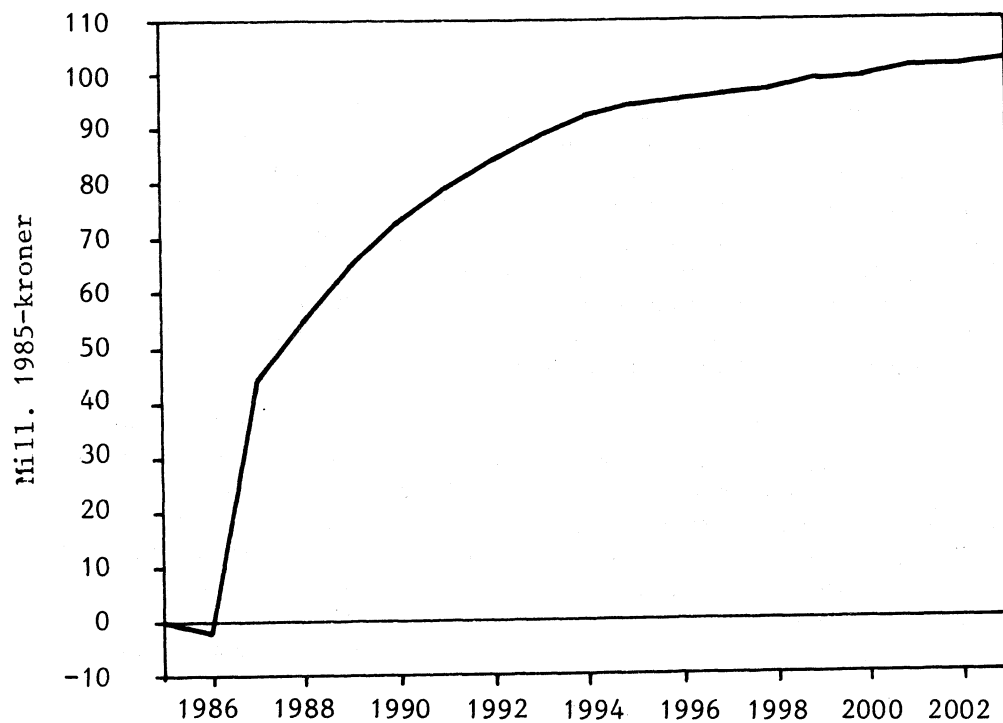
velferdsgevinsten av lavere kapitalkostnader.

6.4. Avslutning

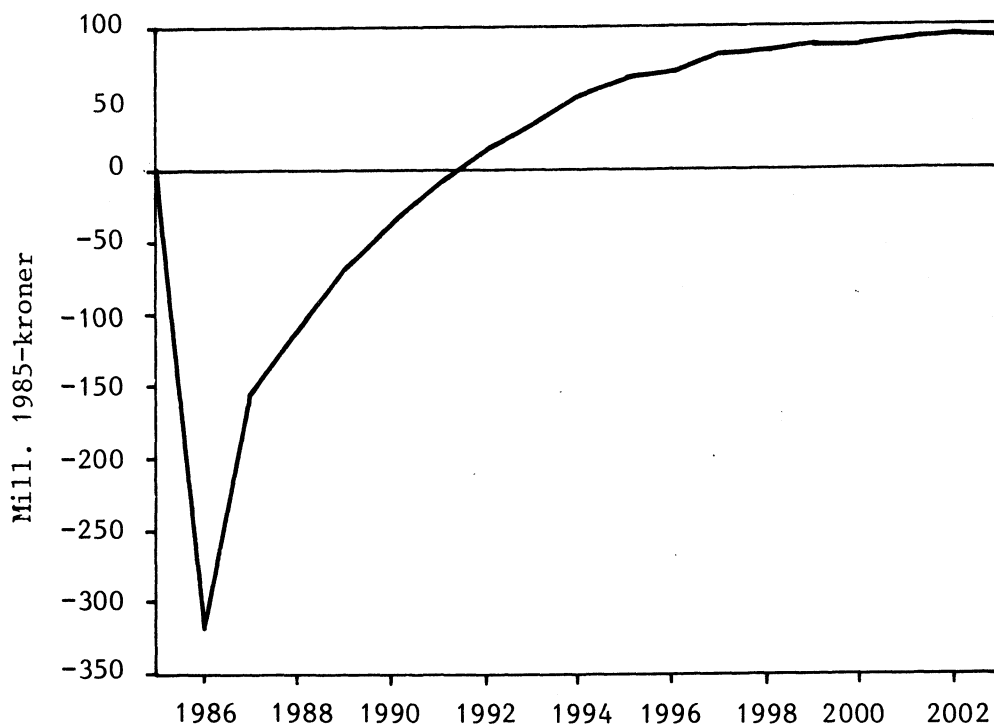
Beregningen viser at korrosjonskostnader på grunn av SO₂-forurensning påførte bedrifter og husholdninger utgifter på 200 millioner årlig i 1985. Dette kan indikere nivået på effektivitetsgevinsten av lavere materialkostnader, det vil si virkningen av at produksjonen da blir mindre ressurskrevende og den gitte ressursrammen gir rom for større produksjon. I tillegg til dette har samfunnet om lag 100 millioner kroner lavere BNP på grunn av allokeringsevirkninger fordi SO₂-forurensning øker kapitalprisen. Alt i alt koster materialskader ved SO₂-konsentrasjoner som i 1985 samfunnet 300 millioner 1985-kroner årlig, som vil stige til 400 millioner årlig ved århundreskiftet på grunn av økende kapitalbeholdning.

Det viser seg vanskelig å få uttrykt alle virkninger av lavere SO₂-konsentrasjoner i en modell som MSG-4E. Effektivitetsgevinsten og et presist uttrykk for kryssløpsvirkningene lar seg vanskelig beskrive. Disse problemene vil en møte i alle empiriske modeller med relativt mange sektorer og varer. Disaggregerte modeller er på sin side viktig for god beskrivelse av sammenhengen mellom produksjon, forbruk og forurensende utslipp. Det er en konflikt mellom det å velge en modell som gir en god beskrivelse av forurensende utslipp og å gjøre modellen håndterbar med hensyn til endringer som beskriver tilbakevirkninger på økonomien i form av lavere faktorproduktivitet.

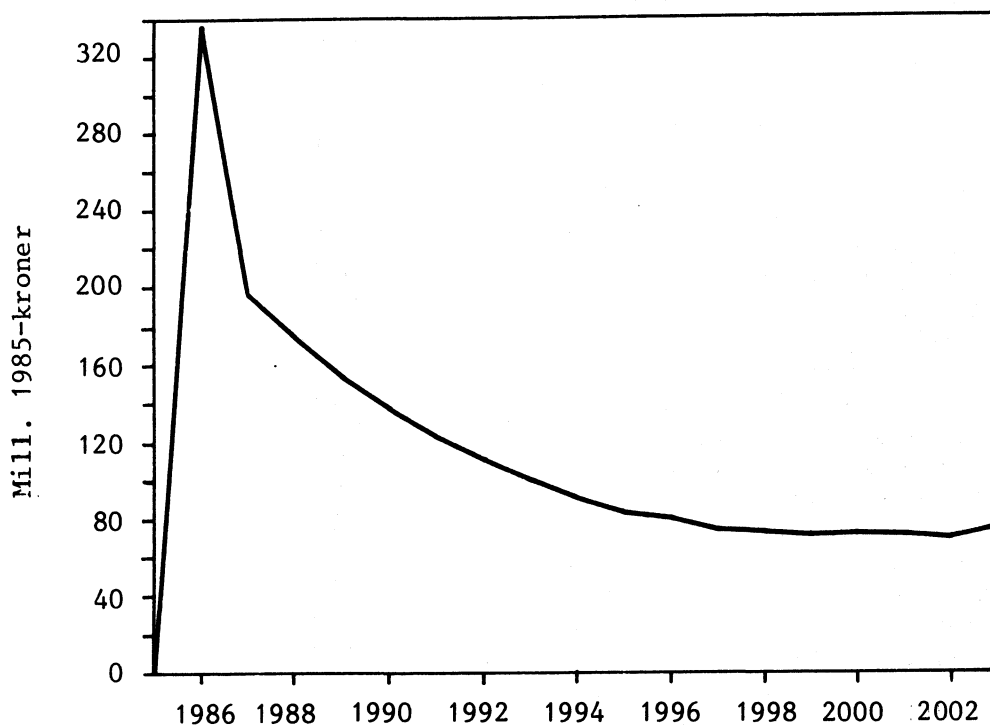
Figur 6.1. Brutto nasjonalprodukt: Avvik mellom situasjon uten korrosjonskostnader og referansealternativ. Mill. 1985-kroner



