

NILU : TR 10/95
REFERANSE : E-94002
DATO : SEPTEMBER 1995
ISBN : 82-425-0707-4

Miljøvirkninger på bygningmassen og den materielle kulturarv

**Resultater fra NILUs
instituttprogram
1991-93**

Jan F. Henriksen



Norsk institutt for luftforskning
Norwegian Institute for Air Research
Postboks 100 - N-2007 Kjeller - Norway

Innhold

	Side
Sammendrag	3
1. Innledning	5
2. Valg av fagområder	5
3. Prosjekter med støtte fra instituttprogrammet - Bakgrunn, mål og resultater.....	7
3.1 O-90004 “Renovering av steinmaterialer i Nidarosdomen”	7
3.1.1 Bakgrunn	7
3.1.2 Målsetting	7
3.1.3 Resultater	7
3.2 U-90093 - “Tørravsetning på kalkholdig stein”	8
3.2.1 Bakgrunn	8
3.2.2 Målsetting	10
3.2.3 Resultater	10
3.3 N-90040 “EUROCARE DATA”	12
3.3.1 Bakgrunn	12
3.3.2 Målsetting	12
3.3.3 Resultater	12
3.4 O-1414 “Vernebygg Hamar domkirkeruin”	13
3.4.1 Bakgrunn	13
3.4.2 Målsetting	13
3.4.3 Resultater	13
3.5 O-90041/O-92052 EU 455 “PROWOOD”	13
3.5.1 Bakgrunn	13
3.5.2 Målsetting	15
3.5.3 Resultater	15
3.6 O-91023 EU 615 “WETCORR”	16
3.6.1 Bakgrunn	16
3.6.2 Målsetting	17
3.6.3 Resultater	17
3.7 E-9105 “Vigelandsparken”	17
3.7.1 Bakgrunn	17
3.7.2 Målsetting	20
3.7.3 Resultater	20
3.8 O-92009 “STEP - WETCORR”	20
3.8.1 Bakgrunn	20
3.8.2 Målsetting	20
3.8.3 Resultater	21
3.9 O-92099 EU 791 “EUROLIME”	21
3.9.1 Bakgrunn	21
3.9.2 Målsetting	21
3.9.3 Resultater	21
3.10 O-92051 “Passive prøvetakere”	22

3.10.1 Bakgrunn.....	22
3.10.2 Målsetting.....	23
3.10.3 Resultater	23
3.11 E-92025 “Dose-effekt sammenhenger”	26
4. Faglig utbytte av instituttprogrammets satsing på material- studier	26
4.1 Bakgrunn for valg av forskningsområder	26
4.2 Metoder for måling av mikromiljøet.....	26
4.3 Trematerialer	27
4.4 Stein og puss	27
4.5 Informasjonsdatabase	27
4.6 Dose-effekt sammenhenger.....	28
4.7 Andre prosjekter	28
5. Konklusjoner	28
6. Referanser.....	29

Sammendrag

I perioden 1991-93 har en betydelig del av NILUs instituttprogrammets midler blitt anvendt på feltet "Miljøvirkninger på bygningsmasser og den materielle kulturarv". I perioden har 11 prosjekter ved NILU blitt helt eller delvis finansiert fra instituttprogrammet. I denne rapporten har en søkt å dokumentere det faglige utbyttet av satsingen, hvor resultatene fra de ulike prosjektene blir sett i en større sammenheng og hvorledes resultatene i de ulike prosjektene har hatt gjensidig nytte av hverandre.

Metoder for miljømålinger har vært det største og viktigste satsingsområdet og dette har medført at vi i dag har nye og bedre metoder og måleutstyr til bruk for bestemmelse av miljøets betydning for nedbrytning av materialer enn tidligere. Økte materialkunnskaper er oppnådd på materialer som tre, puss og stein. Dessuten har en fått større forståelse for betydningen av arkitektoniske og tekniske løsnings innvirkning på konstruksjonenes levetid.

Informasjonsdatabasers og modellberegningers betydning for et bedre vedlikehold og en bedre forståelse av materialenes nedbrytning er et annet felt hvor en nå er kommet et stykke lenger i arbeidet med et system som vil være til stor hjelp for vedlikehold av vår kulturarv i fremtiden.

Miljøvirkninger på bygningsmassen og den materielle kulturarv

Resultater fra NILUs instituttprogram 1991-93

1. Innledning

I perioden 1991-93 har en betydelig del av NILUs instituttprogram vært øremerket studier på feltet "Miljøvirkninger på bygningsmassen og den materielle kulturarv". Fagfeltet er meget omfattende, og valgte en å fordele midlene på områder hvor NILU hadde spesiell interesse og kompetanse. Andre kriterier har vært at problemet skal ha nasjonal eller internasjonal interesse, samt at det på sikt skulle gi oppdragsprosjekter ved NILU. Totalt har det i perioden vært 11 prosjekter ved NILU som har fått hel eller delvis støtte.

Flere av disse prosjektene har hatt problemområder hvor bevilgningene til et prosjekt har vært til nytte for konklusjonene i andre prosjekter. Den totale nytten av instituttprogrammet vil derfor ikke bli dokumentert ved prosjektvis rapportering. NILU har derfor ønsket å dokumentere bruken av bevilgningene i en egen rapport hvor alle resultatene kan sees i en større sammenheng.

2. Valg av fagområder

NILU har helt fra midten av 70-årene hatt en betydelig aktivitet innen materialforskning og materialenes nedbrytning under ulike miljøforhold. Med NILUs store kompetanse på miljømålinger har undersøkelser av betydningen av de ulike miljøfaktorer vært et hovedsatsingsområde, mens deler av materialforskningen har vært gjennomført i et nært samarbeid med andre institutter med spisskompetanse på materialsiden. Utvikling av metoder for miljømålinger og effekten av belastning har derfor vært naturlige satsingsområder i flere av prosjektene.

Bygninger og monumenter er en vesentlig del av vår kulturarv hvor de viktigste materialene er tre, stein med og uten kalkpuss og bronse. Disse materialene har det derfor vært naturlig å inkludere ved valg av forskningsområder som skulle finansieres via instituttprogrammet.

Sammenhengen mellom miljøbelastningen og den effekt den har på materialene (dose-respons) er viktig informasjon for våre miljømyndigheter. For å utvikle de beste dose-responsfunksjonene for denne aktiviteten kreves det en betydelig mengde med data innsamlet og lagret på en systematisk måte. Noe av midlene i programmet ble avsatt til denne type arbeid.

I tabell 1 er det gitt en oversikt over de prosjekter som har fått støtte og en skjematisk oversikt over de fagområder som innbefattes i prosjektene.

Tabell 1: Oversikt for fagområder som innbefattes i prosjektene.

Data-baser	Dose-respons	Miljø-målinger	Maling beskyttelse	Tre ned-brytning	Metall nedbrytning	Stein + puss forvitring	Prosjekt nr. og navn	Instituttprogrambevilgninger (kr)				Totalt
								1991	1992	1993		
	X	X				X	O-90004 "Renovering av stein materialer i Nidarosdomen"	350				350
	X	X				X	U-90093 "Tørravsetning på kalkholdig stein"		250	200		450
X	X	X	X		X	X	N-90040 "EUROCARE DATA"	250	190			440
		X				X	O-1414 "Vernebygg Hamar domkirkeruin"	250				250
X	X	X		X			O-90041/O-92052 "PROWOOD"	250	200	100		550
X		X					O-91023 "WETCORR-instrument"	250	290	270		810
		X			X		E-91052 "Vigelandsparken"	150				150
		X				X	O-92009 "STEP-WETCORR"			50		50
	X	X				X	O-92099 "EUROLIME"			140		140
		X					E-92051 "Passive prøvetakere"		270	100		370
	X						E-92025 "Dose-effekt sammenhenger"			210		210
							TOTALT	1500	1200	1070		3770

3. Prosjekter med støtte fra instituttprogrammet - Bakgrunn, mål og resultater

3.1 O-90004 "Renovering av steinmaterialer i Nidarosdomen"

3.1.1 Bakgrunn

Blant de viktigste bygninger i vår kulturarv finner en foruten våre stavkirker av tre, også en del monumentale bygninger i stein. Bygningene er ofte bygget i lett tilgjengelige og lett bearbeidbare steinmaterialer i byggets første byggeperiode. Ved senere restaureringer og tilbygg har en holdt seg til samme steintyper selv om en ofte måtte ta materialer fra nyere steinbrudd i andre deler av landet.

Nidaros domkirke, bygd i kleberstein, er en viktig representant for disse typer monumentalbygg, hvor materialene gjennom tiden har vært tatt fra et stort antall steinbrudd. Ved inspeksjon kan en tydelig se at steinene forvitrer, og at det kan være meget stor forskjell på tilstandene til steinmaterialene, både fra sted til sted i bygningen og fra den ene klebersteinstypen til den andre. For Nidaros domkirkes Restaureringsarbeider har det derfor vært et stort behov for å få økte kunnskaper om kvalitetsforskjellen mellom kleberstein fra ulike steinbrudd, samtidig som en ønsket bedre kunnskaper om den ytre belastning på bygningen. Det ble derfor etablert et samarbeidsprosjekt mellom Nidaros domkirkes Restaureringsarbeider som ansvarlig myndig og SINTEF avdeling Bergteknikk som materialspecialist, samt NILU med sin miljøkompetanse. For NILUs del har prosjektet vært støttet finansielt fra NAVF/FOK-programmet og fra NILUs instituttprogram.

3.1.2 Målsetting

Prosjektet skal øke kunnskapene om nedbrytningsprosessene som finner sted på Nidarosdomen og andre steinbygninger, slik at ansvarlige myndigheter kan bevare slike kulturhistoriske bygninger på en mer betryggende måte. En viktig del av kompetanseoppbyggingen er å få bedre metoder for å måle den lokale belastningen på steinfasaden, og å få bedre analysemetoder for å bestemme steinens kvalitet.

NILUs oppgave har vært å utvikle målemetoder for den lokale ytre belastning, mens SINTEF avdeling Bergteknikk har stått for vurderingen av steinmaterialet.

3.1.3 Resultater

Undersøkelsene ble gjennomført i perioden juli 1990-juni 1991. Ved siden av å registrere den ytre påvirkningen med tradisjonelle målinger av nedbørmengde, nedbørkvalitet, temperatur, relativ fuktighet og SO₂- og NO₂-konsentrasjonen i luft, så ble den lokale belastningen i mikromiljøet bestemt ved hjelp av avsetningsmålere utviklet ved NILU.

