

nilu

NILU rapport 10/2024

**Måling av gasser i
Statsarkivets lokaler
i Trondheim**

Forord

Denne rapporten er en leveranse til Statsarkivet i Trondheim av måleresultater i to innendørs lokaliteter. Det ble gjort målinger av flyktige organiske forbindelser (VOC), maursyre (HCOOH), eddiksyre (CH₃COOH) og ammoniakk (NH₃) med NILU prøvetakere: TenaxTM-rør for flyktige organiske forbindelser (VOC) og «knapp-prøvetakere» av IVL-type for maursyre og eddiksyre, og ammoniakk.

I tillegg til forfatterne bidro følgende NILU-kolleger til leveransen: Katrine Aspmo Pfaffhuber og Erik Andresen var ansvarlig for analysene og levering av de passive prøvetakerne for maur- og eddiksyre, og ammoniakk. Heidi Eikenes bidro i VOC analysene.

Innhold

Forord	2
Sammendrag	5
1 Målinger	6
2 Resultater	6
2.1 Maursyre og eddiksyre (Vedlegg A)	6
2.2 Ammoniakk (NH ₃) (Vedlegg B)	7
2.3 Flyktige organiske forbindelser (VOC) (Vedlegg C)	7
3 Forhold som kan ha betydning for målte konsentrasjoner i lite ventilerte rom	9
4 Konklusjon - vurdering av forekomst og helse/skade-risiko	10
4.1 Typisk forekomst av VOC, maur- og eddiksyre og ammoniakk i museer, og risiko for skade på gjenstander	10
5 Muligheter for videre undersøkelser	12
Vedlegg A Målerapport maursyre (HCOOH) og eddiksyre (CH₃COOH)	14
Vedlegg B Målerapport ammoniakk (NH₃)	16
Vedlegg C Detaljerte resultater - flyktige organiske forbindelser (VOC)	18

Sammendrag

NILU har gjort målinger av flyktige organiske forbindelser (VOC), maursyre (HCOOH), eddiksyre (CH₃COOH) og ammoniakk i to lokaliteter ved Statsarkivet i Trondheim, på oppdrag fra Statsarkivet.

Formålet med målingene var å undersøke om det var uvanlig forhøyde konsentrasjoner av gassene i en eller flere av lokalitetene ved Statsarkivet, som kunne være en årsak til ubehag eller risiko i arbeidsmiljøet. Det var også et ønske å sammenligne de målte konsentrasjonene med grenseverdier for skade på følsomme kulturarvmaterialer.

De målte konsentrasjonene var lave og skulle ikke være noen risiko for helse eller skade på materialer. 2,6 ganger forhøyet konsentrasjon (403 µgm⁻³) av flyktige organiske forbindelser (TVOC) ble funnet i den ene av lokaliteten sammenlignet med den andre. Prøven hadde høyere konsentrasjoner spesielt av forbindelser som oftest har kilde i utslipp og forbrenning av petroleumsderivater som: toluen, o-xylen, benzen- og butan-forbindelser.

Måling av gasser i Statsarkivets lokaler i Trondheim

1 Målinger

Passive målinger av maursyre (HCOOH), eddiksyre (CH₃COOH), ammoniakk (NH₃) og flyktige organiske forbindelser (VOC) ble gjort i to lokaliteter ved Statsarkivet i Trondheim, notert som lokasjoner nr. 1: Mag A Red 097, og nr. 2: Mag D Red 101¹.

Målingene ble gjort på følgende måte:

- med oppsamling av maursyre og eddiksyre på en passiv prøvetaker, og av ammoniakk på en annen passiv prøvetaker, alle av IVL- «knapp»-type, montert fra 7. desember 2023 til 2. januar 2024, det vil si i 26 dager.
- med oppsamling av flyktige organiske forbindelser med ett TenaxTM-rør² montert i hver av lokalitetene fra 7. desember kl. 13.30-13.45 til 13. desember kl.09.15, 2023, det vil si i 6 dager.

Prøvene ble levert til NILU i postforsendelse etter hver nedmontering og analysert på NILUs kjemiske laboratorium. Fra målingene med IVL prøvetakerne blir konsentrasjonene i luft (µg/m³) av maursyre, eddiksyre og ammoniakk rapportert. Fra målingene med Tenax rør blir den totale konsentrasjonen (µg/m³) i luft av flyktige organiske forbindelser (eng. *Total Volatile Organic Compounds*, TVOC) rapportert, oppgitt som toluen-ekvivalenter³. Den kjemiske sammensetningen av TVOC rapporteres også som konsentrasjonene i luft av de enkelte flyktige organiske forbindelsene (VOC). Flyktige organiske forbindelser (VOC) er avgrenset i analysen som forbindelser med mindre enn 16 karbonatomer. Maursyre og eddiksyre ble målt separat da Tenax oppsamling og analyse har dårlig deteksjon av de aller letteste organiske gassene, som da ikke rapporteres fra Tenax målingene.

2 Resultater

2.1 Maursyre og eddiksyre (Vedlegg A)

Tabell 1: Måleresultater for maursyre og eddiksyre ved to lokaliteter ved Statsarkivet i Trondheim, desember 2023 – januar 2024. Enhet: µg/m³.

Prøve-ID	Journal nummer	Dato fra	Dato til	Antall dager	Maursyre µg/m ³	Eddiksyre µg/m ³
1. Statsarkivet, MAG A, Reol 097	O-112087-2024-1-1	07.12.2023	02.01.2024	26	5,8	4,4
2. Statsarkivet, MAG D, Reol 101	O-112087-2024-1-3	07.12.2023	02.01.2024	26	4,2	4,1

Konsentrasjonen, spesielt av eddiksyre, er lave sammenlignet med typisk forekomst i museer (se kapittel 4.1). I museer og arkiver er konsentrasjonen av eddiksyre som regel høyere enn av maursyre. Det er derfor noe uvanlig at konsentrasjonen av maursyre i Statsarkivets lokaler var høyere, eller

¹ Rapporteringen av lokalitetene fra Statsarkivet som nr. 1. og nr. 2 var forskjellig for de forskjellige gassene. Denne nummereringen som ble gitt i prøveskjemaet for VOCen blir i denne rapporten brukt for alle målingene.