Figur 6.2. Privat konsum: Avvik mellom situasjon uten korrosjonskostnader og referansealternativ. Mill. 1985-kroner



Figur 6.3. Investering: Avvik mellom situasjon uten korrosjonskostnader og referansealternativ. Mill. 1985-kroner



Tabell 6.1. Absolutt endring i økonomiske hovedstørrelser (Alternativ uten SO₂-forurensning minus referansealternativet). Millioner 1985-kroner

	1995	2003
Bruttonasjonalprodukt	95.4	103.1
+Import	0.8	58.5
=Total tilgang	146.2	161.6
-Eksport	0.0	0.0
=Innenlandsk bruk	146.2	161.6
Privat konsum	74.5	96.5
Offentlig konsum	-4.5	-5.2
Investeringer	76.2	70.2
Lagerendring	0.0	0.1

Tabell 6.2. Bruttoproduksjon. Absolutt endring fra basisalternativet. Millioner 1985-kroner.

	2003
I alt	271.0
11 Jordbruk	0.0
12 Skogbruk	2.4
13 Fiske og fangst	0.0
31 Bergverksdrift	0.0
14 Prod. av nærings- og nytte	5.2
18 Prod. av tekstil- og bekledning	0.4
26 Produksjon av trevarer	13.4
34 Prod. av treforedlingsprodukter	1.0
37 Prod. av kjemiske råvarer	0.2
40 Raffinering av jordolje	2.1
27 Prod. av kjemiske og mineralske prod ...	11.8
43 Produksjon av metaller	0.6
45 Prod. av verkstedsprodukter	15.4
50 Bygging av skip og oljeplattformer	0.9
28 Grafiske produksjon	4.3
72 Elektrisitetsproduksjon	12.6
73 Elektrisitetsdistribusjon	8.1
55 Bygge- og anleggsvirksomhet	64.8
81 Varehandel	27.4
64 Utv. og transp. av olje og gass	0.0
68 Boring etter olje og gass	0.0
60 Utenriks sjøfart	0.1
74 Innenriks samferdsel	13.6
82 Bank- og forsikringsvirksomhet	7.6
83 Boligtjenester	52.1
85 Annen privat tjenesteproduksjon	22.3
92S Forsvar	0.2
93S Statlig underv. og forskning	0.3
94S Helsetjenester m.v. stat	0.1
95S Annen statlig tjenesteproduksjon	1.0
93K Kommunal underv. og forskning	0.2
94K Helsetjenester m.v. kommunal	1.8
95K Annen kommunal tjenesteproduksjon	1.7

Tabell 6.3. Privat konsum. Absolutt endring i forhold til basisalternativet.
Millioner 1985-kroner.

	2003
I alt	91.8
00 Matvarer	3.2
11 Drikkevarer og tobakk	2.0
12 Elektrisitet	13.4
13 Brensel	3.7
14 Driftsutg. til egne transp	1.4
15 Andre varer	1.9
21 Klær og skotøy	0.8
22 Andre husholdningsvarer	0.8
23 Andre fritidsvarer	2.6
30 Kjøp av egne transportmidler.....	-0.3
41 Møbler og el. husholdningsartikler.....	2.5
42 Varige fritidsgoder	1.6
50 Bolig	54.3
61 Bruk av off.transport port	1.3
62 Helsepleie	0.0
63 Off. forestillinger, skole	0.8
64 Diverse husholdningstjenester	0.2
65 Andre tjenester	1.6
66 Nordmenns konsum i utlandet.....	-0.1

Tabell 6.4. Fast realkapital. Absolutt endring i forhold til basisalternativet.
Millioner kroner 1985-priser.

	2003
I alt	1474.0
11 Jordbruk	29.7
12 Skogbruk	8.6
13 Fiske og fangst	0.0
31 Bergverksdrift	2.2
14 Prod. av nærings- og nytelsesmidler.....	14.6
18 Prod. av tekstil- og bekledning	0.0
26 Produksjon av trevarer	16.0
34 Prod. av treforedlingsprodukter	27.6
37 Prod. av kjemiske raavarer	23.5
40 Raffinering av jordolje	0.5
27 Prod. av kjemiske og mineralske produkter	24.1
43 Produksjon av metaller	22.3
45 Prod. av verkstedsprodukter	46.9
50 Bygging av skip og oljeplattformer.....	7.7
28 Grafiske produksjon	2.9
72 Elektrisitetsproduksjon	53.7
73 Elektrisitetsdistribusjon	21.0
55 Bygge- og anleggsvirksomhet	24.6
81 Varehandel	9.2
64 Utv. og transp. av olje og gass	0.0
68 Boring etter olje og gass	0.0
60 Utenriks sjøfart	0.0
74 Innenriks samferdsel	48.9
82 Bank- og forsikringsvirksomhet.....	52.8
83 Boligtjenester	925.4
85 Annen privat tjenesteproduksjon.....	112.0
92S Forsvar	0.0
93S Statlig underv. og forskning	0.0
94S Helsetjenester m.v. stat	0.0
95S Annen statlig tjenesteproduksjon.....	0.0
93K Kommunal underv. og forskning.....	0.0
94K Helsetjenester m.v. kommune.....	0.0
95K Annen kommunal tjenesteproduksjon.....	0.0

REFERANSER

Stortingsmelding nr. 82, 1984-85. Langtidsprogrammet 1986-89.

Central Statistical Office (1987). Annual Abstract of Statistic.

Environmental Resources Limited (ERL) (1987): Acid Rain: Effect on Materials. Arbeidsnotat. London.

Henriksen, J.F., A. Dugstad, T. Davidsen og T. Kristiansen (1986): Miljø82. Kartlegging av miljø og beleggdannelse i seks telesentraler 1982-85. Sluttrapport. NILU OR 73/86.

NILU (1981): Innvirkning av påbud om lavsvovlig olje på atmosfæriske korrosjonskostnader. Norsk institutt for luftforskning. Rapport nr. OR 17/81.

NILU (1988): Reduserte korrosjonskostnader som følge av reduserte SO₂-utslipp. Norsk institutt for luftforskning. Arbeidsnotat, nordisk seminar.

OECD (1981): The cost and benefits of sulphur oxide control - a methodology study.

Peters, S.J. (1986): Stock at Risk, Replacement and Maintenance Costs and Coating Depths for Galvanised Steel. General Electricity Generating Board, Internal Report VC285, Leatherhead, UK.

Pye, K. (1986): Symptoms of sulphate. New Civil Engineer 1 July, pp 16-17

Industristatistikk. NOS. Statistisk sentralbyrå

Utenrikshandelstatistikk. NOS. Statistisk sentralbyrå

Byggarealstatistikk. NOS. Statistisk sentralbyrå

Folke- og bolig telling 1980. Statistisk sentralbyrå

Landsbrukstelling 1979. Statistisk sentralbyrå

VEDLEGG 1: ÅRSMIDDELKONSENTRASJON FOR SO₂. 1985, 1995 OG 2003Tabell 1. Årsmiddelkonsentrasjon av SO₂ i tettsteder i 1985

Kommune	Material- andel Prosent	SO ₂ - µg/m ³				
		Lang- transport	Region	Tettsted	Industri Totalt	
Halden	70	2	4	9	6	21
	30	2	4	9		15
Sarpsborg	60	2	4	14	40	60
	40	2	4	14		20
Fredrikstad		2	4	10		16
Moss	70	2	4	4	5	15
	30	2	4	4		10
Oslo	40	2	4	14		20
	40	2	4	4		10
	20	2	4	2		8
Asker/Bærum		2	4	3		9
Lillestrøm/Strømmen		2	4	5		10
* Hamar		2	3	3		8
* Kongsvinger		2	3	2		7
Gjøvik		2	3	7		12
* Lillehammer		2	3	3		8
Drammen	70	2	4	18		24
	30	2	4	9		15
Hønefoss	40	2	3	5	5	15
	60	2	3	5		10
* Kongsberg		2	3	5		10
* Holmestrand		2	4	1		7
* Horten		2	4	1		7
* Tønsberg		2	4	2		8
Sandefjord		2	4	2		8
Larvik	40	2	4	2	4	12
	60	2	4	2		8
Porsgrunn		2	4	4	3	13
Skien	60	2	4	7	10	23
	40	2	4	7		13
* Notodden		2	3	4		9
* Risør		2	1	1		4
* Arendal		2	1	2		5
* Grimstad		2	1	2		5
Kristiansand	40	2	1	7	5	15
	60	2	1	7		10
* Vennesla		2	1	7		10

Tabell 1 (forts.)