Resultatene viser at for å forstå den reelle nedbrytningen, så må den helt lokale belastningen på konstruksjonen registreres. De tradisjonelle miljømålingene fra overvåkningsprogrammene gir primært indikasjoner om områdets potensielle risiko, men målingene må suppleres med målinger i mikromiljøet på bygget for å få en mer komplett forståelse av prosessene som opptrer. På Nidarosdomen målte vi korrosjonshastigheter på stålplater som en referanse for den totale belastningen

på de ulike flatene. Metoden er velprøvd og anbefales i flere internasjonale standarder som referanseprøver ved måling av miljøets korrosivitet (ISO 9223 og ISO/DIS 12944-2). For å forstå hvilke parametre som var dominerende på de ulike detaljene, ble det benyttet følgende NILU-konstruerte prøvetakere:

- Tørravsetningsprøvetakere for partikler og gass (figur 1a).
- Avrenningsprøvetaker for vann som renner på veggen (figur 1b).
- Sensorer til måling av den lokale fuktbelastningen (våttid) og temperatur i mikromiljøet på fasaden (se prosjekt O-91023 og N-92009 WETCORR).

Ved hjelp av disse målingene ble det dokumentert at både belastningen og mekanismen for nedbrytninger var svært forskjellig på de ulike fasadene, fra mye slagregn, høy vindbelastning og mye avvasking på vestsiden til utelukkende tørravsetning på østveggen, uten regn, men med effekt av relativ fuktighet. Våttidsensorene som var passert på nordfasaden viste at lokale avrenningsforhold gav store forskjeller i fuktbelastningen på samme fasade innenfor en meters avstand mellom målepunktene.

De lokale depositions- og fuktmålingene har gitt en økt forståelse for nedbrytningens kompleksitet og viktigheten av å måle det reelle mikromiljø. Dette har medvirket til mer mekanismerettede studier i andre prosjekter og prosjektplaner. Eksempelvis har NILU i EURO CARE-prosjektet, WET DRY-DEP EU 640, vært med på tilsvarende målinger på bygninger som Stockholm Slott og St. Vituskatedralen i Praha. Likeledes er slike målinger inkludert i prosjektforslaget WOOD-ASSESS, som vil bli støttet økonomisk fra EU - Environment and Climate Programmet for 1996-97.

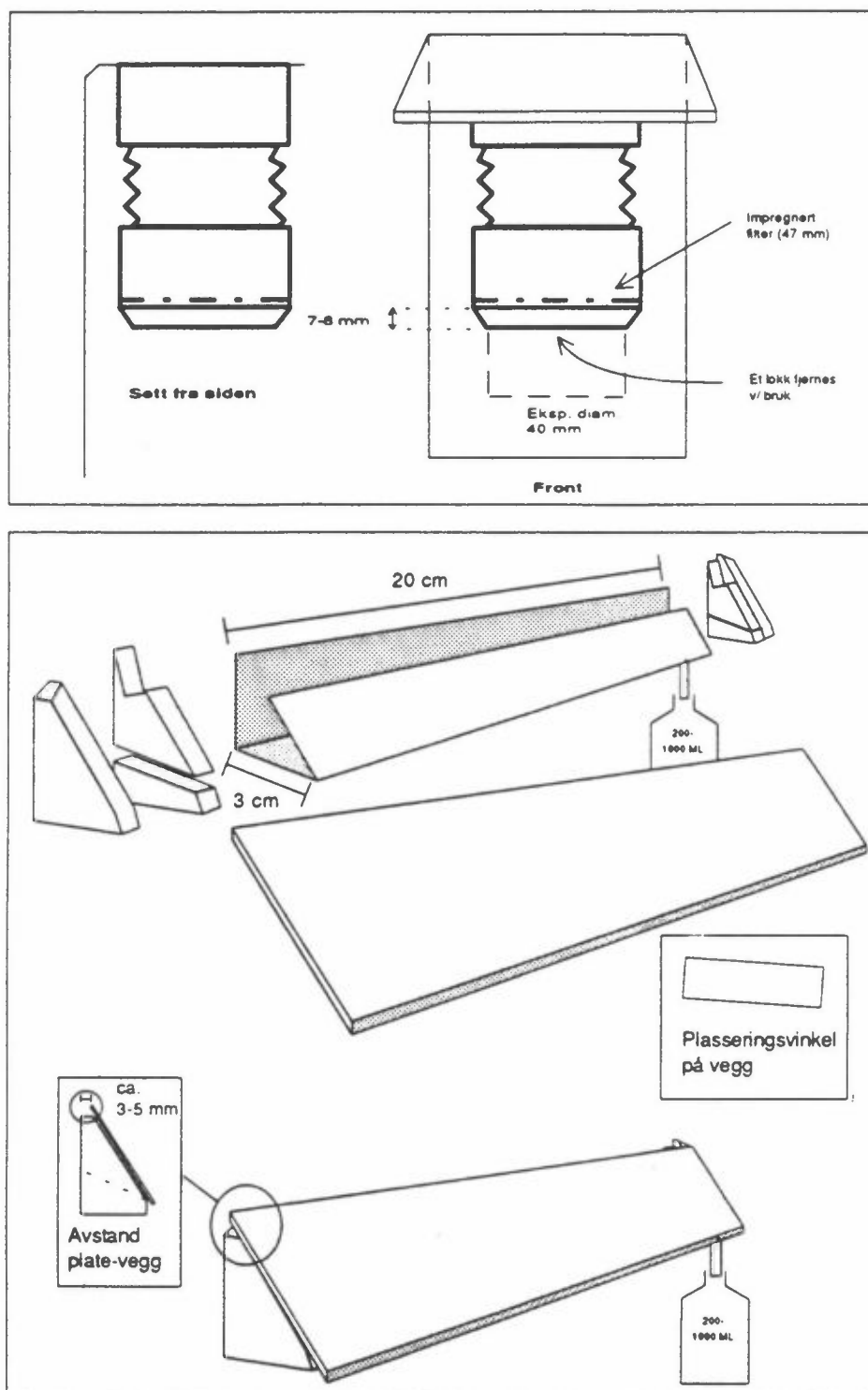
På Nidarosdomen var hovedkonklusjonen at luftforurensningsbidraget i dag er lite, men at forholdene omkring bygninger sannsynligvis var dårligere i den perioden hvor kirken ble oppvarmet fra et eget fyringsanlegg med bruk av fyringsolje med høyere svovelinnhold. De problemer en ser i dag skyldes en kombinasjon av klimatiske forhold, lite slitesterk og til dels dårlig steinkvalitet, samt en del uheldige bygningsmessige konstruksjonsdetaljer.

3.2 U-90093 - "Tørravsetning på kalkholdig stein"

3.2.1 Bakgrunn

Stein nedbrytes både på grunn av våt- og tørravsetningers virkning på overflaten. Selv i Norge er tørravsetning av stor betydning. Mange deler av en fasade eller et monument er skjernet for regn, og tørravsetninger kan da reagere og danne skorper som flaker av ("black crust").

I perioden 1992-1994 deltok NILU i et EU-prosjekt som hadde som mål å studere mekanismene ved denne prosessen, STEP-CT90-1108 "Physicochemical parameters, including pollutants interaction affecting the rates of dry deposition on stone surfaces". Prosjektet var et samarbeidsprosjekt mellom Universitetet i Patras, Hellas, to italienske institutter i Roma og Venezia, Universitetet i Göteborg og NILU.



Figur 1: Figuren viser forenklete skisser av prøvetakere for avrenning og tørravsetning.

I Norge var prosjektet dessuten en del av et samarbeid mellom NBI, NGU, SINTEF Bergteknikk, NGI, SINTEF Arkitektur og Byggteknikk og NILU. Disse instituttene har etablert et forskningssamarbeid på området naturstein til støtte for norsk steinindustri. Samarbeidsorganet har fått navnet STEINFORSK, Norsk Forskningscenter for naturstein. Innen dette samarbeidet var det behov for å utvikle en laboratoriebasert miljøtest for norske steinmaterialer.

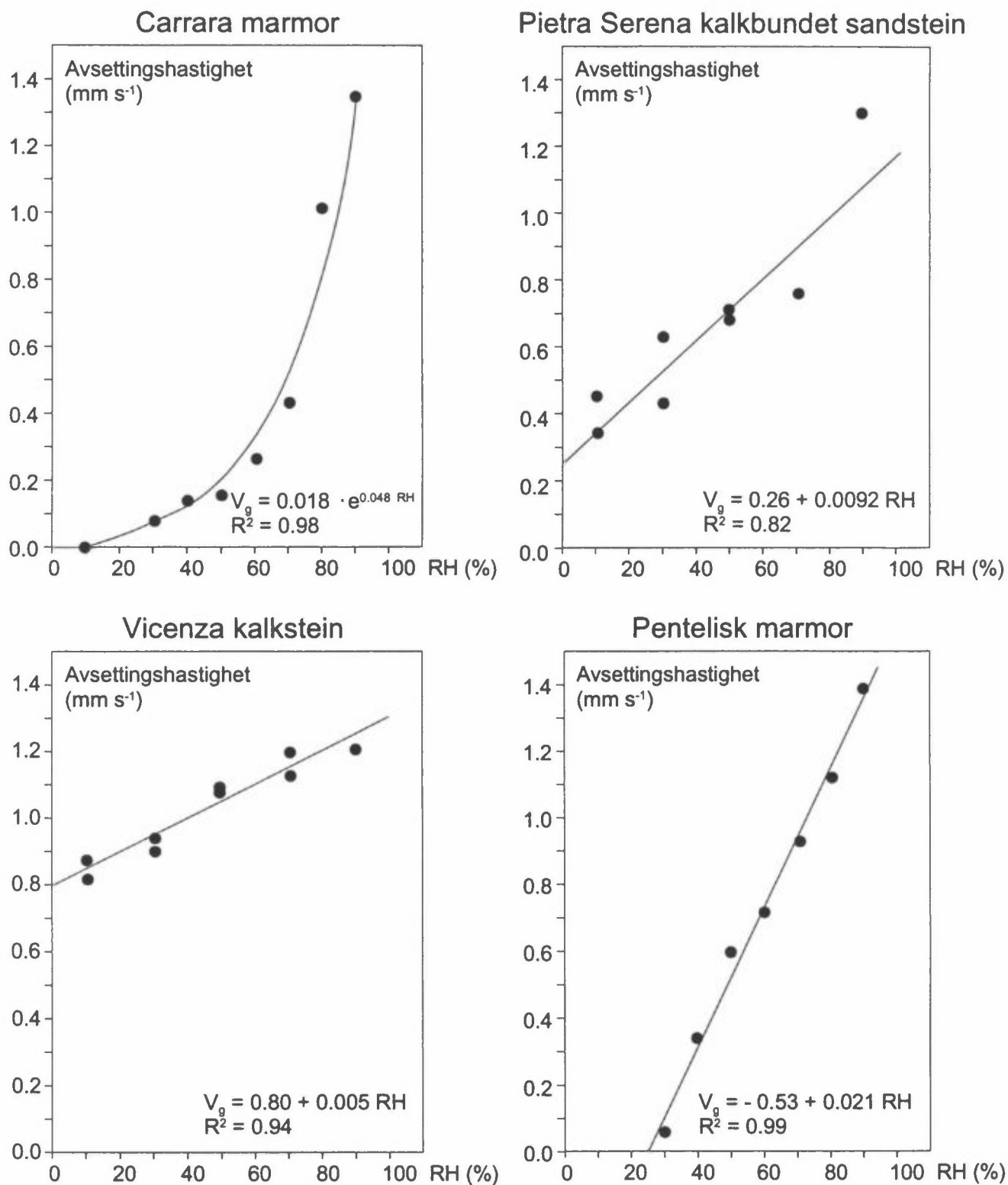
3.2.2 Målsetting

Målsettingen med NILUs forskning under prosjekt U-90093 var å utvikle en korttids laboratorietest for norsk steinindustri for å teste steinmaterialets følsomhet ovenfor SO₂ (SO₂-følsomhetstest), dessuten skulle NILU studere virkningen av gassblandinger av SO₂ og NO₂ i laboratorietester ved ulike relative fuktigheter, samt å bestemme den tilsvarende effekten på stein ute på feltstasjoner i en prøveoppstilling skjermet for regn.