² Tenax er et varemerke som betegner en type prøvetaker som er innsatt adsorpsjonsmaterialet Tenax. Adsorpsjon betyr avsetning av kjemiske forbindelser på en flate, men uten kjemisk omdanning av stoffet.

³ Mengden av hver komponent angis som om den detekterte mengden i analysen var toluen. Dette er vanlig prosedyre i VOC-analyser. Dette gjøres fordi en på forhånd ikke vet hvilke komponenter en kommer til å finne i prøven. Toluen, C₇H₈, også kalt metylbenzen i IUPAC-nomenklatur, består av en benzen-ring (C₆H₆) hvor et H-atom er byttet ut med en metylgruppe (CH₃).

omtrent like høye, som konsentrasjonen av eddiksyre. Dette må sees i sammenheng med de lave konsentrasjonene av eddiksyre og emisjonskildene i lokalitetene.

2.2 Ammoniakk (NH₃) (Vedlegg B)

Tabell 2: Måleresultater for ammoniakk ved to lokaliteter ved Statsarkivet i Trondheim desember2023 – januar 2024. Enhet: µg/m³.

Prøve-ID	Journal nummer	Dato fra	Dato til	Antall dager	NH ₃ µg/m ³
1. Statsarkivet, MAG A, Reol 097	O-112087-2024-1-6	07.12.2023	02.01.2024	26	5,4
2. Statsarkivet, MAG D, Reol 101	O-112087-2024-1-5	07.12.2023	02.01.2024	26	7,6
Blindprøve					2,5

Konsentrasjonene er lave og som forventet sammenlignet med et museum (se kapittel 4.1)

2.3 Flyktige organiske forbindelser (VOC) (Vedlegg C)

Den totale konsentrasjonen i luft av flyktige organiske forbindelser (TVOC) ble målt til 403 µg/m³ toluen-ekvivalenter i lokalitet nr. 1 (MAG A, Reol 097), og 155 µg/m³ toluen-ekvivalenter i lokalitet nr. 2 (MAG D, Reol 101). Tabell 3 viser konsentrasjonen de 40 mest forekommende flyktige organiske gassene i lokalitet nr. 1, og sammenlignet med lokalitet nr. 2. Antatte mulige kilder til de målte VOCene er gitt i Tabell 3 og i vedlegg C.

Tabell 3: Konsentrasjon av 40 mest forekommende VOCer i lokalitet nr. 1, og sammenligning med forekomsten av de samme gassene i lokalitet nr. 2. Merk at resultatene er hentet direkte fra NILUs systemer og at komponentnavn og mulige kilder derfor er på engelsk.

Forklaring: forhold gitt ved farger				
0-1	1-10	10-20	20-30	Finnes bare i lokalitet 1

Komponentnavn	Mulige kilder	Konsentrasjon µg/m ³	Konsentrasjonsforhold: Lokalitet 1 / lokalitet 2
TVOC		403	2,6
Toluene	Combustion engines (cars, boats, generators), solvents	66,57	3,6
Benzene, 1,3-dimethyl-	Combustion engines (cars, boats, generators)	42,33	
Pentane, 2-methyl-	Glue, office supplies, building materials	22,22	34,9
Butane, 2-methyl-	Petroleum, gasoline, body care products, caulk/sealant	20,91	28,2
3-Furaldehyde	Solvent, natural in Norwegian spruce and honey	18,93	1,4
o-Xylene	Combustion engines (cars, boats, generators)	14,28	

Pentane, 3-methyl-	Glue, office supplies, paints, caulk/sealant, adhesives	10,34	27,5
Benzene, 1,2,4-trimethyl-		9,97	
Ethylbenzene	Combustion engines (cars, boats, generators)	9,95	12,6
Acetone	Solvent. Human/animal breath	8,74	1,3
Cyclopentane, methyl-	Petroleum impurity. Paints. Solvent.	8,22	13,9
Pentane	Fuel component, lamp oil/lighter fluid, building materials	7,80	13,3
Benzene	Combustion engines (cars, boats, generators)	6,64	3,8
Cyclohexane	Solvent, lamp oil/lighterfluid, office supplies, glue, adhesives	6,57	14,8
2-Picoline, 6-nitro-		6,33	
Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	Surfactant, solubilizer	6,23	
Hexanal	Flavouring. Fragrance. Natural occouring.	5,34	1,0
n-Hexane	Solvent	5,30	6,7
Benzaldehyde	Many natural and industrial sources	4,49	0,7
Butane, 2,2-dimethyl-		4,34	
Hexane, 3-methyl-	lubricants, adhesives, sealants, oils, paints, coatings, engine fluids	4,02	0,9
Heptane	Fuel. Lamp oil/lighter fluid. Fabric protection	3,84	1,9
Acetic acid, methyl ester	Solvent in glue, paint	3,55	1,2
Hexane, 2-methyl-	Engine oil/lubricant additive.	3,27	1,1
Benzene, 1-ethyl-4-methyl-		3,26	3,6
Nonanal	Perfumes, natural oils	3,23	1,2
Thujene		3,17	
1-Butanol		2,82	0,9
Mesitylene		2,74	
Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	D3-siloxane. Used in personal care products	2,55	0,5
1-Hexanol, 2-ethyl-	Solvents, fragrances, flavors	2,54	0,8

2-Pentanone, 3-ethyl-		2,42	
1-Pentene		2,25	0,8
2-Propanol, 1-methoxy-	Solvent. Antifreeze. Paints/coatings	2,14	0,8
Benzene, propyl-		2,14	11,6
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	D4-siloxane. Cosmetics, personal care products	1,97	11,0
Decane, 2,4-dimethyl-		1,95	
Benzene, 1-ethyl-2-methyl-		1,93	
Hexane, 3,4-dimethyl-		1,90	
Cyclohexane, methyl-		1,87	3,2