Kommune	Material- andel Prosent	SO ₂ - µg/m ³			Totalt	
		Lang- transport	Region	Tettsted Industri		
* Mandal		2	1	2	5	
* Farsund		2	1	1	4	
* Flekkefjord		2	1	1	4	
* Eigersund		2	1	4	7	
Sandnes		2	1	4	7	
Stavanger		2	1	7	10	
Haugesund		2	1	4	7	
Karmøy 1)		2	1	2	6	11
Bergen	60	2	2	9	13	
	40	2	2	4	8	
Odda		2	1	3	9	15
Øvre Årdal		1	1	3	42	47
Årdalstangen		1	1	3	35	40
Ålesund		1	1	4		6
* Molde		1	1	4		6
* Kristiansund		1	1	4		6
Sunnalsøra		1	1	3	15	20
Trondheim	60	1	1	9		11
	40	1	1	6		8
* Stjørdal		1	1	2		4
Levanger		1	1	3		5
* Steinkjer		1	1	2		4
* Namsos		1	1	2		4
* Bodø		1		4		5
* Narvik		1		2		3
Mosjøen		1		3	5	10
Mo i Rana		1		2	2	6
Tromsø		1		10		11
* Harstad		1		4		5
Hammerfest		2		1		3
Kirkenes	50	22 ³⁾		1	5	28
Sør-Varanger ²⁾	50	22 ³⁾				22

1) Gjelder bare området rundt Karmøy fabrikker og Koppervik.

2) Sør-Varanger untatt Kirkenes.

3) Industri i Sovjetunionen.

*) Anslått av SSB

Tabell 2. Årsmiddelkonsentrasjoner av SO₂ for områder utenfor tettsteder med mer enn 6000 innbyggere. År 1985

Område	SO ₂ - µg/m ³				
	Langtran.	Region	Tettsted	Industri	Totalt
Kyst Østfold-Telemark 1)	2	4	0	0	6
Innland Østlandet	2	2	0	0	4
Agder/Rogaland/Hordaland	2	1	0	0	3
Sogn/Møre/Trøndelag	1	1	0	0	2
Nordland/Troms	1	0	0	0	1
Finnmark	2	0	0	0	2

1) Kyststrøk Østfold - Telemark inkluderer:

- Alle landkommuner i Østfold untatt grensekommunene Aremark, Marker og Rømskog
- Alle landkommuner i Akershus untatt Aurskog-Høland, Nes, Eidsvoll, Nannestad og Hurdal
- Kommunene Øvre og Nedre Eiker, Lier, Røyken og Hurum i Buskerud
- Alle Landkommuner i Vestfold
- Kommunene Siljan, Bamle og Kragerø i Telemark

Tabell 3. Årsmiddelkonsentrasjon av SO₂ i tettsteder i 1995

Kommune	Material andel Prosent	SO ₂ - µg/m ³				Totalt
		Lang- transport	Region	Tettsted	Industri	
Halden	0.7	2.0	3.8	8.2	5.5	19.5
	0.3	2.0	3.8	8.2	0.0	14.0
Sarpsborg	0.6	2.0	3.8	13.0	37.2	56.0
	0.4	2.0	3.8	13.0	0.0	18.8
Fredrikstad		2.0	3.8	10.0	0.0	15.9
Moss	0.7	2.0	4.1	3.9	4.9	14.9
	0.3	2.0	4.2	3.9	0.0	10.1
Asker/Bærum		2.0	4.6	4.1	0.0	10.7
Lillestrøm/Strømmen		2.0	5.1	4.9	0.0	12.0
Oslo	0.4	2.0	5.1	18.0	0.0	25.1
	0.4	2.0	5.1	5.1	0.0	12.2
	0.2	2.0	5.1	2.6	0.0	9.7
Hamar	1	2.0	3.7	3.3	0.0	9.0
Kongsvinger	1	2.0	3.6	9.0	0.0	14.5
Lillehammer	1	2.0	3.6	3.6	0.0	9.2
Gjøvik	1	2.0	3.6	9.0	0.0	14.5
Drammen	0.7	2.0	5.0	20.6	0.0	27.6
	0.3	2.0	4.8	10.3	0.0	17.2
Kongsberg	1	2.0	3.3	7.5	0.0	12.8
Hønefoss	0.4	2.0	3.3	9.4	0.0	14.7
	0.6	2.0	3.4	4.7	0.0	10.1
Holmestrand	1	2.0	4.1	1.3	0.0	7.4
Horten	1	2.0	4.3	1.1	0.0	7.4
Tønsberg	1	2.0	4.2	2.2	0.0	8.4
Sandefjord	1	2.0	4.1	2.1	0.0	8.1
Larvik	0.4	2.0	4.5	1.9	3.9	12.3
	0.6	2.0	4.5	1.9	0.0	8.5
Porsgrunn	1	2.0	4.5	4.5	3.4	14.4
Skien	0.6	2.0	4.4	6.8	9.7	22.9
	0.4	2.0	4.2	6.8	0.0	13.0
Notodden	1	2.0	3.0	4.0	0.0	9.0
Arendal	1	2.0	1.1	2.7	0.0	5.7
Grimstad	1	2.0	1.1	2.6	0.0	5.5
Kristiansand	0.4	2.0	1.1	7.6	5.4	16.1
	0.6	2.0	1.1	7.6	0.0	10.7
Mandal	1	2.0	1.1	2.7	0.0	5.8
Farsund	1	2.0	1.1	1.0	0.0	4.0
Flekkefjord	1	2.0	0.9	1.0	0.0	3.9
Vennesla	1	2.0	0.9	6.0	0.0	8.9

Tabell 3 (forts.)

Kommune	Material- andel Prosent	SO ₂ - µg/m ³				Totalt
		Lang- transport	Region	Tettsted	Industri	
Eigersund	1	2.0	1.1	3.8	0.0	6.8
Sandnes	1	2.0	1.2	4.9	0.0	8.1
Stavanger	1	2.0	1.2	9.8	0.0	13.0
Haugesund	1	2.0	1.2	5.4	0.0	8.6
Karmøy	0.6	2.0	1.1	2.0	6.1	11.2
	0.4	2.0	1.1	0.0	0.0	3.1
Bergen	0.6	2.0	2.1	10.9	0.0	15.1
	0.4	2.0	2.2	4.9	0.0	9.0
Odda	1	2.0	1.1	3.3	9.8	16.2
Årdal	1	1.0	1.0	3.0	39.8	44.8
Molde	1	1.0	1.0	5.2	0.0	7.3
Kristiansund	1	1.0	1.1	4.9	0.0	7.0
Ålesund	1	1.0	1.1	5.0	0.0	7.1
Sunnalsøra	1	1.0	1.1	2.9	14.7	19.8
Trondheim	0.6	1.0	1.0	10.0	0.0	12.0
	0.4	1.0	1.0	6.7	0.0	8.7
Steinkjer	1	1.0	1.0	2.4	0.0	4.4
Namsos	1	1.0	1.0	2.3	0.0	4.3
Stjørdal	1	1.0	1.1	2.5	0.0	4.5
Levanger	1	1.0	1.2	2.9	0.0	5.1
Bodø	1	1.0	0.0	5.0	0.0	6.0
Narvik	1	1.0	0.0	2.8	0.0	3.8
Mosjøen	1	1.0	0.0	3.0	6.0	10.0
Mo i Rana	1	1.0	0.0	2.0	3.0	5.9
Harstad	1	1.0	0.0	5.2	0.0	6.2
Tromsø	1	1.0	0.0	9.9	0.0	10.9
Hammerfest	1	2.0	0.0	1.1	0.0	3.1
Sør-Varanger	0.5	22.0	0.0	1.2	6.0	29.1
	0.5	22.0	0.0	0.0	0.0	22.0