3.2.3 Resultater

Det er utviklet en enkel 3 dagers laboratorietest for steinmaterialers følsomhet ovenfor SO₂, hvor følsomheten ble bestemt ved å måle adsorbert mengde SO₂ på steinene gjennom testperioden. Testens nytteverdi øker etter hvert som flere steinmaterialer blir testet. Til nå er 26 steintyper testet. Pentelisk marmor fra Hellas er benyttet som et referansepunkt i testen, og alle steintypene blir sammenlignet med den. Pentelisk marmor er valgt som referanse siden den er kjent over hele Europa, og den vil derfor være lett å anvende som en referanse for Norsk Steinindustri ved salg av stein til forurensede områder i Europa. Av norsk stein med lavest følsomhet for SO₂ finner vi Larvikitt og enkelte av klebersteinstyper fra Nidarosdomen (15% adsorbert mengde SO₂ av pentelisk marmor). Kleberstein fra Grytdalen som en har store problemer med på Nidarosdomen, viser derimot en følsomhet på 70% av pentelisk marmor. Av de norske steinene vi har testet har Grytdalstein den høyest SO₂-følsomhet.

De mer mekanismerettede studiene i STEP-prosjektet viser at NO₂ kombinert med SO₂ gir en dramatisk økning av SO₂'s aggressivitet overfor kalkholdig stein. For to typer marmor, Pentelisk og Carrara, er økningen 100% ved 90% RH. For Vicenza kalkstein og en kalsittbundet sandstein er effekten lavere, ca. 20%. For disse steintypene er imidlertid effekten av fuktighet tilstede selv ved meget lave fuktigheter <10% RH, mens angrepet på marmor avtar raskere med synkende relativ fuktighet (se figur 2). Resultatene fra feltundersøkelsene viser at det ytre miljø er mer aggressivt og mer komplekst enn miljøet i klimaskapet. Avsetningshastigheten øker med en faktor 10 eller mer i et industrimiljø som Borregaard og noe mindre i Oslo sammenlignet med klimaskapet. Dette skyldes sannsynligvis at det finnes flere oksiderende gasser og partikler i uteluft. I Oslo vil ozon være en mulig kilde til oksydasjon, mens luften ved Borregaard også inneholder hypokloritt fra blekeriet som oksidant. Dette er resultater som stemmer overens med resultater fra et annet feltprogram hvor NILU er med, "UN/ECE-ICP for materials".



Figur 2: Avsetningshastigheten for SO₂ på fire ulike kalkholdige steintyper ved forskjellig relativ fuktighet i en atmosfære forurenset av SO₂ og NO₂.

3.3 N-90040 "EUROCARE DATA"

3.3.1 *Bakgrunn*

Vedlikehold og restaurering av vår materielle kulturarv og dagens bygningsmasser er avhengig av at riktig informasjon om tilstand til bygget, årsak til skaden, samt midler og metoder for beskyttelse og reparasjon er tilgjengelig. Som oftest finnes slik informasjon i dag hos ulike mennesker, firmaer og institusjoner. Det brukes alt for lang tid på å finne relevant informasjon i dagens samfunn, og det er derfor stor risiko for at folk ikke får tak i den mest korrekte informasjonen og at gale behandlingssystemer blir brukt på ny. Både i Norge og i andre europeiske land har det vært planer og prosjekter for å forbedre situasjonen. Informasjonsmengden er imidlertid stor og det ønskede system blir omfattende. Innen EUREKA programmet har en i EUROCARE-prosjektet arbeidet med å få til en slik database og tilskuddet fra instituttprogrammet ble avsatt til støtte for denne aktiviteten.

3.3.2 *Målsetting*

Prosjektets målsetting var å delta nasjonalt og internasjonalt i arbeidet med å bygge opp et informasjonssystem hvor dataene kan brukes ved planlegging og utførelse av vedlikehold og restaureringsarbeid. Dette krever at ulike typer data må koordineres og bygges opp i et nettverk av databaser. Ved siden av å ha et ansvar for den internasjonale koordineringen av arbeidet ble innsatsen konsentrert om tre forprosjekter:

- Samordning av GAB og SEFRAK til et nasjonalt bygningsregister
- utvikling og uttesting av EUROCARE dataprotokoller ved feltundersøkelse
- strategisk forprosjekt - sluttbrukerverktøy ut fra MILBYGG-DATA

3.3.3 *Resultater*

Nasjonalt har NILUs koordinering ført til at en i dag har et komplett og koordinert bygningsregister i Norge hvor informasjonen i kartverkets GAB-register er koblet sammen med Riksantikvarens SEFRAK-register. Denne innsatsen har medført at en nå kan arbeide videre med datasystemer som på sikt kan koordineres. NILUs egen virksomhet har vært konsentrert om dose-respons relasjoner og deres virkninger i et geografisk område, slik at en sammen med GAB/SEFRAK registeret kan dokumentere levetid og vedlikeholdsbehov for bygninger i et definert område. En feltundersøkelse ble gjennomført i Lillehammer i 1992 og resultatene er videreført i et NTNf-prosjektet, slik at en i dag har fått et norsk oppsett for tilstandsanalyse av utvendig treverk med symptomliste og typiske skadesteder. Sammen med stiftelsen Norsk Kulturarv arbeider en med å få videreført dette arbeidet til et databasert vedlikeholdssystem for verneverdige bygninger. Disse planene har nå fått tilsagt om støtte i EUs 4. rammeprogram, prosjekt WOOD-ASSESS. I dette arbeidet vil en benytte den ekspertise som ble bygd opp under utviklingen og ferdigstillingen av de tre forprosjektene i EUROCARE DATA prosjektet.

3.4 O-1414 “Vernebygg Hamar domkirkeruin”

3.4.1 Bakgrunn

Hamar domkirkeruin har nådd et nedbrytningsnivå hvor en omfattende sikring av ruinen er nødvendig. En aktuell metode har vært å bygge et vernebygg over ruinen. Den gruppen som arbeidet med disse planene etablerte også et EUREKA teknologiprojekt, EU 446 EUROCARE CAREBUILD, for å utvikle og markedsføre et konsept for en komplett beskyttelse av kulturhistoriske bygninger. En komplett beskyttelsespakke må også innbefatte en kartlegging og analyse av miljøets innvirkning på den kulturhistoriske bygningen slik situasjonen er og slik den vil bli etter at beskyttelsestiltakene er realisert. NILU hadde et hovedansvar for denne delen av teknologiprojektet med støtte fra instituttprogrammet.

3.4.2 Målsetting

Målsetting for NILUs arbeid i teknologiprojektet har vært å foreta en så fullstendig analyse av miljøets betydning for ruinens videre fremtid uten vernetiltak og eventuelle konsekvenser for området hvis vernebygget ble bygget. Dette arbeidet skulle dessuten være en del av prosjektgruppens dokumentasjon av gruppens miljøkompetanse ved fremtidige oppgaver.

3.4.3 Resultater

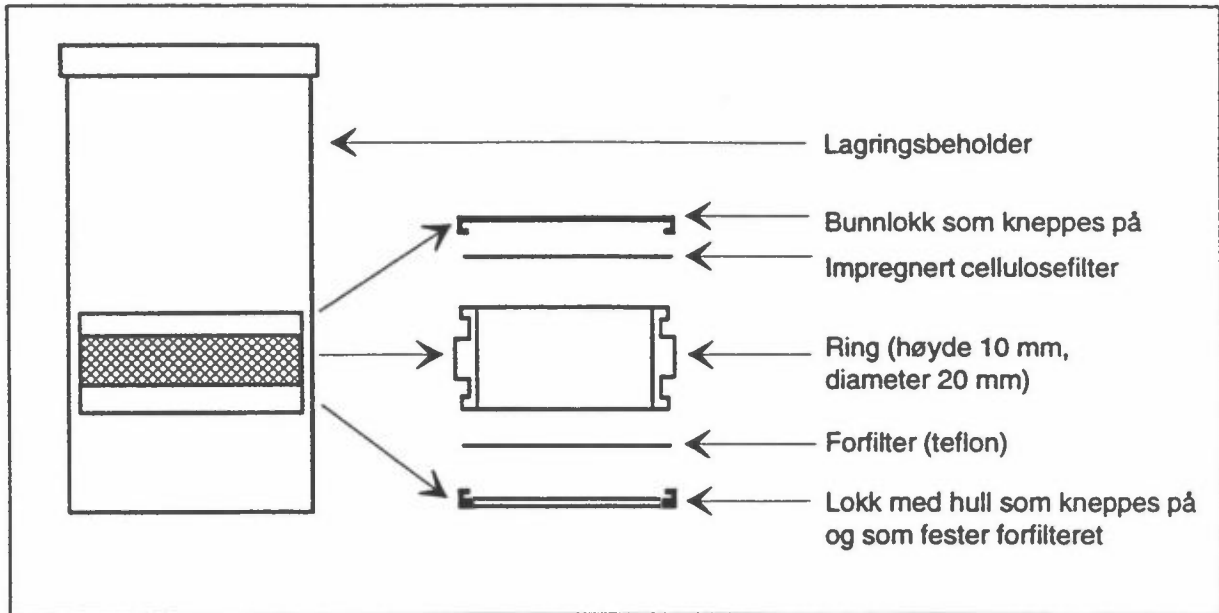
Fra arkeologisk hold var en bekymret over de forandringer som et overbygg ville skape for fuktforholdene i jorden og rundt ruinen, spesielt siden hele området var en gammel gravplass. En egen arbeidsgruppe hvor NILU var med ble dannet for å studere problemet. Arbeidsgruppen fikk ved hjelp av litteraturstudier og intervjuer samlet en meget tilfredsstillende kunnskapsmasse om jordsmonnets og fuktforholdenes betydning for arkeologiske gjenstanders nedbrytning, og kom også med forslag til tekniske løsninger som ville stabilisere de arkeologiske forholdene rundt ruinen.