Det kan være mange forskjellige kilder til de, i de fleste tilfellene, små mengdene av identifiserte VOCer. Spesielt syntes det å være høyere konsentrasjoner i lokalitet nr.1 enn i lokalitet nr. 2 av stoffer som typisk kommer fra forbrenning av petroleumsderivater: toluen, o-xylen, benzen- og butanforbindelser. Dette kunne tyde på en (større) kilde til infiltrasjon fra slike kilder til lokalitet nr.1 enn til lokalitet nr. 2. Andre typiske kilder til organiske gasser innendørs kan være papir og treverk, som kan avgi f.eks. alpha-Pinene, laboratoriekjemikalier hvis slike er til stede, hudpleieprodukter, mat og drikke, menneskelig ånding og metabolisme, med flere. Internettsøk på de enkelte kjemikalienavnene og/eller CAS numrene kan gi informasjon om typiske kilder.

Resultatene, inkludert CAS# og den kjemiske sammensetningen av TVOC, rapporteres i Vedlegg C. Alle resultatene er også rapportert til Statsarkivet som Excel filer.

3 Forhold som kan ha betydning for målte konsentrasjoner i lite ventilerte rom

De to lokalitetene ved Statsarkivet ble oppgitt å ha passiv klimatisering og ingen eller lav ventilasjon/infiltrasjon.

Avdunsting / emisjon

I et lukket rom vil netto avdunstingen av gasser bestemme hvor fort rommet «fylles» til likevektskonsentrasjonen. Høyere avdunsting vil gi raskere fylling, til en høyere maksimumskonsentrasjon ved likevekt. Netto avdunstingen er forholdet mellom avdunsting og avsetning av en gass per areal per tid.

Størrelse

Hvis netto fordampnings-/avdunstings-rate av en forurensende gass er den samme fra overflatene i to lukkede rom som er like, bortsett fra størrelsen, da vil konsentrasjonen bygge seg opp fortere i det minste rommet enn i det større rommet. Dette følger av at det mindre rommet har større innvendig areal i forhold til volum. Ved likevekt vil konsentrasjonen i rommene være den samme. Fordampingen er da oppgitt som mengde per areal per tid.

Ventilasjon

Hvis det er den samme luftutskiftingen per døgn/time, i et lite og et større rom, som har samme konsentrasjoner av en gass når de er lukket, da vil konsentrasjonen av gassen være lavere i det større

enn i det mindre rommet. Dette følger av at det tar lengre tid å «fylle» et større rom, og at «fyllingsgraden» av gassen i balanse med ventilasjonen, blir mindre i det større enn i det mindre rommet.

4 Konklusjon - vurdering av forekomst og helse/skade-risiko

De målte konsentrasjonene av gasser er generelt lave og utgjør ingen risiko for skade på materialer eller akutt sykdom. Et konsentrasjonsnivå av VOC som i lokalitet nr. 2, på c. 400 µg/m³, har vært brukt som indikasjon på mulig ubehag hos noen eksponerte. Grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren i lovdata⁴ (mgm⁻³) er for gassene: Eddiksyre: 25, maursyre: 9, ammoniakk: 11, og for noen av de mest forekommende VOCene i prøvene: toluen: 94, benzen: 0.66, etylbenzen: 20, o-xylen: 108, aceton: 295, og pentan: 750. Disse verdiene er en faktor c.1000 høyere enn de målte verdiene i Statsarkivet, men lavest for Benzen som er en faktor 100 høyere.

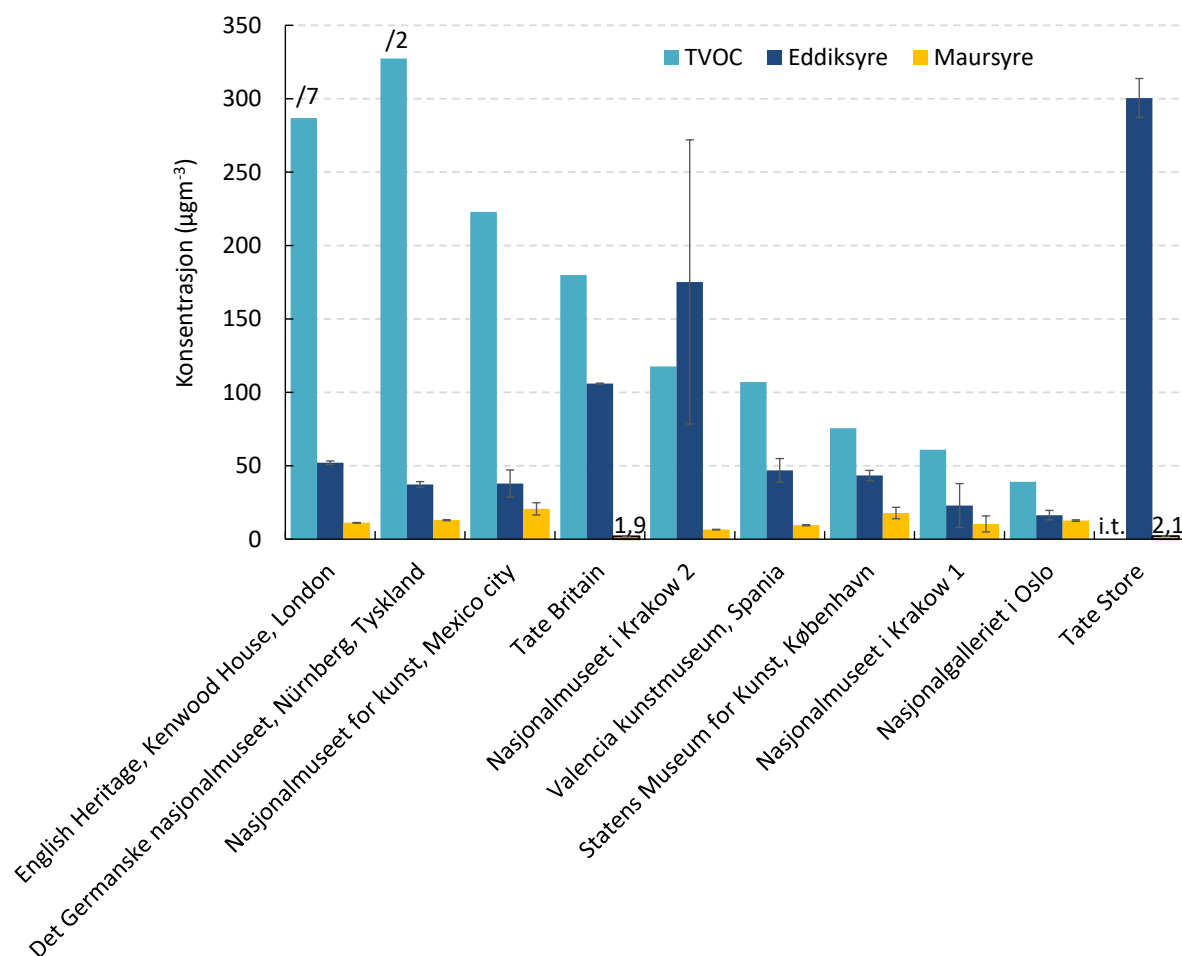
Høyere konsentrasjoner ble målt av alle gassene i lokalitet nr. 1 enn i lokalitet nr.2, og betydelig mer VOCer. Konsentrasjonsforholdet mellom lokalitet nr.1. og nr.2 var: Eddiksyre: 1.1, maursyre: 1.4, ammoniakk 1.4, og TVOC: 2.6. Gitt at det ikke er ventilasjon i lokalitetene, kan dette forklares med mer avdunsting eller andre kilder til noen VOCer i lokalitet nr. 1 enn i lokalitet nr.2. Slike muligheter ble diskutert i Teams-møte mellom NILU og Statsarkivet.