Tabell 4. Årsmiddelkonsentrasjoner av SO₂ for områder utenfor tettsteder med mer enn 6000 innbyggere. År 1995

Område	SO ₂ - µg/m ³				Totalt
	Langtran.	Region	Tettsted	Industri	
Kyst Østfold-Telemark ¹⁾	2.0	4.6	0.0	0.0	6.6
Innland Østlandet	2.0	2.9	0.0	0.0	4.9
Agder/Rogaland/Hordaland	2.0	1.1	0.0	0.0	3.1
Sogn/Møre/Trøndelag	1.0	1.1	0.0	0.0	2.1
Nordland/Troms	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Finnmark	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0

1) "Kyststrøk Østfold - Telemark" inkluderer:

- alle landkommuner i Østfold unntatt grensekommunene Øremark, Marker og Rømskog,
- alle landkommunene i Akershus unntatt Aurskog-Høland, Nes, Eidsvoll, Nannestad og Hurdal,
- Oslo,
- kyst/landkommuner i Buskerud: Øvre og Nedre Eiker, Lier, Røyken og Hurum,
- alle landkommuner i Vestfold,
- kyst/landkommune i Telemark: Siljan, Bamble og Kragerø.

Tabell 5. Årsmiddelkonsentrasjon av SO₂ i tettsteder i 2003

Kommune	Material andel Prosent	SO ₂ - µg/m ³				
		Lang- transport	Region	Tettsted	Industri	Totalt
Halden	0.7	2.0	3.8	8.2	5.4	19.5
	0.3	2.0	3.8	8.2	0.0	14.0
Sarpsborg	0.6	2.0	3.8	13.2	37.6	56.6
	0.4	2.0	3.9	13.2	0.0	19.1
Fredrikstad		2.0	4.0	10.4	0.0	16.4
Moss	0.7	2.0	4.3	4.2	5.2	15.6
	0.3	2.0	4.4	4.2	0.0	10.6
Asker/Bærum		2.0	5.0	4.4	0.0	11.4
Lillestrøm/Strømmen		2.0	5.6	5.4	0.0	12.9
Oslo	0.4	2.0	5.6	19.6	0.0	27.2
	0.4	2.0	5.5	5.6	0.0	13.1
	0.2	2.0	5.6	2.8	0.0	10.4
Hamar		2.0	3.9	3.5	0.0	9.4
Kongsvinger		2.0	3.7	2.9	0.0	8.7
Lillehammer		2.0	3.8	3.7	0.0	9.5
Gjøvik		2.0	3.7	9.8	0.0	15.5
Drammen	0.7	2.0	5.3	21.6	0.0	28.9
	0.3	2.0	5.1	10.8	0.0	17.9
Kongsberg		2.0	3.4	8.3	0.0	13.8
Hønefoss	0.4	2.0	3.4	9.3	0.0	14.7
	0.6	2.0	3.5	4.7	0.0	10.2
Holmestrand		2.0	4.4	1.3	0.0	7.7
Horten		2.0	4.5	1.1	0.0	7.6
Tønsberg		2.0	4.4	2.4	0.0	8.7
Sandefjord		2.0	4.2	2.1	0.0	8.4
Larvik	0.4	2.0	4.7	2.0	4.0	12.8
	0.6	2.0	4.9	2.0	0.0	8.9
Porsgrunn		2.0	4.8	5.1	3.8	15.7
Skien	0.6	2.0	4.7	6.9	9.8	23.4
	0.4	2.0	4.4	6.9	0.0	13.3
Notodden		2.0	3.0	4.0	0.0	9.0
Arendal		2.0	1.1	2.9	0.0	6.0
Grimstad		2.0	1.1	2.6	0.0	5.7
Kristiansand	0.4	2.0	1.1	8.2	5.9	17.2
	0.6	2.0	1.1	8.2	0.0	11.3
Mandal		2.0	1.1	2.9	0.0	6.0
Farsund		2.0	1.0	1.0	0.0	4.0
Flekkefjord		2.0	0.9	1.0	0.0	3.9
Vennesla		2.0	0.9	5.7	0.0	8.6

Tabell 5 (forts.)

Kommune	Material- andel Prosent	Lang- transport	SO ₂ - µg/m ³			Totalt
			Region	Tettsted	Industri	
Eigersund	1	2.0	1.1	3.8	0.0	6.9
Sandnes	1	2.0	1.3	5.3	0.0	8.5
Stavanger	1	2.0	1.3	10.8	0.0	14.0
Haugesund	1	2.0	1.3	5.9	0.0	9.1
Karmøy	0.6	2.0	1.2	2.1	6.3	11.6
	0.4	2.0	1.2	0.0	0.0	3.2
Bergen	0.6	2.0	2.2	11.6	0.0	15.8
	0.4	2.0	2.2	5.2	0.0	9.4
Odda	1	2.0	1.2	3.4	10.2	16.8
Årdal	1	1.0	1.0	3.1	40.7	45.8
Molde	1	1.0	1.1	5.6	0.0	7.7
Kristiansund	1	1.0	1.1	5.4	0.0	7.5
Ålesund	1	1.0	1.1	5.4	0.0	7.6
Sunnalsøra	1	1.0	1.1	2.9	14.7	19.8
Trondheim	0.6	1.0	1.1	10.5	0.0	12.5
	0.4	1.0	1.1	7.0	0.0	9.0
Steinkjer	1	1.0	1.0	2.5	0.0	4.6
Namsos	1	1.0	1.1	2.3	0.0	4.4
Stjørdal	1	1.0	1.1	2.8	0.0	4.9
Levanger	1	1.0	1.2	3.0	0.0	5.2
Bodø	1	1.0	0.0	5.3	0.0	6.3
Narvik	1	1.0	0.0	3.0	0.0	4.0
Mosjøen	1	1.0	0.0	3.0	6.0	10.0
Mo i Rana	1	1.0	0.0	2.0	3.0	6.0
Harstad	1	1.0	0.0	5.6	0.0	6.6
Tromsø	1	1.0	0.0	10.4	0.0	11.4
Hammerfest	1	2.0	0.0	1.1	0.0	3.1
Sør-Varanger	0.5	22.0	0.0	1.3	6.4	29.7
	0.5	22.0	0.0	0.0	0.0	22.0

Tabell 6. Årsmiddelkonsentrasjoner av SO₂ for områder utenfor tettsteder med mer enn 6000 innbyggere. År 2003

Område	SO ₂ - µg/m ³				
	Langtran.	Region	Tettsted	Industri	Totalt
Kyst Østfold-Telemark ¹⁾	2.0	4.9	0.0	0.0	6.9
Innland Østlandet	2.0	3.1	0.0	0.0	5.1
Agder/Rogaland/Hordaland	2.0	1.1	0.0	0.0	3.1
Sogn/Møre/Trøndelag	1.0	1.1	0.0	0.0	2.1
Nordland/Troms	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Finnmark	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0

1) "Kyststrøk Østfold - Telemark" inkluderer:

- alle landkommuner i Østfold unntatt grensekommunene Aremark, Marker og Rømskog,
- alle landkommunene i Akershus unntatt Aurskog-Høland, Nes, Eidsvoll, Nannestad og Hurdal,
- kommunene Øvre og Nedre Eiker, Lier, Røyken og Hurum i Buskerud,
- alle landkommuner i Vestfold,
- kommunene Siljan, Bamble og Kragerø i Telemark.

VEDLEGG 2: MATERIALMENGDE UTSATT FOR KORROSJON ELLER FORVITRING

De materialer som omfattes av denne analysen, er galvaniserte stålplater, profiler og ståltråd og malte stål-, tre- og murflater. Det foreligger ikke statistikk over beholdningen av disse materialene. Det totale arealet av slike materialer utsatt for utendørs korrosjon eller forvitring, må derfor beregnes. Beholdningen av eksponerte materialer er her beregnet dels ut fra statistikk for produksjon og utenrikshandel for sink og maling, dels fra anslag over gjennomsnittlig materialbruk pr. innbygger.