De atmosfæriske miljøanalysene som ble gjennomført viste at de meteorologiske parameterne som nedbør og frost hadde større innflytelse på ruinens beskaffenhet enn forurensningene i området. Som en del av miljøundersøkelsen ble passive prøvetakere for måling av gassforurensninger (SO₂ og NO₂) samt prøvetakere for deponerte forurensninger utprøvd (se figur 3). Prøvetakerne var nye for NILU da prosjektet startet, og resultatene var lovende. En videre utvikling av metodene ved NILU var imidlertid nødvendig før de kunne tas i bruk rutinemessig. Denne utviklingen ble fulgt opp i det videre instituttprogrammet i prosjektet E-92051 “Passive prøvetakere”.

3.5 O-90041/O-92052 EU 455 “PROWOOD”

3.5.1 Bakgrunn

I Norge er det ca. 1,3 mill. treboliger, og trematerialer utgjør 40% av den totale eksponerte ytre flate på bygg. Tre representerer derfor en enorm kapital som må forvaltes fornuftig. I de senere år er det rapportert om økte skader på både gamle



Figur 3: Prinsippskisse av passive prøvetakere i bruk ved NILU.

og nye bygninger. Moderne malinger har fått skylden for en del av problemene, men siden ubehandlede eller tjærebehandlede gamle bygninger også har økte problemer, er økt tilgang på nitrogenforbindelser til luft sett på som en mulig nedbrytningskilde.

Jotun har med sin dominerende markedsandel av malt tre en spesiell interesse i råteproblematikken, og startet i 1990 et EUREKA-prosjekt EU 455 "EUROCARE-PROWOOD", for å se på den totale problematikken.

I 1991 hadde de økonomiske betingelser hos Jotuns tremalingsdivisjon forandret seg betydelig. Det opprinnelige PROWOOD-prosjektet ble derfor kansellert, og et nytt og mindre PROWOOD-prosjekt ble startet for å vurdere kvaliteten av Jotuns nye industriprodukter for malt tre. Prosjektet omfattet feltprøving av 21 malingssystemer på 5 utvalgte teststasjoner og et laboratorieforsøk for å studere virkningen av luftforurensninger. Siden laboratorieforskene i stor grad var metodeutvikling, ble deler av instituttprogrammets midler benyttet til PROWOOD-prosjektet.

3.5.2 Målsetting

Målsettingen for bruken av instituttprogrammets midler var primært å studere nitrogenforbindelsers betydning for soppdannelse. En feltundersøkelse i Bøverdalen skulle kartlegge tilførselen av NH_3 til luft gjennom sommer og høstsesongen. På laboratoriet skulle en utvikle en test som kunne brukes til å studere forurensningens betydning for utvikling av overflatesopp på prøver innsmittet med soppsporer.

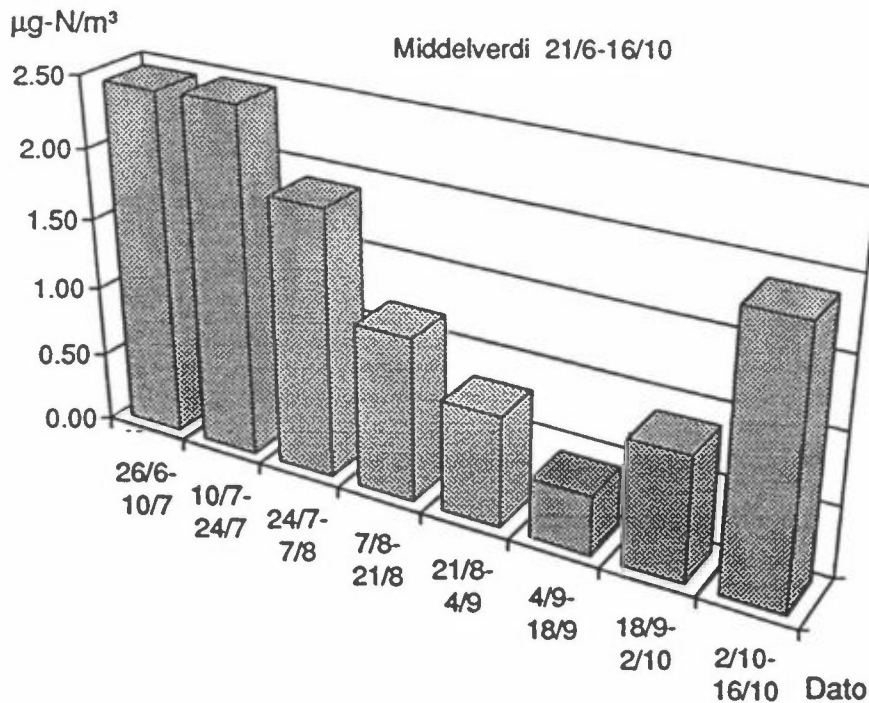
3.5.3 Resultater

Sommeren og høsten 1991 ble det foretatt en kartlegging av NH_3 forholdene i Bøverdalen på 20 målesteder. De fleste målepunktene var i dalbunnen, men tre steder ble konsentrasjonene også bestemt opp langs siden av dalen. Alle målingene ble utført med passive prøvetakere. Resultatene ble presentert på et seminar "Miljøpåvirkning på bygninger", Norsk Byggtjeneste, Kommunenes Hus, 7. mai 1992.

Konklusjonen var at dagens gjødselsspredningssystem med spredning av bløtgjødsel under vekstsesongen, og sent på høsten, gir et betydelig bidrag til NH_3 -nivået i dalen. Om den også gir økt soppvekst er ikke dokumentert (figur 4).

Metodeutviklingen i laboratoriet har vært betydelig mer tidkrevende og komplisert enn antatt. Oppfuktingen av prøvene er meget viktig for soppdannelsen. Innsmittingen av soppsporer og soppgroingen har vært vanskelig å reproducere. Det utvikles lett andre sopper enn de en har innsmittet, og dette medfører at en ikke får sammenlignet prøvene fra første forsøk. Selv om metoden kan brukes til sammenlignende målinger innenfor hvert forsøk har en derfor ikke lyktes i å lage en standardisert forurensningstest etter planen.

Prosjektet har imidlertid gitt ny og overraskende viten på andre områder. Det er dokumentert at SO_2 ikke opptrer som gift for overflatesopp, men er med på å øke nedbrytningen på grunn av at SO_2 bryter ned malingsystemet. En oppsummerende sluttrapport er under utarbeidelse.



Figur 4: Middelkonsentrasjonen av NH_4 i Bøverdalen gjennom sommer og høst 1991.

3.6 O-91023 EU 615 "WETCORR"

3.6.1 Bakgrunn

NILU har i mange år studert mikromiljøet ved korrosjons- og nedbrytningsforholdene på fasader. En viktig forutsetning for prosessene er at det er tilstrekkelig fuktighet tilstede. Spesielle sensorer for å måle den tilnærmede eksakte våttiden (tid da overflaten er dekket av en påtakelig fuktfilm), ble derfor utviklet tidlig på 80-tallet og anvendt med godt resultat i flere prosjekter. I 1991 ble det opprettet et samarbeidsprosjekt mellom ABB Miljøkontroll, senere ABB Energi, og NILU for å kommersialisere instrumentet. Prosjektet ble støttet av NTNF, og instituttprogrammet finansierte deler av NILUs egenandel i prosjektet. Som støtte til instrumentutviklingen og for utprøving av instrumentet ble det startet et nordisk samarbeidsprosjekt på området med status som et EUREKA-prosjekt EU 615 "EUROCARE WETCORR".

3.6.2 Målsetting

Målsettingen for prosjektet var å anvende NILUs erfaringer med instrumentet og målemetoden til å bygge en 0-serie på 10 instrumenter med samme måleprinsipp som tidligere, men med et mer modulbasert instrumentkonsept. Instrumentet som ble bygd opp besto av en systemkontroller for kontroll og lagring av data, flere sensoradaptere for registrering av tilstander med opptil 64 sensorer. Instrumentet skulle basere seg på bruk av konvensjonelle PC'er, og det skulle også utvikles en data presentasjonspakke til dette formålet.

3.6.3 Resultater

Faglig sett har WETCORR-prosjektet nådd de mål som ble satt opp i starten av prosjektet. Derimot har kostnadsberegningene og tidsplanen for prosjektet måttet justeres. 0-serien ble ferdig til utprøving på 10 steder et halvt år etter planen, og erfaringen fra de ulike samarbeidspartnerne ble presentert på et seminar hos ABB, Billingstad, 24. november 1993 (se Figur 5). Samtlige deltakere var fornøyd med konseptet, men visse modifiseringer var ønskelig for neste generasjon av instrumentet:

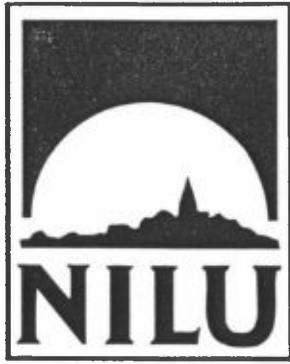
- Sensorene bør modifiseres for å unngå krepstrømmer
- Temperatursensoren bør ha større nøyaktighet
- Instrumentet bør kunne måle en dekade lavere strøm (0,1 mA)
- Software presentasjonspakken bør være mer brukervennlig.

Det har vært stor interesse for instrumentet innenfor samarbeidsgruppen og i en del forskningsmiljøer i Europa, Asia og Australia. Konklusjonen fra seminaret var derfor at det var behov for en første serie på 10 instrumenter. På grunn av det lille produksjonsvolumet som ble antydnet og forandringer i ABBs strategi på miljø-siden, ble det bestemt at ABB trekker seg ut av prosjektet og at NILU produserer disse for egen regning. Disse instrumentene er nå ferdigprodusert. To er solgt til Australia, et modifisert system er solgt til Island og 6 instrumenter vil bli benyttet i det nye EU-prosjektet WOOD-ASSESS.

3.7 E-9105 "Vigelandsparken"

3.7.1 Bakgrunn

Bronse er et materiale som normalt korroderer langsomt og hvor det er lite kunnskaper om miljøets betydning. Granitt er et annet materiale som er regnet som meget resistent. Uttestingen av steinmaterialer i prosjekt U-90093 (se 3.2) viste imidlertid at granitt har mineraler som angripes av luftforurensninger. Selv med det rene miljøet en har fått i Oslo i de senere årene, har diskusjonen om forsureningens effekt på Vigelandsparkens statuer vært et tilbakevendende tema. Med basis i NILUs erfaringer med studier av lokale forurensningsforhold, ville NILU kunne kartlegge om det fantes noen forurensningseffekt lokalt og om belastningen økte når en kom nærmere definerte forurensningskilder.