Nedenfor gis noen grenseverdier for skader på kulturmaterialer fra maur- og eddiksyre, og sammenligning av de målte verdiene av maur- og eddiksyre, TVOC og ammoniakk i Statsarkivet med noen andre museer.

4.1 Typisk forekomst av VOC, maur- og eddiksyre og ammoniakk i museer, og risiko for skade på gjenstander

Figur 1 viser nivåene av TVOC som summen av de 30 mest forekommende stoffene, og av eddik- og maursyre, som ble målt i museumsgallerier og rom i EU Propaint prosjektet i perioden februar til mai 2008 (<https://propaint.nilu.no/nilu/>).

⁴ Lovdata. 2021. Forskrift om endring i forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier. https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1358#KAPITTEL_8 [besøkt 27. februar 2024].



Figur 1: TVOC, eddiksyre og maursyre i noen gallerier, rangert etter mengden TVOC. EU-Propaint prosjektet 2008 (<https://propaint.nilu.no/>). Merk at mengdene TVOC i English Heritage, Kenwood House er delt på 7, og i det Germanske nasjonalmuseet er delt på 2, og at disse da var 2008 µgm⁻³ og 655 µgm⁻³. i.t. = ikke tilgjengelig.

Konsentrasjonen av eddiksyre vises som høyere enn av TVOC i Nasjonalmuseet i Krakow 2, i Figur 1. Dette skyldes antakelig at TVOC målingen dårlig fanger eddiksyre. Figur 1 viser at betydelig høyere TVOC konsentrasjoner, enn de 403 µgm⁻³ som ble målt i Statsarkivet, kan forekomme i gallerier, men at dette sannsynligvis er ganske uvanlig. I de fleste gallerier er konsentrasjonen av TVOC antageligvis lavere, av maursyre noe høyere, og av eddiksyre betydelig høyere enn målt i lokalitetene ved Statsarkivet. Inne i avlukker som mikroklimarammer, montre, oppbevaringsbokser og transportkasser kan konsentrasjonene være betydelig høyere enn i Figur 1.

I 1994-1995 målte NILU ammoniakk i museumsrom ved Kulturhistorisk museum i Oslo⁵ til å være fra 2,4 til 14,4 µgm⁻³. Konsentrasjonen av ammoniakk målt ved Statsarkivet er på samme nivå.

Tabell 2 viser grenser for skaderisiko ved eksponering for eddik og maursyre for de mest følsomme kulturarmaterialene⁶.

⁵ Henriksen, J.F., Dahlin, E.M. 2002. Betydningen av luftforurensning og innelima for bevaring av samlingene til statens museer. NILU OR 25/2002. <https://hdl.handle.net/11250/2717283>

⁶ Thickett, D., Grøntoft, T. 2023. Review of Interpreting Gaseous Pollution Data Regarding Heritage Objects. Heritage, 6(10), 6917-6930. <https://doi.org/10.3390/heritage6100361>

Tabell 3: Skaderisiko ved eksponering for konsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av eddik- og maursyre for utvalgte mest følsomme kulturarmaterialer. Rødt betyr at skade som krever aktiv konservering er sannsynlig før det har gått to år. Grønt betyr at observerbar skade på grunn av syrene er usannsynlig de neste 30 årene. Oransje er en situasjon imellom.

Ekvivalent eddiksyre-konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ekvivalent maursyre-konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bly, 50% RH		Følsomt glass		Kobber, 75% RH	Lignin-fritt papir
		Eddiksyre	Maursyre	Eddiksyre	Maursyre		
0-400	<20	Grønt					
	20-100	Grønt	Oransje	Grønt	Oransje	Grønt	Grønt
	100-200	Grønt	Rødt	Grønt	Rødt	Grønt	Grønt
400-750	200-375	Oransje	Rødt	Grønt	Rødt	Grønt	Grønt
750-1500	375-750	Rødt	Rødt	Grønt	Rødt	Grønt	Grønt
1500-3000	750-1500	Rødt	Rødt	Oransje	Rødt	Oransje	Grønt
3000-6000	1500-3000	Rødt					
>6000	>3000	Rødt					

De målte verdiene av maursyre og eddiksyre er i begge lokalitetene under grensene vist i Tabell 2. Det er også kjent at formaldehyd (HCHO) kan skade gjenstander⁷, muligens ved oksidering til maursyre. Det kan være spesielle effekter også av enkelte andre VOCer på enkelte kulturarmaterialer⁸⁹.