Vi har først beregnet de nasjonale beholdningene av galvanisert stål, malt stål og malt tre og mur slik det er beskrevet foran. Disse materialmengdene er videre fordelt på MSG-sektorer ved hjelp av bygningskapitaltall fra Nasjonalregnskapet. Sektortallene er igjen fordelt på kommuner ved bruk av ulike kommunefordelt statistikk, som brannforsikringsverdi av bygninger i industrien, antall boliger, jordbruksareal og antall sysselsatte i tjenesteytende næringer. Metoden atskiller seg fra tidligere beregninger ved at den ikke bare baserer seg på befolkningstall når materialbeholdningen fordeles på kommuner.

1. Nasjonale materialbeholdninger

1.1 Galvanisert stål

I Norge forbrukes det ca. 20 000 tonn sink pr. år i følge industri- og utenrikshandelstatistikken. Ca. 10 000 tonn av dette benyttes til galvanisering av stålprodukter. Resten av sinken brukes til støp-legering, messingproduksjon og anodeframstilling. Stålprodukter galvaniseres for å hindre eller redusere korrosjon av stålet/jernet.

Det skilles mellom tre ulike typer galvaniserte stålprodukter:

- Tynnplater
- Profilerte stålprodukter
- Ståltråd og stålnetting

Galvaniserte tynnplater brukes som tak- og veggmateriale, til balkonger, tetting av bygningsdetaljer mv. Vanlig tykkelse på sinklaget er 30 μm . Galvaniserte stålprofiler omfatter stålprodukter brukt til vindusrammer, takrenner, reisverk, broer, master og til andre bygningsdetaljer. Den gjennomsnittlige tykkelsen på sinklaget er anslått til 70 - 100 μm . Galvanisert ståltråd eller stålnetting brukes først og fremst til gjerder innen industri, landbruk og private husholdninger. Sinktykkelsen er som for tynnplater anslått til 30 μm .

I følge beregninger gjort av Nordisk Forsinkningsforening (NILU (1981)) brukes ca. 70 prosent av sinken til stålprofiler. Resten brukes til stålplater og til ståltråd/netting. En stor andel av de forsinkede produktene overmales eller eksponeres innendørs. I en undersøkelse fra OECD (1981) er mengdene av umalt og utendørs eksponert forsinket plate, profil og tråd anslått til å svare til henholdsvis 50 prosent, 75 prosent og 67 prosent av den totale mengden sink. På bakgrunn av disse anslagene fra OECD og Nordisk Forsinkningsforening har NILU (1981) beregnet totalarealet av forsinkede stålplater, profiler og ståltråd. Tabell 1 gir en oversikt over forutsetninger for og resultater av disse beregningene. Beregningene til NILU gir en total mengde forsinkede stålplater, profiler og ståltråd på henholdsvis 13, 44 og 30 m^2 pr. innbygger.

Tabell 1. Beregning av arealet av umalte utendørs eksponerte, forsinkede stålplater, stålprofiler og ståltråd

	A	B	C	D	Forsinket areal	
	Forbruk av sink	Egenvekt til sink	Tykkelse sinklag	Midlere levetid	Pr.år ¹	Beholdning ²
	tonn/år	g/cm ³	µm	år	Millioner m ²	
Tynnplater.....	750	7.1	30	15	3.5	53
Profiler	5000	7.1	80	20	8.8	176
Tråd/netting.....	1000	7.1	30	20	4.7	94

$$1) \frac{A}{B * C}$$

$$2) \frac{A}{B * C} * D$$

Kilde: NILU (1981).

Nyere undersøkelser tyder på at mengden umalte, ute-eksponerte galvaniserte stålplater og stålprofiler er betydelig mindre. Rapporten ERL (1987) har tatt utgangspunkt i en undersøkelse fra Storbritannia (Peters (1986)) og anslått mengden forsinkede plater og profiler til henholdsvis 5 og 4 m² pr. innbygger. Den store forskjellen mellom denne undersøkelsen og NILU's anslag kan skyldes at NILU har undervurdert mengden forsinkede plater og profiler som blir overmalt før eller like etter utsetting. Det synes imidlertid som om NILU har regnet med en langt kortere levetid enn i EF (1987), hvor en regner med at galvaniserte stålplater og stålprofiler har like lang levetid som bygningen ellers, dvs. 35 år. Til da antas det at materialet overmales i stedet for å skiftes ut.

I følge Central Statistical Office (1987) i Storbritannia har forbruket av sink til galvanisering vært ca. 80.000 tonn pr. år de siste 10 årene. Dette tilsvarer 1,4 kg sink pr. innbygger. I Norge er forbruket av sink til galvanisering 2,4 kg pr. innbygger, d.v.s. ca. 70 prosent høyere enn i Storbritannia. Vi har valgt å ta utgangspunkt i dataene fra Storbritannia og forhøye dem med 70 prosent, se tabell 2.

Forsinket ståltråd og netting blir sjelden overmalt hverken før eller etter oppsetting. NILU's anslag over forbruket av forsinket tråd pr. år synes derfor å være rimelige. Data fra industri- og utenrikshandelstatistikken kan også gi en indikasjon på forbruket av ståltråd i Norge. I løpet av de siste 15 årene har gjennomsnittlig produksjon, import og eksport av jern eller ståltråd med overdrag av metall vært henholdsvis 15.700, 4.800 og 2.100 tonn pr. år. Tar en ikke hensyn til lagerendringer, gir dette et forbruk på ca. 20.000 tonn tråd pr. år. Med en gjennomsnittlig tråddykkelse på 2,7 mm og en egenvekt for jern på 7,87 g/cm³ blir forbruket pr. år:

$$\frac{20.000 * 10^6 \text{ g} * 2}{7,87 \text{ g/cm}^3 * 1,35 \text{ mm}} = 3,8 \text{ millioner m}^2$$

NILU antar en gjennomsnittlig levetid på 20 år for forsinket tråd. Flettverksgjerder som er produsert de siste ti årene er tykkforsinket og levetiden kan i følge enkelte produsenter være det dobbelte av hva NILU antar. Vi antar her en gjennomsnittlig levetid på 35 år slik som for sinkbelagte plater og profiler. Tabell 4.2 gir en oversikt over beholdningen av galvaniserte plater, profiler og tråd.

Tabell 2. Beholdningen av ute-eksponert, forsinket stål. 1985

	m ² /innbygger	Millioner m ²
Stålplater	9	40
Stålprofiler	7	30
Ståltråd	31	130

1.2 Malt karbonstål

Forbruket av maling og lakkprodukter i Norge er anslått til ca. 80.000 tonn pr. år. I dette forbruket inngår en rekke forskjellige malingstyper med mange forskjellige egenskaper og bruksformål. Stål (også galvanisert) males dels for å hindre korrosjon, dels for hindre begroing (bunnstoff) og dels av andre funksjonelle eller dekorative årsaker. Anslag gjort av Jotun Fabrikker og Maling- og lakkfabrikkanternes forbund om salg av maling og lakkprodukter kan gi en viss indikasjon på fordelingen mellom de ulike bruksformål, se tabell 3.

Tabell 3. Salg av maling og lakkprodukter fra store produsenter, fordelt etter bruksformål

Maling av stål til utendørs bruk	
- På land	3 - 7 %
- På båter, oljeplattformer etc.	10 - 15 %
Bunnstoff	2 - 3 %
Tre og murmaling til utendørs bruk	
- Alkydmalinger	4 - 6 %
- Dekkbeiser	6 - 8 %
- Latexmalinger	4 - 6 %
Andre formål	60 - 65 %

Det går fram av tabellen at hovedandelen av utendørs malt stål finnes i den marine sektor: ca. 10 - 15 prosent. Andelen av malt stål på land er ca. 5 prosent. I OECD (1981) og EF (1987) er forbruket av maling til utendørs eksponert stål anslått til henholdsvis 15 og 5 prosent. EF's anslag stemmer godt overens med våre. Med bakgrunn i en andel på 5 prosent kan det totale arealet av malt stål beregnes ut fra følgende forutsetninger om gjennomsnittlige egenskaper ved malinglaget:

- Malingen er 0,1 mm tykt
- 67 prosent av malingen er fast tørrstoff med en egenvekt på 2 kg/dm³
- Levetid er ca. 10 år

Med et gjennomsnittlig forbruk av maling på 80.000 tonn/år de siste ti årene blir totalarealet av utendørs eksponert stål på land:

$$\frac{80.000 \text{ tonn/år} * 0,05 * 10 \text{ år}}{100 \mu\text{m} * 2 \text{ tonn/m}^3} = 130 \text{ millioner m}^2$$

som tilsvarer 32 m² malt stål pr. innbygger.