INFORMATION

WETCORR in buildings

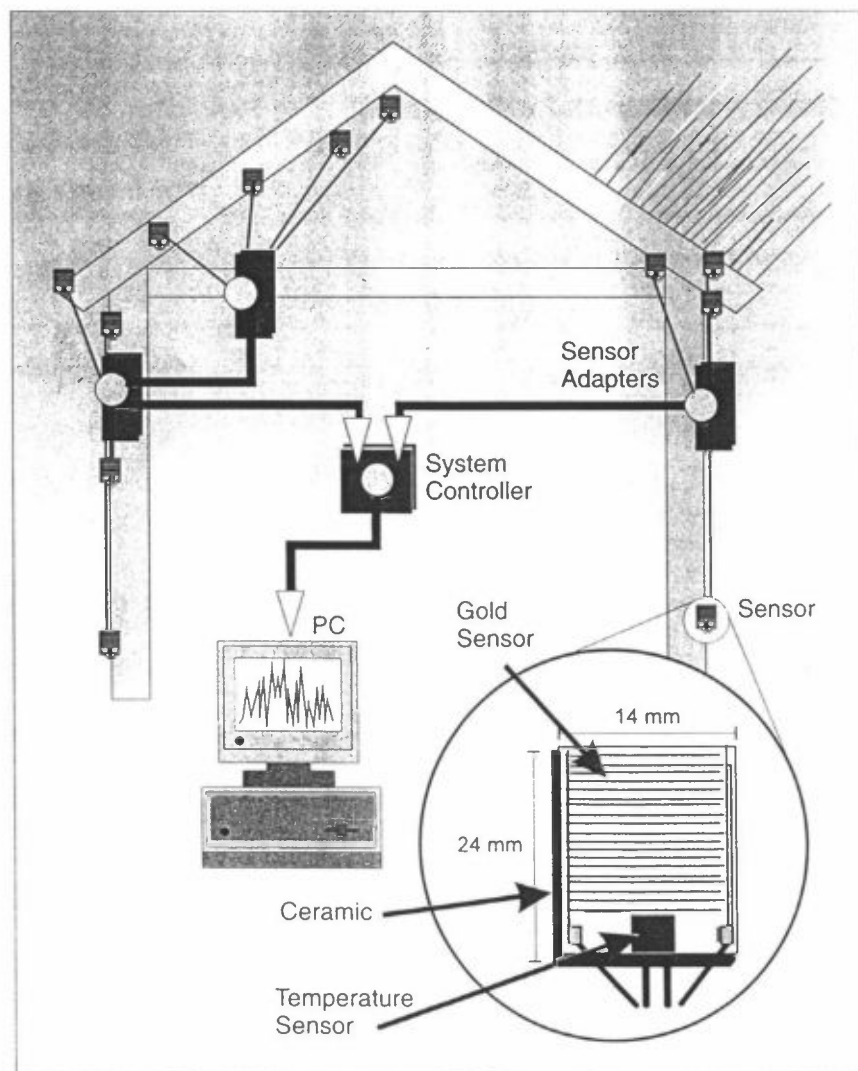
The WETCORR instrument has been developed by NILU to measure temperature and humidity conditions in the micro-environments on surfaces and within building materials.

Material deterioration is caused by chemical reactions where moisture humidity often plays an important role. The chemical reactions increase with increasing humidity, and for most materials a critical humidity level can be defined. Above this level the deterioration is usually substantial. The time period when the material is exposed to conditions above this critical level is defined as the time of critical humidity (TOCH).

The understanding of the deterioration processes is best known for metals, but the humidity impact has also been observed for other building materials like wood, stone, rendering and concrete.

Consequently there is a great need for mapping the humidity conditions in the micro-environment; on the surfaces and inside various building materials. The WETCORR instrument can be used for such applications.

*WETCORR measurements
on and within building materials*



Postal address:
P.O.Box 100
N-2007 KJELLER, Norway

Office address:
Instituttveien 18
N-2007KJELLER

Telephone: +47 63 89 80 00
Telefax: +47 63 89 80 50
Telex: 74854 nilu n

Bank: 5102.05.19030
Postgiro: 3 30 83 27

Figur 5: NILU informasjon no. 2 1994 om bruk av WETCORR-instrumentet i bygninger.

Principle

The instrument consists of the following modules

1 System Controller (SC), which is:

- Control unit for communication with the Sensor Adapters (SA)
- Unit for the external communication with the Sensor Adapters
- Power source for the sensor
- Sampling unit for all data

1-16 Sensor Adapters, each being the control and recording unit for four sensors. The data are recorded as average values over one minute. The SA will convert all data recorded to digital signals before transferring the data to the SC. This is done to reduce the influence of stray currents and radio signals on measured data. The cables between the sensor and the SA are kept

short, less than 2 metres, while the cables for the digital signals between SA and SC can still be long, up to 250 meters in two directions. The SA can be placed outdoors in all weather conditions.

1-64 Sensors, the set-up of parameters cell voltage and sampling period must be the same for all 4 sensors connected to one adapter, while each adapter in a system can be configured individually for temperature and humidity.

The instrument is delivered with one software programme for communication, parameter setting and recording of data. The large amount of data is handled by a user-friendly database for Windows, included data presentation tools.

The following data presentation forms are available:

- Currents and temperatures versus time
- Total current output from the sensors in the period
- Per cent of time with current above the selected (TOCH)
- Per cent time with the temperature above or below selected temperatures
- Frequencies for TOCH and temperature above selected values
- Minimum, maximum and mean values for current and temperature
- Minimum, maximum and mean values for TOCH.

Measurements on and within wood

Humidity and temperature are main factors for rotting and bio-degradation of wood.

The sensors are mounted

1. Between upper and lower panel 3 cm above the water level to monitor water transport.
2. Inside the wood panel 3 cm above water level to monitor water transport/up-

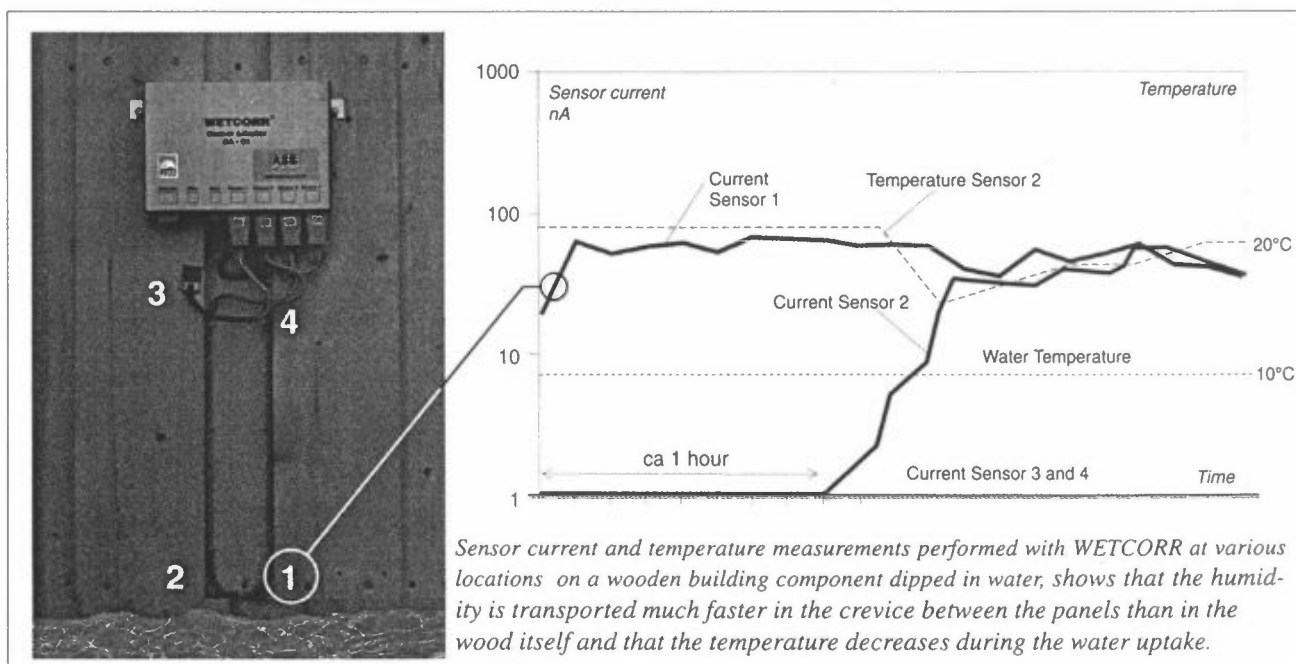
take.

3. On the surface about 30 cm above water level
4. Between upper and lower panel 30 cm above water level to monitor water transport.

The need to monitor water uptake and transport on various critical parts of wooden

buildings can be performed in this way by the WETCORR system. One system can monitor, store and present continuously humidity and temperature data at 64 spots on a building.

For further information, please contact Svein Haagenrud, or Jan Henriksen, NILU



3.7.2 Målsetting

Målsetting med undersøkelsen var å kartlegge miljøbelastningen på monumenter i Vigelandsparken, og å identifisere eventuelle lokale og regionale kilder til økt belastning. I tillegg ønsket en å bruke Vigelandsparken som et måleområde for videre utprøving av passive prøvetakere.

3.7.3 Resultater

Målingene av luftforurensningene ble foretatt langs en akse fra SØ til NV, fra hovedporten til Skøyen hovedgård. Avrenningsprøver ble tatt på Monolitten og sammenlignet med nedbør samlet i NILUs vanlige nedbørbøtte og med nedbørbøtte med nettsamler for aerosoler påmontert.

Resultatene viser at selv om en ved hovedporten har økt forurensning på grunn av biltrafikk både for NO₂ og SO₂, så er nivået lavere enn i Oslo sentrum. Et forsøk på å måle NH₃ belastningen fra forurenset vann og fugle-ekskremitter gav ingen høye konsentrasjoner, men her kan en muligens få målbare tall om sommeren når aktiviteten i vannet er høyere. Monolitten fanger inn betydelige mengder med aerosoler, ionestyrken er høyere enn nedbøren og sammenlignbar med nettsamleren (en nedbørsamler med et nett over for innsamling av aerosoler). Sjøsalter synes å bidra mer til ionestyrken i nedbøren enn andre kilder.