5 Muligheter for videre undersøkelser

For å få oversikt over nivåer og eksponering til gasser burde en ideelt sett gjøre kontinuerlige målinger. Slike målinger av TVOC kan gjøres med relativt enkle instrumenter. Slike kunne antakelig Statsarkivet anskaffe og selv drifte hvis det syntes formålstjenlig. Slike målinger vil ikke gi spesifisering av de enkelte flyktige forbindelsene og usikkerhet i målingen av TVOC nivået er ofte stor. Slike målinger vil imidlertid normalt gi god informasjon om variasjoner over året, som også da kan sammenlignes med passive målinger gjort i noen deler av året. En slik instrument-måletjeneste kan også leies fra for eksempel NILU. Instrument- og personalkostnadene for dette ville bli høyere enn for de nå utførte passive målingene.

Et billigere og enklere alternativ ville være å gjenta de passive VOC målingene i andre deler av året, enn vinteren, da utslipp og konsentrasjoner kan være annerledes. Da burde en antakelig også måle utendørs utenfor bygget, som en sammenligning og referanse til mulige utekilder til målingene inne. En slik måling på den varmeste tiden av året, kanskje raskt etter sommerferie i august, ville antakelig gi mest tilleggsinformasjon til de målingene som nå ble gjort i desember-januar. Avdunsting fra materialer innendørs øker oftest med temperatur, mens utekildene i en by vanligvis er færre og mindre om sommeren enn om vinteren. Årssykluser har gjerne sine maksimum og minimum om sommeren og vinteren eller visa-versa, og en slik tilleggsmåling kan gi en god ide om årssvingningene. Hvis en ville ha større sikkerhet kunne en for eksempel også gjøre målingene vår og høst.


⁷ Tétréault, J. 2003. Airborne Pollutants in Museums Galleries and Archives. Canadian Conservation Institute: Ottawa, Canada.

⁸ Thickett D. 2020. Review of analysis for cultural heritage conservation. Current Topics in Analytical Chemistry, 12, pp. 73–88.

⁹Tsukada, M., Rizzo, A., Granzotto, C. 2012. AIC News, 37, 1. https://www.culturalheritage.org/docs/default-source/periodicals/2012-01-jan-aicnews.pdf?sfvrsn=2eaa4e46_4

Vedlegg A

Målerapport maursyre (HCOOH) og eddiksyre (CH₃COOH)

Målerapport for organiske syrer (eddiksyre og maursyre) i luft med passiv prøvetaker						
Målerapport	: NILU-U-7731-24					
Prosjekt nummer	: O-112087					
Prøve-ID	Journal nummer	Dato Fra	Dato Til	Antall dager	Maursyre $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eddiksyre $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Statsarkivet, MAG A, Reol 097	O-112087-2024-1-1	07.12.2023	02.01.2024	26	5.8	4.4
Statsarkivet, MAG D, Reol 101	O-112087-2024-1-3	07.12.2023	02.01.2024	26	4.2	4.1

Vedlegg B

Målerapport ammoniakk (NH₃)



Beregning av NH₃-gass i luft målt med med passiv prøvetaker

Målerapport

: NILU-U-7731-24

Prosjekt nummer

O-112087

Prøveidentifikasjon	Oppdragsnummer	Fradato	Tildato	Fra kl	Til kl	Antall	NH ₄ -N	NH ₃ -N	NH ₃
						døgn	µg N/ml	µg N/m ³	µg/m ³
Statsarkivet Mag D Red 101, Nr. 1	O-112087-2024-1-5	07.12.2023	02.01.2024			26	1.54	4.4	5.4
Statsarkivet Mag A Red 097, Nr. 2	O-112087-2024-1-6	07.12.2023	02.01.2024			26	2.16	6.2	7.6
Statsarkivet Blind		07.12.2023	02.01.2024			26	0.72	2.1	2.5

Vedlegg C

Detaljerte resultater - flyktige organiske forbindelser (VOC)

Lokalitet nr. 1, Statsarkivet, MAG A, Reol 097 – VOC konsentrasjoner oppgitt som toluen-ekvivalenter (TE). Merk at dette er hentet direkte fra NILUs analyseinstrumenter/systemer og at teksten derfor er på engelsk.

Compound Name	CAS#	Concentration , $\mu\text{g}/\text{m}^3$
TVOC (184 compounds identified)		402,8
Toluene	108-88-3	66,57
Benzene, 1,3-dimethyl-	106-42-3	42,33
Pentane, 2-methyl-	107-83-5	22,22
Butane, 2-methyl-	78-78-4	20,91
3-Furaldehyde	498-60-2	18,93
o-Xylene	95-47-6	14,28
Pentane, 3-methyl-	96-14-0	10,34
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	95-63-6	9,97
Ethylbenzene	100-41-4	9,95
Acetone	67-64-1	8,74
Cyclopentane, methyl-	96-37-7	8,22
Pentane	109-66-0	7,80
Benzene	71-43-2	6,64
Cyclohexane	110-82-7	6,57
2-Picoline, 6-nitro-	18368-61-1	6,33
Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	620-14-4	6,23
Hexanal	66-25-1	5,34
n-Hexane	110-54-3	5,30
Benzaldehyde	100-52-7	4,49
Butane, 2,2-dimethyl-	75-83-2	4,34
Hexane, 3-methyl-	589-34-4	4,02
Heptane	142-82-5	3,84
Acetic acid, methyl ester	79-20-9	3,55
Hexane, 2-methyl-	591-76-4	3,27
Benzene, 1-ethyl-4-methyl-	622-96-8	3,26
Nonanal	124-19-6	3,23
Thujene	2867-05-2	3,17
1-Butanol	71-36-3	2,82
Mesitylene	108-67-8	2,74
Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	541-05-9	2,55
1-Hexanol, 2-ethyl-	104-76-7	2,54
2-Pentanone, 3-ethyl-	6137-03-7	2,42
1-Pentene	109-67-1	2,25
2-Propanol, 1-methoxy-	107-98-2	2,14
Benzene, propyl-	103-65-1	2,14
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	556-67-2	1,97
Decane, 2,4-dimethyl-	2801-84-5	1,95
Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	611-14-3	1,93
Hexane, 3,4-dimethyl-	583-48-2	1,90
Cyclohexane, methyl-	108-87-2	1,87
Heptadecane	629-78-7	1,80
Tetradecane	629-59-4	1,65
Pentanal	110-62-3	1,63
Azulene	275-51-4	1,61
Ethanol	64-15-5	1,61