1.3. Malt tre og mur

Alle trehus og de fleste murhus males eller beises. Det totale arealet av slike malte flater kan beregnes på to måter med utgangspunkt i forbruket av maling. Tabell 4.4 gir en oversikt over forbruket av oljemaling, latexmaling og dekkbeis. Tabellen gir også anslag for arealet av malte flater gitt forutsetninger om spredeevne, levetid og antall malingstrøk.

Tabell 4. Beregning av arealet av malt tre og mur

	A Forbruk tonn	B Spredeevne m ² /kg	C Antall strøk	D Levetid år	Areal ¹ Mill. m ²
I alt	12 500	.	.	.	380
Alkydmaling	3 500	10	2	10	180
Latexmaling	3 500	7	2	10	120
Dekkbeis	5 500	6	2	5	80

¹ $A \cdot B \cdot D / C$

2. Materialbeholdningen fordelt på sektor og region

Både i NILU (1981) og EF (1987) er det forutsatt at fordelingen av materialer utsatt for korrosjon i de ulike regionene er proporsjonal med befolkningstallet. En slik metode vil trolig underestimere materialmengden i kommuner med forholdsvis mye industri. Ved å ta utgangspunkt i kommunefordelte data over bygningskapital, sysselsetting, antall boliger og jordbruksareal mv. kan materialmengden regionaliseres på en sikrere måte. For å kunne bruke regionale fordelingsnøkler basert på disse forskjellige kildene er det nødvendig å fordele materialmengden på hovednæringer. Videre er det et formål i seg selv å anslå næringsspesifikke materialkostnader.

2.1 Sektorfordeling

Modellen MSG-4E inneholder 33 produksjonssektorer. Det forutsettes her at materialbeholdningen fordeler seg på sektor i samme forhold som bygningskapitalen. Verdien av bygningskapital i 1985 for alle disse sektorene er hentet fra Nasjonalregnskapet.

En av produksjonssektorene er "Produksjon av boligjenester". Den inneholder bygningskapitaltall for private husholdninger og forretningsbygg som leies ut. Nasjonalregnskapet anslår bygningskapitalen i denne sektoren til 37 prosent av den totale bygningskapitalen. Byggarealstatistikken viser at 50-60 prosent av nybygget bruksareal de siste 35 årene er boliger. Boligkapitalen i Nasjonalregnskapet kan være underestimert ved at verdien av egeninnsats ikke inngår. Vi har valgt i denne sammenheng å anta at boligkapitalen utgjør 50 prosent av den total bygningskapitalen i Nasjonalregnskapet, se tabell 4.5. Verditalle for de øvrige næringene er beholdt uendret sokm fordelingsnøkler, det vil si at utleiebygg antas likt fordelt på alle produksjonssektorer.

Tabell 5. Bygningskapital etter sektor. 1985. Milliarder kr

	Nasjonal- regnskapet	Korrigert
I alt	1145.0	1443.3
11-Jordbruksprodukter	51.7	51.7
12-Skogbruksprodukter	4.7	4.7
13-Fisk mv.	0.9	0.9
31-Bergverksdrift	4.2	4.2
14-Nærings- og nytelsesmidler	15.3	15.3
18-Tekstil- og bekledningsvarer	1.8	1.8
26-Trevarer	5.6	5.6
34-Treforedlingsprodukter	5.2	5.2
37-Kjemiske råvarer	7.3	7.3
40-Raffinering av jordolje	2.0	2.0
27-Kjemiske og mineralske prod.	8.0	8.0
43-Metaller	11.1	11.1
45-Verkstedprodukter	12.4	12.4
50-Skip og oljeplattformer	7.2	7.2
28-Grafiske produkter	3.0	3.0
72-El-produksjon	65.3	65.3
73-El-distribusjon	49.1	49.1
55-Bygg og anlegg	4.8	4.8
81-Varehandel	0.0	0.0
64-Utv. og transp. olje og gass	9.0	9.0
68-Boring etter olje og gass	0.0	0.0
60-Transporttj. utenr. sjøfart	0.0	0.0
74-Transporttj. innenlands	57.5	57.5
82-Bank og forsikringstj.	18.0	18.0
83-Boligtjenester	423.4	0.0
85-Annen priv. tjenesteyt.	72.5	72.5
92S-Forsvar	0.0	0.0
93S-Undervisning og forskning	8.8	8.8
93K-Undervisning og forskning	3.9	3.9
94S-Helsetj mv.	93.7	93.7
94K-Helsetj mv.	56.1	56.1
95S-Annen off.tjenesteyting	31.1	31.1
95K-annen off.tjenesteyting	111.6	111.6
Private husholdninger	.	721.6

Ved sektorfordeling av galvanisert stålplater, profiler og tråd og malte stålplater har vi benyttet bygningskapitaltall fra tabell 5 for alle sektorer.

For malte og beisede tre- og murflater har vi benyttet en noe modifisert metode. Med utgangspunkt i data fra Folke og boligtellings-, byggarealstatistikken og landbrukstellingen har vi beregnet det totale veggarealet i bolig-, industri- og jordbrukssektoren og andre sektorer.

A. Veggarealet for boliger er beregnet til 130 millioner m², blant annet ved bruk av data fra Folke- og bolig telling 1980, se tabell 6.

B. Byggarealstatistikken gir data over golvflate i fullførte bygg utenom i landbruket. Tabell 7 viser det gjennomsnittlige golvarealet pr. år de siste 35 årene. Vi forutsetter at dette årlig gjennomsnittlige golvarealet fordeler seg mellom boliger, industri og andre sektorer på samme måte som det totale golvarealet. Videre er det antatt at forholdet mellom utvendig veggareal og golvarealet er som for blokkleiligheter, dvs. 40/70 ~ 0,6.

C. Veggarealet i jordbruket er knyttet til driftsbygninger. Landbrukstelingen 1979 oppgir en total grunnflate på 38 millioner m² fordelt på 165.000 gårdsbruk. Med gjennomsnittlig vegg høyde på 6 meter og 10 prosent vindusareal blir det totale veggarealet 1,5 m²/m² grunnflate, dvs. 60 millioner m².

Med utgangspunkt i den fordeling av veggareal mellom hovedsektorene som framkommer under pkt. A, B og C, har vi fordelt det totale arealet av malt tre/mur og beis fra tabell 4, på hovedsektorene landbruk, industri, andre sektorer og boliger. Alle beise flater er lagt til boligsektoren.

Den videre nedbrytningen på MSG-sektor er gjort ved bruk av dataene for bygningskapital fra tabell 5. Det endelige resultatet av sektorfordelingen er presentert i tabell 8.

Tabell 6. Beregning av utvendig veggareal på boliger

	Antall boliger	Areal pr. bolig		Areal i alt	
		golv ²	vegg ²	golv	vegg
	10 ³	m ²		10 ⁶ m ²	
I alt	1600	148	130
Eneboliger mm.	1000	100	100	100	100
Rekkehus mm.	250	90	60	23	15
Blokkleilighet mm.	350	70	40	25	15

1) Folke- og bolig telling 1980 oppdatert til 1985 vha. økning i befolkningstallet.

2) Anslått.