Nettsamler synes å være én måte å måle den totale avsetningen på en flate. To ulike absorpsjonsmedie for NO₂, trietanolamin TEA og kaliumjodid (KI), ble utprøvd. Begge synes å gi samme nøyaktighet på ukebasis. TEA er imidlertid mer ustabil ved lengre innsamlingsperioder, og kaliumjodid er å foretrekke som absorpsjonsmedium.

3.8 O-92009 "STEP - WETCORR"

3.8.1 Bakgrunn

NILU har deltatt i et EU-prosjekt "Conservation of Historic Buildings, Monuments & Associated Cultural Property". Prosjektet har som hovedmål å utvikle metoder for å beskrive nedbrytningsprosessene og materialenes nedbrytningsgrad. Parameterene som inngår i prosessen skal beskrives kvantitativt og NILUs bidrag i prosjektet har vært å benytte NILUs WETCORR-instrument til å beskrive fuktforholdene på Nidarosdomen. Samtidig ble et WETCORR-instrument benyttet til studier av fuktforholdene på en granittdetalj ved Trinity College i Dublin.

3.8.2 Målsetting

Målsetting ved prosjektet var å studere den lokale belastning på ulike detaljer og sider av Nidarosdomen. Ved å velge øst og vest fasaden hvor en antok at forholdene var svært ulike, ønsket en å dokumentere at det eksisterer ulike fuktmekanismer på bygget og at en beskrivelse av nedbrytningsprosessene må ta hensyn til flere typer fuktbelastning.

3.8.3 Resultater

Østveggen består av stein med forvitret overflate. Målingene med WETCORR-instrumentet ble gjennomført i en periode med ekstremt mye regn. Rene celler viste at det aldri kom direkte regn på veggen. Forvitringen på veggen finner sted på grunn av at hygroskopiske salter fester seg på veggen og at en får sykluser med opptak av fukt og opptørking. Dette ble dokumentert ved at noen celler ble forurenset med steinenes forvitningsprodukter. Disse cellene viste perioder med fuktopptak og opptørking.

Vestveggen er rikt dekorert og består av områder uten forvitningsprodukter, og noen med belegg. Målingene viste store lokale variasjoner i belastningen. Slagregn med fuktinntrenging og periodevis isdannelse er en observert mekanisme. Skjermede områder med saltavsetninger og dannelse av skorper på steinen kan observeres på andre områder.

3.9 O-92099 EU 791 “EUROLIME”

3.9.1 Bakgrunn

Kalkpuss av fasader er en overflatebehandling med lange tradisjoner. Da sementbasert puss ble introdusert i Norge i dette århundre gikk en del av den tradisjonelle kunnskapen om kalkmørtel tapt. Erfaringene viser at å reparere kalkpuss med sementbaserte produkter gir dårlige resultater.

På dagens marked finnes det noen kalkbaserte produkter, men kunnskapen om deres holdbarhet under ulike klimatiske forhold er begrenset. NBI, Trondheim, Riksantikvaren, Franzefoss Brug og NILU gikk derfor sammen om en undersøkelse av disse forhold i laboratoriet, på feltstasjoner og på reelle bygg. Prosjektet er også knyttet til et stort nordisk og europeisk prosjekt, EU 791 “EUROCARE EUROLIME”, med tilnærmet samme målsetting. I Norge er det ikke SO_2 og luftforurensninger som har størst betydning, men klimatiske påvirkninger og saltbelastning.

3.9.2 Målsetting

Målsettingen ved NILUs delprosjekt har primært vært å teste ut 6 ulike pusstyper på to ulike underlag, på tre ulike feltstasjoner på Sør- og Vestlandet. Feltstasjonene ble valgt ut fra følgende hovedkriterium, saltbelastningen skulle være på forskjellig nivå og den geografiske avstanden skulle ikke være for stor. De valgte stasjonene var Tananger med mye salt, Tromøy, Arendal, med noe salt og Birkenes, Aust-Agder, innland med lite salt. I tillegg skulle prøvene på laboratoriet gå gjennom den utviklede SO_2 -følsomhetstesten (ref. 3.2).

3.9.3 Resultater

Prøvene sto ute ett år og ga et svært entydig resultat som også var sammenlignbare med de klimatiske og mekaniske testene som ble utført ved NBI. Foruten å bedømme resultatene etter ett år, ble en prøve av hver type konstruert slik at nedbøren som traff prøven ble samlet opp og senere analysert. Etter ca. 1/2 år var forvitringen så stor at en sluttet å analysere avrenningsvannet. I de første

månedene eksisterte det lommer med kalsiumhydroxid som ikke var omdannet til kalsiumkarbonat, og avrenningen hadde periodisk pH~12. Et av systemene inneholdt gips og dette ble vasket ut ved hvert regnvær. Selv på systemer som hadde tilnærmet identisk sammensetning var det store forskjeller i avvaskingen og i de mekaniske egenskaper etter eksponeringen. Feltutprøving på utvalgte feltstasjoner har vist seg å være en effektiv metode til å evaluere og rangere pusstypene etter brukskvalitet.

Den klimatiske påvirkningen ble noe annerledes enn forventet. Birkenes hadde i prøveperioden en vinter med mye snø og mange svingninger i temperaturen rundt 0 °C. Denne effekten var klart mest skadelig for prøvene. Likevel fantes det systemer som hadde klart seg godt gjennom hele testperioden. Sjøsaltbelastning kom også klart frem hvis en sammenlignet Tromøy med Tananger. Her er Tananger-prøvene betydelig mer skadet enn Tromøy-prøvene.

Prøvene var enten murt på en rød murstein eller på trondheimitt, det vil si på sugende og ikke-sugende overflate. Pussen satt best på sugende overflate for alle prøvene.

Resultatene har alt fått praktisk nytte og den beste typen er alt valgt som restaureringspuss for Christianstens festning i Trondheim.

SO₂-følsomhetstesten gav som ventet høy følsomhet for SO₂, ca. 170% av pentelisk marmor. Det var ingen forskjell mellom pusstypene.

3.10 O-92051 "Passive prøvetakere"

3.10.1 Bakgrunn

Passive prøvetakere har vært brukt i flere av materialprosjektene med støtte fra instituttprogrammet. Resultatene har vært lovende og åpner for en del nye forskningsområder. Passive prøvetakere har en del fortrinn fremfor aktive prøvetakere. De krever ingen energitilførsel, de er støyfrie, enkle å håndtere og sette ut og er billige i innkjøp og bruk. De er derfor velegnet til kartleggingsoppgaver inne, ute på bygg og ute i landlige omgivelser.

Passive prøvetakere gir middelverdimålinger og er lite egnet til kartlegging av lokale kilder, hvor utslipp og konsentrasjoner varierer over tid og hvor en er ute etter maksimalutslipp o.l.

Selv om metoden er benyttet av andre institutter tidligere anså en det viktig at NILU bygger opp sin egen kompetanse på feltet. Vi må vite nøyaktigheten til metoden sammenlignet med andre målemetoder, og om effektiviteten forandrer seg ved varierende klimatiske forhold. Det er flere mulige absorpsjonsmedier for flere av gassene og NILU må velge den beste ut fra de muligheter som vår instrumentpark gir.

3.10.2 Målsetting

Vurdere presisjon og nøyaktighet til passive prøvetakere for SO₂, NO₂ og NH₃, foreta sammenlignende målinger med passive og aktive metoder, samt bestemme spredninger i prøveresultatene ved parallelle målinger.

3.10.3 Resultater

Av de testede absorpsjonsmediene ble resultatet at en anbefaler kaliumhydroksid som absorpsjonsmedia for SO₂, natriumjodid for NO₂ og oksalsyre eller vinsyre for NH₃. Oksalsyre som NILU anvender kan få for høyt damptrykk i varmere land, og der anbefales vinsyre som absorpsjonsmiddel.

Det er godt samsvar mellom de passive og aktive metoder, men for NO₂ anbefales at omregningsfaktoren justeres fra 28 til 43.

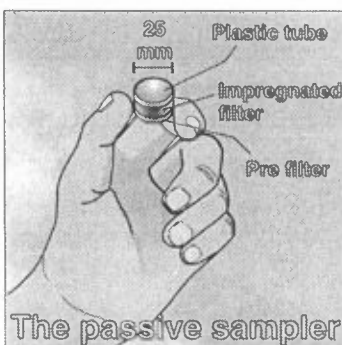
Det synes som metodene er anvendbare både i tørt innemiljø og i fuktig utemiljø (figur 5).

A passive sampler for SO₂ and NO₂

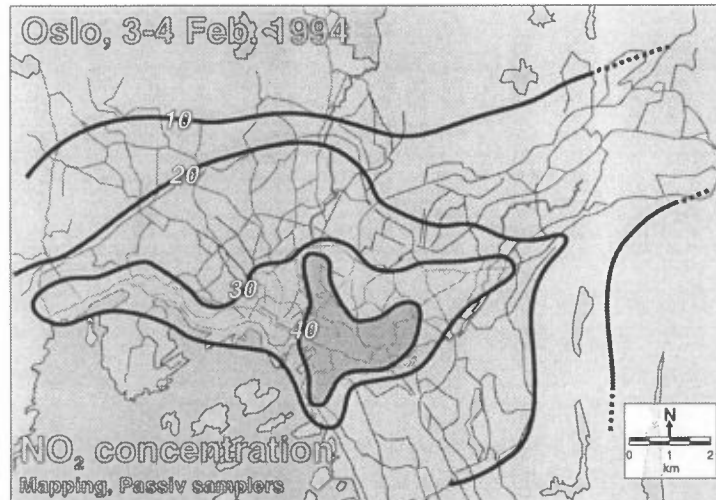
Information
**No. 2
1995**

A simple sampler for surveillance of time integrated SO₂ and NO₂ concentration distributions has been developed. The sampler is inexpensive in use, simple to handle and have a good overall precision and accuracy. This method has been used in industrial areas, in urban areas and for studies of indoor/outdoor exposures.

A sensitive diffusion sampler for sulphur dioxide (SO₂) and nitrogen dioxide (NO₂) in ambient air has been used in several investigations to undertake a screening of the spatial concentration distribution.



The sampler was developed by the Swedish Environmental Research Institute (IVL) and has been used in several cases

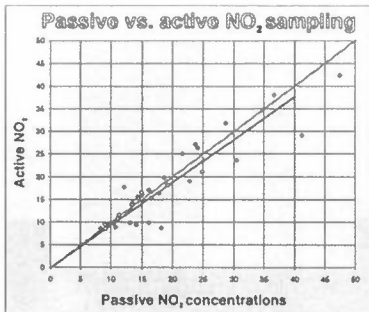


The 24 h average NO₂ concentration distribution measured in Oslo on 3 -4 February 1994 with 20 passive samplers show that the highest concentrations occurred along the main road systems and in central parts of down-town Oslo. This 24 h average distribution may change considerably from one day to the next depending on meteorological conditions in the Oslo airshed.

by NILU. The sampler includes an impregnated filter inside a small plastic tube. To avoid turbulent diffusion inside the sampler, the inlet is covered by a thin porous membrane filter. Gases are transported and collected by molecular diffusion. The uptake rate is only dependent upon the diffusion rate of the gas. The collection rate is 31 l/24h for SO₂ and 36 l/24h for NO₂. Also NH₃ can be collected at a rate of 59 l/24h.