Benzene, 1,2,3-trimethyl-	526-73-8	1,57
Undecane	1120-21-4	1,56
Hexadecane	544-76-3	1,46
Pentadecane	629-62-9	1,41
1H-Indene, 2,3-dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-	3910-35-8	1,37
Octane	111-65-9	1,37
Tridecane	629-50-5	1,27
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	6846-50-0	1,25
2-Butene, 2-methyl-	513-35-9	1,18
Heptanal	111-71-7	1,16
Heptane, 2-methyl-	592-27-8	1,01
Pentane, 2,2,4-trimethyl-	540-84-1	1,00
D-Limonene	5989-27-5	0,99
Pentane, 2,3-dimethyl-	565-59-3	0,93
Octanal	124-13-0	0,91
Isopropyl myristate	110-27-0	0,90
Butane	106-97-8	0,89
Decane	124-18-5	0,84
Pentane, 2,4-dimethyl-	108-08-7	0,81
Hexane, 2,4-dimethyl-	589-43-5	0,80
Acetophenone	98-86-2	0,77
2-Methyl-1-butene	563-46-2	0,75
Pentadecane, 2,6,10-trimethyl-	3892-00-0	0,75
Isopropyl Alcohol	67-63-0	0,72
Indane	496-11-7	0,71
Benzene, 1,4-diethyl-	105-05-5	0,70
¹⁾ Naphthalene, 2-methyl-	91-57-6	0,68
²⁾ 2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	0,66
Decanal	112-31-2	0,66
Pentane, 2,3,3,4-tetramethyl-	16747-38-9	0,64
Styrene	100-42-5	0,64
Phenol	108-95-2	0,64
Acetic acid ethenyl ester	108-05-4	0,57
Diethyl Phthalate	84-66-2	0,57
²⁾ 2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	0,56
Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-	934-80-5	0,54
Furan, 2-pentyl-	3777-69-3	0,54
.beta.-Pinene	127-91-3	0,54
¹⁾ Naphthalene, 2-methyl-	91-57-6	0,54
Nonane	111-84-2	0,54
Pentane, 2-bromo-	107-81-3	0,51
p-Cymene	99-87-6	0,51
Octadecane	593-45-3	0,50
Benzothiazole	95-16-9	0,50
Benzene, 1-methyl-4-propyl-	1074-55-1	0,43
Hexane, 2,3-dimethyl-	584-94-1	0,42
Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1	0,41
Cyclopentane, ethyl-	1640-89-7	0,41
Cyclohexane, 1,3-dimethyl-	591-21-9	0,41
2-Heptanone	110-43-0	0,40
Sulfur dioxide	7446-09-5	0,40

Formaldehyde	50-00-0	0,39
Benzene, (1-methylethyl)-	98-82-8	0,38
Z-3,4,4-Trimethyl-2-pentene	39761-64-3	0,37
Pentane, 2,2-dimethyl-	590-35-2	0,33
Cyclobutanone, 2,2,3,4-tetramethyl-, cis-	87481-00-3	0,32
Benzyl 2-chloroethyl sulfone	66998-67-2	0,32
2-Octanone	111-13-7	0,31
Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-	874-41-9	0,30
2-Propenal	107-02-8	0,30
²⁾ 2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	0,30
Ethanol, 2-butoxy-	111-76-2	0,30
Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl-	527-53-7	0,29
(+)-2-Bornanone	464-49-3	0,28
Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-	95-93-2	0,28
2-Pentanone	107-87-9	0,28
²⁾ 2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	0,26
Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	13475-82-6	0,26
Hexane, 2,5-dimethyl-	592-13-2	0,26
Isobutane	75-28-5	0,26
Propane, 2-ethoxy-2-methyl-	637-92-3	0,25
Oxalic acid, dicyclobutyl ester	1000309-69-5	0,25
2-Propenoic acid, butyl ester	141-32-2	0,24
1-Butene, 2,3-dimethyl-	563-78-0	0,24
Indan, 1-methyl-	767-58-8	0,23
Cyclopentene, 1-methyl-	693-89-0	0,22
Acetaldehyde	75-07-0	0,22
Hexane, 3,3-dimethyl-	563-16-6	0,21
Pentane, 3-ethyl-	617-78-7	0,21
Benzene, (1-butylheptyl)-	4537-15-9	0,21
2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-	695-06-7	0,20
Furan, 3-methyl-	930-27-8	0,20
2-Hexanone	591-78-6	0,20
³⁾ Naphthalene, 1,2-dimethyl-	573-98-8	0,20
Anthracene	120-12-7	0,20
Benzene, tert-butyl-	98-06-6	0,19
Biphenyl	92-52-4	0,19
Ethanone, 1-(2-furanyl)-	1192-62-7	0,19
2-Butanol, 3-methoxy-	53778-72-6	0,19
Naphtho[2,1-b]furan	232-95-1	0,19
Cyclohexane, ethyl-	1678-91-7	0,19
Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-	1758-88-9	0,18
Acenaphthene	83-32-9	0,17
Methylene chloride	75-09-2	0,17
(Z)-(Z)-Hex-3-en-1-yl 2-methylbut-2-enoate	84060-80-0	0,17
³⁾ Naphthalene, 1,2-dimethyl-	573-98-8	0,17
2-Pentene, 2,4,4-trimethyl-	107-40-4	0,16
Cyclohexane, pentyl-	4292-92-6	0,16
Octane, 3,6-dimethyl-	15869-94-0	0,16
Pentane, 3,3-diethyl-	1067-20-5	0,15
Undecane, 3,7-dimethyl-	17301-29-0	0,15
Decane, 3,8-dimethyl-	17312-55-9	0,14