Tabell 7. Beregning av golvareal i ulike bygg utenom jordbruket

	Årlig byggareal, Middel siste 35 år		Golvareal i alt	Veggareal i alt
	1000 m ²	Prosent		
			10 ⁶ m ²	
I alt	5000	100	360	215
Boliger	3050	61	148	130
Industribygg	600	12	43	25
Andre bygg	1350	27	97	60

Tabell 8. Materialmengder utsatt for korrosjon, etter sektor. 1985. Millioner m²

	Galvaniserte			Malt stål	Malt tre/mur	Beiset tre
	Plater	Profiler	Tråd			
I alt	40.0	30.0	130.0	130.0	300.0	80.0
11-Jordbruksprodukter	1.4	1.1	4.7	4.7	59.5	-
12-Skogbruksprodukter	0.1	0.1	0.4	0.4	5.5	-
13-Fisk mv.	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	-
31-Bergverksdrift	0.1	0.1	0.4	0.4	1.5	-
14-Nærings- og nytelsesmidler	0.4	0.3	1.4	1.4	5.5	-
18-Tekstil- og bekledningsvarer	0.0	0.0	0.2	0.2	0.6	-
26-Trevarer	0.2	0.2	0.5	0.5	2.0	-
34-Treforedlingsprodukter	0.1	0.1	0.5	0.5	1.9	-
37-Kjemiske råvarer	0.2	0.2	0.7	0.7	2.6	-
40-Raffinering av jordolje	0.1	0.0	0.2	0.2	0.7	-
27-Kjemiske og mineralske prod.	0.2	0.2	0.7	0.7	2.9	-
43-Metaller	0.3	0.2	1.0	1.0	4.0	-
45-Verkstedsprodukter	0.3	0.3	1.1	1.1	4.5	-
50-Skip og oljeplattformer	0.2	0.1	0.6	0.6	2.6	-
28-Grafiske produkter	0.1	0.1	0.3	0.3	1.1	-
72-El-produksjon	1.8	1.4	5.9	5.9	7.3	-
73-El-distrib.	1.4	1.0	4.4	4.4	5.5	-
55-Bygg og anlegg	0.1	0.1	0.4	0.4	0.5	-
81-Varehandel	-	-	-	-	-	-
64-Utv. og transp. olje og gass	0.2	0.2	0.8	0.8	1.0	-
68-Boring etter olje og gass	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
60-Transporttj. utenr. sjøfart	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
74-Transporttj. innenlands	1.6	1.2	5.2	5.2	6.4	-
82-Bank og forsikringstj.	0.5	0.4	1.6	1.6	2.0	-
83-Boligtjenester	-	-	-	-	-	-
85-Annen priv. tjenesteyt.	2.0	1.5	6.5	6.5	8.1	-
92S-Forsvar	-	-	-	-	-	-
93S-Undervis. og forskn. stat	0.2	0.2	0.8	0.8	1.0	-
93K-Undervis. og forskn. kommune	0.1	0.1	0.4	0.4	0.4	-
94S-Helsetj mv. stat	2.6	1.9	8.4	8.4	10.5	-
94K-Helsetj mv. kommune	1.6	1.2	5.1	5.1	6.3	-
95S-Annen off.tjenest. stat	0.9	0.6	2.8	2.8	3.5	-
95K-Annen off.tjenest. kommune	3.1	2.3	10.0	10.0	12.5	-
Private husholdninger	20.0	15.0	65.0	65.0	140.0	80.0

2.2 Regionaliserte materialtall

Nasjonalregnskapet gir ikke tall på kommunenivå. Vi må derfor ta utgangspunkt i andre datakilder for å regionalisere materialbeholdningen. Industristatikken gir kommunefordelte tall for brannforsikringsverdi av bygningskapital for alle sektorer innen bergverk og industri. Vi har benyttet denne statistikken til å fordele materialmengden i tabell 8 på kommuner. For bygg- og anleggsvirksomhet, tjenesteyting, transport og varehandel har vi på tilsvarende måte benyttet kommunefordelte sysselsettingstall fra bedrift- og foretaksregisteret, statens sentrale tjenestemannsregister (SST) og skoleverksregisteret (STS og PAI). Materialmengden i jordbruket er

fordelt på kommuner ved hjelp av statistikk over jordbruksareal, mens vi har benyttet antall boliger i kommunene til å fordele materialmengden i private husholdninger.

I flere tettsteder/kommuner er utslippet dominert av en eller et lite antall store industribedrifter. Da vil konsentrasjonen ofte variere betydelig innen kommunene, slike kommuner er delt i 2 eller 3 soner hvor NILU både har anslått SO₂-konsentrasjon og andel av kommunens materialbeholdning i hver sone.

3. Materialmengde i 1995 og 2003

Materialbeholdningen vil endres over tid. For å kunne anslå utviklingen i bedrifters og husholdningers materialkostnader ved SO₂-forurensning, har vi framskrevet materialbeholdningen fra tabell 8 i takt med størrelsen på realkapitalen slik den utvikler seg i mellomalternativet fra Langtidsprogrammet 1986-89, se tabell 9. Det er benyttet samme vekstrate for alle de ulike materialtypene. Tabell 10 viser de framskrevne hovedtallene.

Tabell 9. Realkapital. Basisalternativet. Milliarder 1985-kroner

	1985	1995	2000	2003
I alt	1552.0	2076.0	2332.0	2493.0
11-Jordbruksprodukter	75.6	83.3	88.3	91.1
12-Skogbruksprodukter	6.5	10.5	13.2	14.5
13-Fisk mv.	5.9	8.2	9.1	9.5
31-Bergverksdrift	7.7	9.8	10.9	11.6
14-Nærings- og nytelsesmidler	27.2	36.6	41.1	43.7
18-Tekstil- og bekledningsvarer	3.9	3.3	2.8	2.5
26-Trevarer	10.7	15.3	19.9	22.2
34-Treforedlingsprod.	13.1	18.3	20.6	21.6
37-Kjemiske råvarer	14.8	18.0	19.7	20.5
40-Raffinering av jordolje	3.1	4.8	5.0	5.2
27-Kjemiske og mineralske prod.	16.3	24.1	29.5	32.3
43-Metaller	22.4	30.5	34.4	36.4
45-Verkstedsprodukter	24.0	57.3	76.6	89.6
50-Skip og oljeplattformer	11.1	16.0	20.8	23.8
28-Grafiske produkter	7.5	10.0	11.1	11.6
72-El-produksjon	79.6	95.6	107.1	112.9
73-El-distrib.	59.8	63.4	68.2	71.4
55-Bygg og anlegg	12.0	20.8	27.2	29.9
81-Varehandel	20.4	32.0	37.5	40.9
64-Utv. og transp. olje og gass	141.0	202.7	202.1	201.8
68-Boring etter olje og gass	9.7	9.0	8.9	8.9
60-Transporttj. utenr. sjøfart	39.9	30.0	29.7	30.0
74-Transporttj. innenlands	89.8	137.1	154.1	164.0
82-Bank og forsikringstj.	22.8	43.9	54.1	59.8
83-Boligtjenester	423.3	520.5	571.5	610.1
85-Annen priv. tjenesteyt.	83.1	141.3	171.3	190.0
92S-Forsvar	0.0	0.0	0.0	0.0
93S-Undervis. og forsk. stat	10.9	14.1	16.7	18.6
93K-Undervis. og forsk. kommune	60.4	68.9	77.0	83.0
94S-Helsetj mv. stat	4.4	4.0	3.9	3.9
94K-Helsetj mv. kommune	33.4	55.0	68.2	76.6
95S-Annen off.tjenest. stat	97.2	139.1	160.3	173.0
95K-Annen off.tjenest. kommune	114.6	152.2	171.0	182.2

Tabell 10. Materialmengde av galvanisert og malt stål, malt/beiset tre. 1985, 1995 og 2003. Millioner m²

	Plater	Profiler	Tråd	Malt stål	Malt tre	Beis	I alt
1985	40.0	30.0	130.0	130.0	300.0	80.0	710.0
1995	51.7	38.8	168.1	168.1	380.8	98.4	905.8
2003	62.5	46.8	203.0	203.0	455.5	115.3	1086.0

VEDLEGG 3: ENDRING AV KAPITALPRISER I MSG-SEKTORER

Den generelle likningen for brukerpris på realkapital (P_{Kj}) i MSG-4E er

$$(1) \quad P_{Kj} = \sum k_{ij} (d_{ij} + R_j) P_{Ji}$$

i = kapitalart ($i=1, \dots, 5$)
 j = produksjonssektor ($j=1, \dots, 33$)

P_{Kj} = brukerpris på kapital, sektor j
 P_{Ji} = pris på investeringsvare, kapitalart i
 d_{ij} = depresieringsrate, kapitalart i , sektor j
 k_{ij} = andel av kapitalart i , sektor j
 R_j = kapitalavkastningsrate, sektor j

En av kapitalartene er bygningskapital (boliger, driftsbygg og anlegg). I denne beregningen skal korrosjonskostnadene trekkes ut ved å justere det leddet i kapitalkostnadslikningen som representerer bygningskapital.