For SO₂ the measuring ranges are approximately 0,1-80 ppb for a sampling period of one month. The corresponding range for NO₂ is 0,02-40 ppb. The passive samplers are assembled and made ready for use at NILU. After exposure the samplers are usually returned to NILU where concentrations of SO₂ are determined as sulphate by ion chromatography. NO₂ and NH₃ is determined by spectrophotometry.

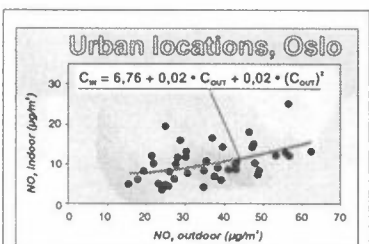
NILU is an independent research institute founded in 1969. It is one of the leading specialized scientific laboratories in Europe dealing with problems related to air pollution on all scales. NILU's laboratories have received accreditation according to EN 45001 and is part of the Topic Center on Air within the European Environmental Agency.



The integrated passive sampling of SO₂ and NO₂ is well correlated to the available active sampling methods.

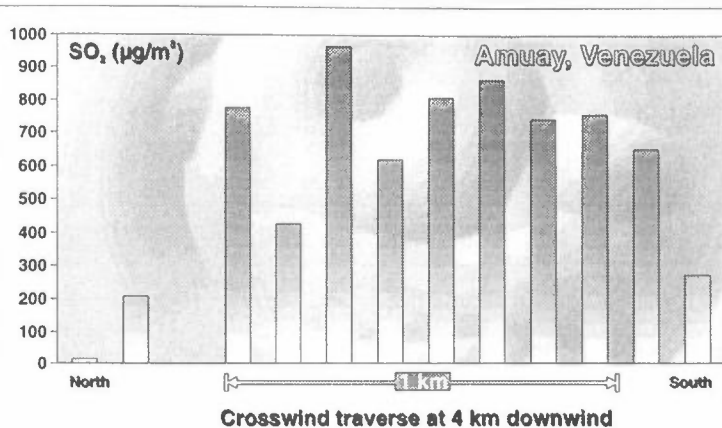
Some examples of applications

Studies using passive sampling have been undertaken by NILU outdoor and indoor in Norway, Egypt, Russia and Venezuela. The sampling periods have varied from 1 day to one month dependent upon the general pollution levels.

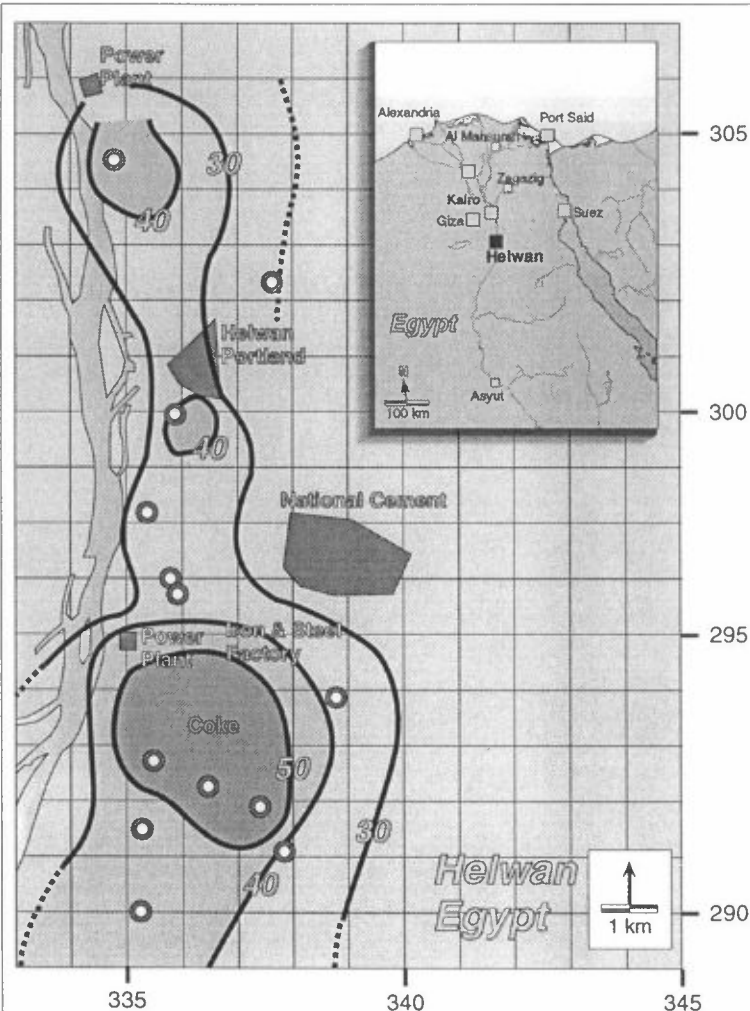


Several investigations have been performed to study the indoor to outdoor NO₂ pollution levels. In urban locations in Oslo indoor NO₂ concentrations were considerably lower and varied less than outdoor concentrations. At 40 µg/m³ ambient NO₂ the indoor NO₂ concentration was on the average about 10 µg/m³.

For further information about the passive samplers and various applications please contact: Oddvar Røyset or Bjarne Sivertsen
E-mail: bjarne.sivertsen@nilu.no



A three day integrated SO₂ concentration distribution 4 km downwind from a large refinery show a SO₂ plume passing across the sampler array. The plume width was slightly more than 1 km and the maximum SO₂ -concentrations about 800 µg/m³.



A SO₂ concentration screening performed with passive samplers in the Helwan industrial area located south of Cairo in Egypt indicated weekly average concentrations of 40 to 50 µg/m³ downwind from major industrial sites.

Norwegian Institute for Air Research

Instituttveien 18, P.O.Box 100, N-2007 Kjeller
Telephone: + 47 63 89 80 00 • Telefax: +47 63 89 80 50

3.11 E-92025 “Dose-effekt sammenhenger”

Materialstudiene ved NILU har med årene akkumulert både en betydelig forståelse for dose-effekt sammenhenger for materialer i ulike miljøer, så vel om at en har samlet betydelige mengder med data på området. Innen instituttprogrammet hadde en planer om å foreta en nye evaluering av gamle data med basis i den økte kunnskapen en har på feltet i dag.

På grunn av at den prosjektansvarlige forsker sluttet, ble midlene i første omgang omplassert, og en betydelig del av midlene overført til EUROLIME-prosjektet hvor NTNFBidraget ble mindre enn ventet.

Dette arbeid er delvis fulgt opp senere i to prosjekter for SFT; O-94115 “Materialkorrosjon” og O-95051 “Materialskader i Norge”.

4. Faglig utbytte av instituttprogrammets satsing på materialstudier

4.1 Bakgrunn for valg av forskningsområder

NILUs faglige basis for materialforskning er at vi har muligheter til å beskrive miljøets innvirkning bedre enn de fleste andre institutter, og at NILUs materialforskere er i et miljø hvor ny miljøforskning skapes. NILU kan bare innen utvalgte materialområder ha den ønskelige spisskompetanse, og samarbeid med andre institutter og miljøer med faglig tyngde på materialsiden er derfor ønskelig og nødvendig.

NILU har i dette instituttprogrammet benyttet midlene på områder hvor NILU har stor kompetanse og hvor ytterligere kompetanseoppbygging vil gjøre oss til en enda mer interessant samarbeidspartner. Samtidig har vi bygget opp vår materialkompetanse på nye felter i samarbeid med andre institutter på områder hvor en vet at miljøkompetansen er viktig for fagområdet.

4.2 Metoder for måling av mikromiljøet

Mye av instituttprogrammets midler har vært brukt til å videreutvikle vår kompetanse til målinger i mikromiljøet. I flere av prosjektene O-90004, O-90041, O-1418, O-91023, U-92009 og E-92051 har vi brukt, og i stor grad utviklet, metoder for å registrere og for å bedre forståelsen av det som skjer direkte på overflaten som nedbrytes. Disse resultatene har stor betydning for arbeidet med å komme frem til et bedre og systematisert vedlikeholdssystem med basis i en karakterisering og klassifisering av miljøet. Passive prøvetakere er nå en akkreditert målemetode ved NILU og benyttes av flere av avdelingene i prosjekter i inn- og utland. Passive avsetningsprøvetakere for måling av partikler og gasser på overflater har fått økt interesse internasjonalt, og NILUs metode slik den ble anvendt på Nidarosdomen, er bedre enn de fleste andre metoder på området, siden våre instrumenter skjærmer bedre for slagregn. Metoden er videre benyttet i et samarbeid med Sverige på Stockholm slott og St. Vitus katedralen i Praha.

WETCORR-instrumentet er utviklet slik at vi nå har et helt nytt instrument til å måle den direkte våttiden på overflater. Metoden er anvendt med godt resultat på Nidarosdomen og i de øvrige nordiske land. Det gjenstår en bedre dokumentasjon av WETCORR, serie 1, med "brukervennlig" software.

Mye av dette arbeidet vil nå bli videreført i et EU-prosjekt "System and Methods for Assessing Conservation State and Environmental Risks for Outer Wooden Parts of Cultural Buildings - WOOD ASSESS", hvor spesielt den lokale fuktbelastningen er et viktig parameter.

4.3 Trematerialer

PROWOOD-prosjektene O-90041/O-92052 har utviklet seg godt etter at prosjektet ble redefinert i 1992, og Jotun er interessert i å forlenge samarbeidet med NILU. Igjen er det NILUs miljøkompetanse som er det ledende argumentet for fortsettelsen, men også for overflatesoppenes vekstvilkår har vi oppnådd en kompetanseheving som er interessant for kunden.

Flere samarbeidsprosjekter med Riksantikvaren og Norsk kulturarv er også etablert med basis i denne kompetansen. Kunnskapen er også helt nødvendig for det arbeid som skal gjennomføres i WOOD ASSESS.

4.4 Stein og puss

NILUs satsing på å studere forholdene rundt steinbygninger og forurensningens betydning for steinforvitring har åpnet for et formalisert samarbeid med andre norske institutter. Steinforsk, Norsk Forskningscenter for naturstein, markedsfører blant annet laboratorieprøving av norsk steinkvalitet, hvor NILUs SO₂-følsomhetstest er en del av tilbudet. Samarbeidet er også etablert med Sverige og Tyskland på prosjektbasis.