Propane, 1,2-dichloro-	78-87-5	0,14
3-Methyl-oxirane-2-carboxylic acid, methyl ester	1000194-20-4	0,14
Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl ester	77-68-9	0,13
Benzene, (1-methylpropyl)-	135-98-8	0,13
Ethanol, 2-phenoxy-	122-99-6	0,13
Undecane, 6,6-dimethyl-	17312-76-4	0,13
Oxalic acid, isobutyl heptyl ester	1000309-37-2	0,13
Benzamide, N-(2-phenylethyl)-N-heptyl-	1000491-46-1	0,12
Furan	110-00-9	0,12
3-Hepten-2-one	1119-44-4	0,12
n-Propyl acetate	109-60-4	0,11
³⁾ Naphthalene, 1,2-dimethyl-	573-98-8	0,10
2-Furanmethanol, tetrahydro-, acetate	637-64-9	0,10
Nonane, 3,7-dimethyl-	17302-32-8	0,10
Cyclohexane, propyl-	1678-92-8	0,10
Hexane, 2,2,5,5-tetramethyl-	1071-81-4	0,10
Carbon Tetrachloride	56-23-5	0,09
Trichloromonofluoromethane	75-69-4	0,09
Hydroxymethyl 2-hydroxy-2-methylpropionate	1000289-09-5	0,09
Acetamide, N-cycloheptyl-2,2-diphenyl-	351062-01-6	0,08
Dodecane, 1-iodo-	4292-19-7	0,08
2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-	10493-98-8	0,08
N-Dimethylaminomethyl-tert.-butyl-isopropylphosphine	83718-54-1	0,08
Decane, 6-ethyl-2-methyl-	62108-21-8	0,07
3-Heptanone	106-35-4	0,07
Cyclohexane, octyl-	1795-15-9	0,07
3-Isopropylbenzaldehyde	34246-57-6	0,06
4-Hexen-3-one, 5-methyl-	13905-10-7	0,06
Acetonitrile, trifluoro-	353-85-5	0,06
Pentane, 3-methylene-	760-21-4	0,05
Benzene, (1-butylhexyl)-	4537-11-5	0,05
Cyclopropane	75-19-4	0,05
1,1'-Biphenyl, 3-methyl-	643-93-6	0,04
2-Ethylbutyl acrylate	3953-10-4	0,02
Ethane, 1,2-diethoxy-	629-14-1	0,02
Pentane, 3,3-dimethyl-	562-49-2	0,02
Cyclohexane, isothiocyanato-	1122-82-3	0,01

Merknader:

¹⁾ Methylnaphthalene isomer

²⁾ DIPN isomer

³⁾ Dimethylnaphthalene isomer

Lokalitet nr. 2, Statsarkivet, MAG D, Reol 101. - Konsentrasjoner oppgitt som toluen-ekvivalenter (TE).
Merk at dette er hentet direkte fra NILUs analyseinstrumenter/systemer og at teksten derfor er på engelsk.

Compound Name	CAS#	Concentration , $\mu\text{g}/\text{m}^3$
TVOC (141 compounds identified)		154,7
Toluene	108-88-3	18,75
3-Furaldehyde	498-60-2	13,38
Acetone	67-64-1	6,53
Benzaldehyde	100-52-7	6,05
Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	541-05-9	5,55
Hexanal	66-25-1	5,17
Hexane, 3-methyl-	589-34-4	4,47
.alpha.-Pinene	80-56-8	4,42
Styrene	100-42-5	4,02
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	556-67-2	3,35
(1H)Pyrrole-3-carbonitrile, 2-methyl-	26187-27-9	3,27
3-Carene	13466-78-9	3,26
1-Hexanol, 2-ethyl-	104-76-7	3,25
m/p-Xylene	95-47-6	3,05
1-Butanol	71-36-3	3,04
Acetic acid, methyl ester	79-20-9	3,02
Hexane, 2-methyl-	591-76-4	2,87
2-Propanol, 1-methoxy-	107-98-2	2,78
Nonanal	124-19-6	2,71
Heptane	142-82-5	2,05
Hexadecane	544-76-3	1,87
Pentane, 2,3-dimethyl-	565-59-3	1,77
Benzene	71-43-2	1,76
Dodecane, 2,7,10-trimethyl-	74645-98-0	1,67
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	6846-50-0	1,56
Tetradecane	629-59-4	1,55
¹⁾ Trichloromonofluoromethane	75-69-4	1,44
Pentadecane	629-62-9	1,38
Pentane, 2,3,4-trimethyl-	565-75-3	1,38
Pentanal	110-62-3	1,38
1H-Indene, 2,3-dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-	3910-35-8	1,38
Undecane, 5-methyl-	1632-70-8	1,31
Ethanol	64-15-5	1,16
Tridecane	629-50-5	1,15
Cyclopentasiloxane, decamethyl-	541-02-6	1,00
Heptanal	111-71-7	0,98
Undecane	1120-21-4	0,92
Benzene, 1-ethyl-4-methyl-	622-96-8	0,90
Octanal	124-13-0	0,88
²⁾ 2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	0,88
²⁾ 2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	0,85
D-Limonene	5989-27-5	0,82
Naphthalene	91-20-3	0,80
Ethylbenzene	100-41-4	0,79
n-Hexane	110-54-3	0,79