I selve modellen er priser normalisert i basisåret, slik at korrosjonskostnadene ikke kan trekkes ut direkte. Fra datagrunnlaget (nasjonalregnskapstall) til modellen kan en imidlertid finne oppgaver over verdi av kapitalbeholdningen av hver kapitalart i hver sektor. De årlige bygningskapitalkostnadene kan dermed beregnes som avkastning og depresiering av denne kapitalen:

$$(2) \quad (d_{B1j} + R_j) * K_{B1j}$$

K_{B1j} = verdi av bygningskapitalkostnader i 1985-kroner (nasjonalregnskapstall)

Korrosjonskostnadene trekkes fra denne størrelsen, og en faktor (KR_j) for å justere bidraget til den generelle kapitalprisen fra bygningskapitalkostnadene beregnes:

$$(3) \quad KR_j = \frac{(d_{B1j} + R_j)K_{B1j} - KO_j}{(d_{B1j} + R_j)K_{B1j}}$$

Det leddet i den generelle likningen for kapitalpris i en sektor som gjenspeiler kostnader ved bygninger, multipliseres så med KR_j . Dermed gjenstår den delen av kapitalkostnaden som ikke har sammenheng med korrosjonsskaden ved SO_2 -forurensning.

$$(4) \quad P_{Kj}^{ny} = K_{B1j} (d_{B1j} + R_j) P_{JB1} * KR_j + \sum k_{ij} (d_{ij} + R_j) P_{Ji}$$

(i = kapitalart utenom bygninger)

UTKOMMET I SERIEN RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ ETTER 1. JANUAR 1988 (RAPP)

Issued in the series Reports from the Central Bureau of Statistics since 1 January 1988 (REP)

ISSN 0332-8422

- 87/11 Four Papers on the Theory of Unemployment/Fritz C. Holte. 1988-149s. (RAPP; 87/11) 50 kr
ISBN 82-537-2508-6
- 87/22 Friluftsliv og helse/Tiril Vogt. 1987-76s. 40 kr ISBN 82-537-2562-0
- 87/23 Prisdannelse på importvarer En MODAG-rapport/Nils Henrik Mørch von der Fehr. 1988-67s.
40 kr ISBN 82-537-2569-8
- 88/1 Naturressurser og miljø 1987 Energi, petroleumsøkonomi, mineraler, fisk, skog,
jordbruksareal, vann, luft, globale luftforurensninger, miljøverninvesteringer
Ressursregnskap og analyse. 1988-145s. (RAPP; 88/1) 45 kr ISBN 82-537-2623-6
- 88/2 NORDHAND Et modellsystem for de nordiske land/Paal Sand og Gunnar Sollie. 1988-68s.
40 kr ISBN 82-537-2570-1
- 88/3 Hovedtrekk ved den økonomiske og demografiske utviklingen i fylkene etter 1960/Tor
Skoglund, Erik Stordahl og Knut Ø. Sørensen. 1988-81s. 40 kr ISBN 82-537-2572-8
- 88/4 Kohort- og periodefruktbarhet i Norge 1845 - 1985 Cohort and Period Fertility for
Norway/Helge Brunborg. 1988-135s. 45 kr ISBN 82-537-2573-6
- 88/5 Yrkesdeltakelse for personer over aldersgrensen En log-lineær analyse/Grete Dahl
1988-38s. (RAPP; 88/5) 30 kr ISBN 82-537-2593-0
- 88/6 Skilsmisser i Norge 1965-1985 En demografisk analyse/Øystein Kravdal og Turid Noack.
1988-147s. 45 kr ISBN 82-537-2587-6
- 88/7 Oljeinvesteringer og norsk økonomi i 1987-95/Ingvild Svendsen. 1988-88s. 40 kr
ISBN 82-537-2596-5
- 88/8 Hvem reiser ikke på ferie? En analyse av ikke-reisende i Norge, Sverige, Danmark og
Finland Who Spends their Holiday at Home? An Analysis on Non-Travellers in Norway,
Sweden, Denmark and Finland/Ragni Hege Kitterød. 1988-47s. (RAPP; 88/8) 40 kr
ISBN 82-537-2597-3
- 88/9 Radiolytting og fjernsynsseing vinteren 1988 Landsoversikt for programdagene 30. januar -
5. februar/Gustav Haraldsen. 1988-91s. (RAPP; 88/9) 40 kr ISBN 82-537-2653-8
- 88/10 Radiolytting og fjernsynsseing vinteren 1988 Fylkesoversikt for programdagene 30. januar -
5. februar/Gustav Haraldsen. 1988-168s. (RAPP; 88/10) 50 kr ISBN 82-537-2654-6
- 88/12 Statistisk Sentralbyrå Langtidsprogram 1987-1990. 1988-55s. (RAPP; 88/12) 40 kr
ISBN 82-537-2655-4
- 88/13 Skatter og overføringer til private Historisk oversikt over satser mv. Årene 1970-1988.
1988-64s. (RAPP; 88/13) 40 kr ISBN 82-537-2656-2
- 88/14 Drifts- og yrkesstrukturen i jordbruket i 1985/86/Berit Bjørlo, Audun Loen og Elin Ouren.
1988-56s. (RAPP; 88/14) 40 kr ISBN 82-537-2669-4
- 88/17 Modeller for beregning av nasjonale og regionale utslipp til luft/Odd Kristian Selboe.
1988-139s. (RAPP; 88/17) 45 kr ISBN 82-537-2682-1
- 88/18 Kommentarer til standard for inndeling etter sosioøkonomisk status/Dag Album. 1988-49s.
(RAPP; 88/18) 40 kr ISBN 82-537-2679-1

- 88/19 Verdsetting av skog Estimering av hjelpefunksjoner basert på data fra flybilder og økonomisk kartverk/Erik Næsset. 1988-133s. (RAPP; 88/19) 45 kr
ISBN 82-537-2705-4
- 88/20 Skatter og overføringer til private Historisk oversikt over satser mv. Årene 1970-1988. Revidert utgave. 1988-64s. (RAPP; 88/20) 40 kr ISBN 82-537-2685-6
- 88/21 Barnetall i ekteskap. 1988-39s. (RAPP; 88/21) 30 kr ISBN 82-537-2689-9
- 88/23 Helse og livsstil i figurer og tekst Utviklingstrekk 1975-1985/Liv Grøtvedt og Otto Carlson. 1988-44s. (RAPP; 88/23) 30 kr ISBN 82-537-2686-4
- 88/24 Aktuelle skattetall 1988 Current Tax Data. 1988-42s. (RAPP; 88/24) 30 kr
ISBN 82-537-2688-0
- 88/25 Merarbeid Om arbeid utover ordinær arbeidstid/Anne Lise Ellingsæter. 1988-32 s.
(RAPP; 88/25) 30 kr ISBN 82-537-2692-9
- 88/26 Radiolytting og fjernsynsseing Høsten 1988 Fylkesoversikt for programdagene 1.-7. oktober/
Gustav Haraldsen og Odd Frank Vaage. 1988-130s. (RAPP; 88/26) 50 kr ISBN 82-537-2699-6
- 88/27 Radiolytting og fjernsynsseing Høsten 1988 Landsoversikt for programdagene 1.-7. oktober/
Gustav Haraldsen og Odd Frank Vaage. 1988-85s. (RAPP; 88/27) 40 kr ISBN 82-537-2700-3
- 88/29 Kommunehelsetjenesten Årsstatistikk for 1987. 1988-67s. (RAPP; 88/29) 40 kr
ISBN 82-537-2698-8
- 88/30 Regionale nærings- og arbeidsmarkedspektiver/Tor Skoglund og Knut Ø. Sørensen.
1988-66s. (RAPP; 88/30) 40 kr ISBN 82-537-2701-1



Pris kr 40,00

Publikasjonen utgis i kommisjon hos H. Aschehoug & Co. og
Universitetsforlaget, Oslo, og er til salgs hos alle bokhandlere.

ISBN 82-537-2727-5
ISSN 0332-8422