Både for stein og puss finnes det problemområder hvor NILUs ekspertise er nødvendig. Videre studier av puss i værharde strøk er et område. Nedbrytning av helleristninger er et annet. Det er imidlertid vanskelig å få finansiert slik forskning i Norge i dag. Et nærmere samarbeid med NIKU kan muligens gjøre finansieringen lettere på sikt og samarbeidet er alt etablert i de prosjektforslagene som ble sendt til EUs 4. rammeprogram.

At NILUs miljø- og måletekniske ekspertise blir lagt merke til i Europa kommer klart frem ved at vi er invitert som en del av ekspertpanelet ved neste års Dahlemkonferanse i Berlin.

4.5 Informasjonsdatabase

Dette er et fagområde som er meget komplekst og med store faglige utfordringer. NILUs innsats for å etablere den nødvendige struktur og kunnskapsdata har satt spor. GAB- og SEFRAK-registrene er nå sammenslått etter initiativ i EU 459 - EURO CARE DATA-prosjektet. Et verktøy for tilstandsanalyse av utvendig treverk er under utarbeidelse, og en vedlikeholdshåndbok for verneverdige trehus er snart ferdig. I begge prosjektene er NILU deltaker. Utviklingen av en integrert

database for materialnedbrytning innenfor ENSIS-konseptet er startet i NILUs samarbeidsprosjekt med SSB og NORGIT for SFT, ENSIS CORROSION.

Med det gjennomslag som en har fått i EUs 4. rammeprogram for utvikling av systemer og metoder for å vurdere tilstanden og miljøbelastningen på trebygninger i Europa, så er arbeidet med å komme fram til en informasjonsdatabase for kulturhistoriske bygninger kommet et langt skritt nærmere målet.

4.6 Dose-effekt sammenhenger

Dose-effekt studier og deres kobling mot kostnytte analyser vil alltid være av stor interesse for NILUs materialforskning. Utenfor instituttprogrammet har dette vært det viktigste arbeidsfeltet. NILU har hatt et stort ansvar i UN/ECE-prosjektet "UN/ECE-ICP for materials", hvor disse problemene studeres. Det er derfor beklagelig at en på grunn av manglende ressurser ikke fikk gjennomført en samlet vurdering av NILUs tidligere forskning på området. At det er interesse for problemstillingene fremgår at de siste prosjektene fra SFT, hvor en skal gjøre en ny evaluering av materialskader i Norge med basis i de senere års økte kunnskaper om dose-effekt forhold ved å benytte tilgjengelige data fra feltundersøkelser koblet mot bygningsregisteret (GAB). Arbeidet er et samarbeid med NILU, SSB og NORGIT, og inkluderer enkelte elementer av den fremtidige informasjonsdatabasen vi ønsker å etablere.

4.7 Andre prosjekter

Bruk av instituttprogrammets midler på Hamar domkirkeruin og Vigelandsparken er i dag de satsinger som har gitt minst igjen til NILUs fremtidige arbeid på feltet, når en ser bort fra den nytte en har hatt av prosjektene på den måletekniske siden.

For målingene på Hamar domkirkeruin hadde situasjonen vært helt annerledes hvis vernebygget hadde blitt realisert slik at samarbeidspartnerne hadde hatt et gjennomført vernebygg som dokumentasjon for videre satsing i Europa. Hvis det nå viser seg at de nye planene om vernebygget lar seg realisere så vil NILUs satsing igjen kunne vise seg å være en nyttig start på et arbeidsområde for materialforskningen ved instituttet.

For Vigelandsparken er mulighetene for å skape tilsvarende prosjekter i fremtiden enda mer usikker. For begge prosjektenes del har de hatt betydning for vår utvikling av miljømålemetoder i mikromiljø. Når det gjelder bronse så er korrosjonsprosessene så langsomme og beskyttelsestiltak så kontroversielle at det neppe kan regnes til å bli et satsingsområde av betydning for NILUs fremtidige arbeid.

5. Konklusjoner

En vurdering av instituttprogrammets betydning for materialforskningen ved NILU vil til en viss grad være avhengig av tidspunktet for evalueringen. I perioden 1991-93 var det naturlig å koble mye av aktiviteten opp mot det arbeidet

som var etablert under EUROCARE-porteføljen. I dag er det mer naturlig å se resultatene i sammenheng med de innstillinger som er kommet i EUs 4. ramme-program.

Instituttmidlene har vært anvendt på et stort antall prosjekter, og det kan i utgangspunktet virke som det har vært satset på for mange fagområder. Det er derfor lagt vekt på å vise at mange av prosjektene i realiteten bygger oppunder de samme fagområder. Metoder for miljømålinger har vært det viktigste satsingsområdet, og ulike deler av problemområdet har vært inkludert i 8 av de 11 prosjektene. Stein og puss har vært et fagfelt i 5 av prosjektene. Satsingen på tre og databaseoppbygging er bare med i ett prosjekt hver, men satsingen har vært på mellom 10 og 20% av den totale satsingen.

Ut fra det en ser i dag har nytten av satsingen vært betydelig på de aller fleste feltene. Bare for en liten del av satsingen, som for undersøkelsene ved Hamar domkirkeruin og i Vigelandsparken, kunne en ønske seg mer prosjektrelaterte oppfølgingsoppgaver. NILU har økt sin kompetanse betydelig på det området som er vårt spisskompetanseområde, miljørelaterte problemstillinger, og har fått økt bredden i våre kunnskaper på materialsiden.

6. Referanser

Anda, O. og Henriksen, J.F. (1992) Miljømålinger på Nidaros domkirke. Lillestrøm (NILU OR 34/92).

Dahlin, E. og Prestrud, O. (1992) EU 446 EUROCARE CAREBUILD. Arbeidsgruppe 1: Arkeologi - Bevaring av arkeologisk materiale i jord. Lillestrøm (NILU OR 65/92).

Storemyr, P., Alnæs, L., Henriksen, J.F., Anda, O. og Waldum, A. (1992) Diagnosis for integrated conservation of the Nidaros Cathedral, Trondheim, Norway. I: *Proceedings of the 7th International Congress of Deterioration and Conservations of Stone*. Lisbon 1992. Ed. By J.D. Rodrigues, F. Henriques and F.T. Jeremias. Lisbon, Laboratorio Nacional de Engenharia Civil. S. 1489-1498.

Støre, M. (1992) WETCORR - Et instrument for registrering av våttid. Framdriftsrapport for EUREKA-prosjekt EU 615 EUROCARE-WETCORR. Lillestrøm (NILU OR 76/92).

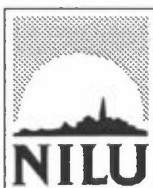
Støre, M. og Marstein, L. (1992) Users Manual for the 0-serial WETCORR-Instrument. First Edition. Lillestrøm (NILU TR 8/92).

Anda, O. (1993) Miljømålinger i Vigelandsparken. Lillestrøm (NILU TR 1/93).

Anda, O. (1993) Utprøving av passive prøvetakere. Lillestrøm, Norsk institutt for luftforskning (NILU TR 6/93).

Haagenrud, S.E. (1993) Sluttrapport for forprosjektfasen av EU454 EUROCARE DATA i Norge. Lillestrøm (NILU OR 45/93).

- Henriksen, J.F., Haagenrud, S.E. og Støre, M. (1993) Monitoring of the wetness impact on buildings by means of new instrument for continuous recordings (EUREKA Project EU 615 EUROCORE WETCORR). I: *Internat. RILEM/UNESCO Congress "Conservation of Stone and other materials"*. Paris, 29 June-1 July 1993. Proceedings. Ed. by M.J. Thiel. London, Spon, 1993, s. 784-791.
- Henriksen, J.F. (1994) Dry deposition on stone surfaces. I. *International symposium on conservation of monuments in the Mediterranean basin*, 3. Venice 1994. Proceedings. Ed. by V. Fassina, H. Ott and F. Zezza. Venezia, Soprintendenza, s. 198-193.
- Henriksen, J.F. (1994) EU 446 EUROCORE CAREBUILD - Miljømålinger rundt Hamar domkirkeruin. Lillestrøm (NILU OR 4/94).
- Henriksen, J.F. og Haagenrud, S.E. (1994) The EUREKA project EU 615 EUROCORE-WETCORR Report from the NBS-MK Seminar at ABB Conference Centre. Billingstad, 24 November 1993. Lillestrøm (NILU OR 37/94).
- Haagenrud, S.E. og Henriksen, J.F. (1994) Materialkorrosjon forårsaket av luftforurensninger - med vekt på dose-responsammenhenger. Kjeller (NILU OR 74/94).
- Katsanos, N.A., De Santis, F., Fassina, V., Henriksen, J.F. og Johansson, L.G. (1994) Final Report on the Programme "Physicochemical parameters, including pollutants interaction, affecting the rates of dry deposition on stone surfaces". Contract No. STEP-CT 90-0108 (TSTS).
- Støre, M. (1994) Måling av fuktbelastning på Nidros domkirke med et WETCORR-instrument. Lillestrøm (NILU OR 9/94).
- Anda, O. og Waldum, A. (1995) EUROLIME Norge. Delrapport 3. Restaureringsmørtlers bestandighet. Prøving i felt og laboratorier (under utarbeidelse).
- Anda, O. og Henriksen, J.F. (1995) PROWOOD-resultater fra første års eksponering på ECE-stasjoner (utkast mai 1995).
- Haagenrud, S.E., Henriksen, J.F. og Skancke, T. (1995) Mapping of Urban Material Degradation from Available Data". *Water, Air and Soil Pollution* (akseptert til publisering).
- Henriksen, J.F. (1995) Reactions of gases on calcareous stones under dry conditions in field and laboratory studies. *Water, Air and Soil Pollution* (akseptert til publisering).



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE TEKNISK RAPPORT	RAPPORT NR. TR 10/95	ISBN-82-425-0707-4	
DATO 10.10.95	ANSV. SIGN. <i>Henriksen</i>	ANT. SIDER 30	PRIS NOK 45,-
TITTEL Miljøvirkninger på bygningsmassen og den materielle kulturarv Resultater fra NILUs instituttprogram 1991-93		PROSJEKTLEDER J.F. Henriksen	
		NILU PROSJEKT NR. E-94002	
FORFATTER(E) Jan F. Henriksen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVER NILU			
STIKKORD Forurensninger	Mikromiljømålinger	Material studier	
REFERAT NILUs satsing på materialforskning i perioden 1991-93 er presentert og de viktigste resultatene er summert. Satsingen har vært størst på studier av mikromiljøet og betydelig økte muligheter for slike målinger er utviklet. Økte kunnskaper på materialsiden har primært vært på nedbrytning av tre, kalkpuss og stein.			
TITLE The environmental impact on buildings and our cultural heritage - Results from NILU institute programme 1991-93.			
ABSTRACT			

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