Butane, 2-methyl-	78-78-4	0,74
Isopropylbenzene	98-82-8	0,72
Pentadecane, 2,6,10-trimethyl-	3892-00-0	0,69
Acetophenone	98-86-2	0,66
Pentane, 2-methyl-	107-83-5	0,64
1-Propanol, 2-methyl-	78-83-1	0,63
p-Cymene	99-87-6	0,61
²⁾ 2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	0,60
Pentane	109-66-0	0,59
Octadecane	593-45-3	0,59
Diethyl Phthalate	84-66-2	0,59
Cyclohexane, methyl-	108-87-2	0,58
Cyclopentane, methyl-	96-37-7	0,56
Decanal	112-31-2	0,54
Decane	124-18-5	0,53
Furan, 2-pentyl-	3777-69-3	0,51
Acetic acid ethenyl ester	108-05-4	0,50
Cyclohexane	110-82-7	0,44
²⁾ 2,6-Diisopropylnaphthalene	24157-81-1	0,43
Pentane, 2,4-dimethyl-	108-08-7	0,41
Silanol, trimethyl-	1066-40-6	0,40
Pentane, 3,3-dimethyl-	562-49-2	0,40
2-Heptanone	110-43-0	0,39
Phenol	108-95-2	0,39
Pentane, 3-methyl-	96-14-0	0,38
2-Propanol, 1-ethoxy-	1569-02-4	0,33
Butane, 1-isocyano-	2769-64-4	0,31
Naphthalene, 2-methyl-	91-57-6	0,31
Sulfur dioxide	7446-09-5	0,31
Benzene, (1-butylheptyl)-	4537-15-9	0,27
Octane	111-65-9	0,26
Pentane, 3-ethyl-3-methyl-	1067-08-9	0,25
Benzothiazole	95-16-9	0,25
Ethoxyacetylene	927-80-0	0,24
2-Octanone	111-13-7	0,23
Furan, 3-methyl-	930-27-8	0,22
Benzene, (1-butyloctyl)-	2719-63-3	0,21
Nonane	111-84-2	0,21
Benzene, (1-methylethyl)-	98-82-8	0,20
Dibenzofuran	132-64-9	0,20
Propanal	123-38-6	0,20
Benzene, (1-methylethyl)-	98-82-8	0,20
2,4,2',4'-Tetramethyl-biphenyl	1000486-97-7	0,20
Benzene, (1-ethylnonyl)-	4536-87-2	0,20
Ethyl Acetate	141-78-6	0,19
Benzene, propyl-	103-65-1	0,18
Methylene chloride	75-09-2	0,18
Naphthalene, 1,6-dimethyl-	575-43-9	0,18
1H-Tetrazole	288-94-8	0,17
Decane, 3,8-dimethyl-	17312-55-9	0,17
Naphthalene, 1,2-dimethyl-	573-98-8	0,16

Pentane, 2,2-dimethyl-	590-35-2	0,16
Phenol	108-95-2	0,16
Formaldehyde	50-00-0	0,16
2-Pentanone	107-87-9	0,15
Dodecane, 2,6,10-trimethyl-	3891-98-3	0,15
Heptane, 2,3,4-trimethyl-	52896-95-4	0,15
1-Bromo-3-butene-2-ol	64341-49-7	0,14
2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-	695-06-7	0,14
Biphenyl	92-52-4	0,13
Cyclopentane, ethyl-	1640-89-7	0,13
Diethylcyanamide	617-83-4	0,12
Hexane, 2,5-dimethyl-	592-13-2	0,12
2-Hydrazinoethanol	109-84-2	0,12
Carbon Tetrachloride	56-23-5	0,11
Acetic acid, butyl ester	123-86-4	0,11
2-Ethylthiolane, S,S-dioxide	10178-59-3	0,11
Methane, nitro-	75-52-5	0,11
Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1	0,11
Acetaldehyde	75-07-0	0,10
Phthalic acid, 4-fluoro-2-nitrophenyl methyl ester	1000315-63-4	0,10
Furan	110-00-9	0,10
2-Butanone, 3-methyl-	563-80-4	0,10
Sulfurous acid, 2-ethylhexyl hexyl ester	1000309-20-2	0,10
Ethyl ether	60-29-7	0,08
Isobutane	75-28-5	0,08
2-Nonanone	821-55-6	0,07
Cyclopentene	142-29-0	0,07
3-Heptanone	106-35-4	0,07
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-	76-13-1	0,07
Octane, 2,7-dimethyl-	1072-16-8	0,06
N-Dimethylaminomethyl-tert.-butyl-isopropylphosphine	83718-54-1	0,06
m-Ethylacetophenone	22699-70-3	0,06
2-Hexanone	591-78-6	0,06
Acenaphthene	83-32-9	0,06
Propene	115-07-1	0,05
Benzene, (2-methyl-1-propenyl)-	768-49-0	0,04
1-Pentanone, 1-(4-methylphenyl)-	1671-77-8	0,04
Cyclopentane, 1-ethyl-1-methyl-	16747-50-5	0,04
Tetrahydrofurfuryl propionate	637-65-0	0,04
1-Oxa-3,4-diazacyclopentadiene	288-99-3	0,04
Naphthalene, 1,4,6-trimethyl-	2131-42-2	0,03
Cyanic acid, ethyl ester	627-48-5	0,03
Sulfurous acid, di(cyclohexylmethyl) ester	1010309-22-7	0,02
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethenyl)-	1124-20-5	0,02
Cyclohexane, isothiocyanato-	1122-82-3	0,00

Merknader:

1) Freon-11

2) DIPN isomer



NILU er en uavhengig non-profit stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til atmosfærens sammensetning, klimaendringer, luftkvalitet, miljøgifter, helseeffekter, bærekraftige systemer, sirkulær økonomi og digitalisering. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.