
Måling av maursyre og eddiksyre i to oppbevaringsbokser ved Munchmuseet i Oslo

Terje Grøntoft



NILU rapport 25/2023	ISBN: 978-82-425-3138-4 ISSN: 2464-3327	TILGJENGELIGHET: A - Åpen
DATO 13.11.2023	ANSVARLIG SIGNATUR Aasmund Fahre Vik, viseadministrerende direktør og CTO	ANTALL SIDER 20
TITTEL Måling av maursyre og eddiksyre i to oppbevaringsbokser ved Munchmuseet i Oslo	PROSJEKTLEDER Terje Grøntoft	NILU PROSJEKTNUMMER 112087 Munch
FORFATTER(E) Terje Grøntoft	KVALITETSSIKRER Tore Flatlandsmo Berglen	
OPPDRAKSGIVER Munchmuseet, Edvard Munchs Plass 1, 0194 Oslo	OPPDRAKSGIVERS REF.	
REFERAT Målinger av maursyre (HCOOH), eddiksyre (CH ₃ COOH) og flyktige organiske forbindelser (VOC) ble gjort i to oppbevaringsbokser ved Munchmuseet i Oslo. Noe forhøyede konsentrasjoner av maursyre, eddiksyre og totale flyktige organiske forbindelser (TVOC) ble målt i boksene, men konsentrasjonene er like fullt lave sammenlignet med vurderte risikonivåer for kulturav-materialer.		
ENGELSK TITTEL Measurement of acetic and formic acid in two storage boxes in the Munch Museum in Oslo		
EMNEORD Organiske syrer Munchmuseet Oppbevaringsboks		
ABSTRACT (på engelsk) Measurements of formic acid (HCOOH), acetic acid (CH ₃ COOH), and of volatile organic compounds (VOC) were made in two storage boxes in the Munch Museum in Oslo, Norway. Some amounts of formic and acetic acid and of total volatile organic compounds (TVOC) were measured in the boxes, but the concentrations were still low compared with assessed risk-levels of cultural heritage materials.		
	FORSIDEBILDE: Kilde: NILU	

© Stiftelsen NILU

Sitering: Grøntoft, T. (2023) Måling av maursyre og eddiksyre i to oppbevaringsbokser ved Munchmuseet i Oslo (NILU rapport 25/2023). Kjeller: NILU.

NILU er ISO-sertifisert i henhold til NS-EN ISO 9001/ISO 14001 og akkreditert i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025.

Forord

Denne kortrapporten er en leveranse til Munchmuseet av måleresultater fra museets målinger i to lokaliteter (oppbevaringsbokser). Det ble gjort målinger av maursyre (HCOOH), eddiksyre (CH_3COOH) og flyktige organiske forbindelser med NILU prøvetakere: «Knapp-prøvetakere» av IVL-type for maur- og eddiksyre, og TenaxTM-rør for flyktige organiske forbindelser (VOC).

I tillegg til forfatteren bidro følgende NILU-kolleger til leveransen: Erik Andresen administrerte og Katrine Aspmo Pfaffhuber gjorde analysene av eddiksyre og maursyre. Alexander Håland gjorde VOC-analysene.

Innhold

Forord	4
Sammendrag	6
1 Målinger	7
2 Resultater	7
2.1 Maursyre og eddiksyre (Vedlegg A)	7
2.2 Flyktige organiske forbindelser (VOC) (Vedlegg B)	7
3 Forhold som kan ha betydning for målte konsentrasjoner i oppbevarings-bokser	8
4 Konklusjon - vurdering av skaderisiko og forekomst	8
4.1 Eddik og maursyre	8
4.2 Flyktige organiske forbindelser (VOC)	9
4.3 Sammenligning av boksene	9
Vedlegg A	9
Vedlegg B VOC	10

Sammendrag

Klima- og miljøinstituttet NILU har gjort målinger av maursyre (HCOOH), eddiksyre (CH₃COOH) og flyktige organiske forbindelser i to oppbevaringsbokser ved Munchmuseet i Oslo. Prosjektet er utført på oppdrag fra museet.

Formålet med målingene var å måle konsentrasjonene av organiske syrer og flyktige organiske forbindelser (VOC) inni boksene. Gassene kan avdunste fra pappen/materialet som oppbevaringsboksene er laget av. Målingene viser noe tilstedeværelse av maursyre, eddiksyre og totale flyktige forbindelser (TVOC) i boksene, men konsentrasjonene er lave sammenlignet med vurderte risikonivåer for kulturav-materialer.

Måling av maursyre og eddiksyre i to oppbevaringsbokser ved Munchmuseet i Oslo

1 Målinger

Passive målinger av organiske gasser ble gjort i to oppbevaringsbokser ved Munchmuseet, notert som lokasjoner 01-510AA og 02-516AB fra museet. Målingene ble gjort på følgende måte;

- først med oppsamling av flyktige organiske forbindelser med ett TenaxTM-rør¹ montert i hver av boksene fra 8. august kl. 10 til 15. august 2023 kl. 10, det vil si i 7 dager.
- så med oppsamling av maursyre og eddiksyre på en passiv prøvetaker av IVL-type montert i hver boks fra 15. august kl. 10.16 til 5. september 2023 kl. 10.30, det vil si i 21 dager.

Prøvene ble levert NILU etter hver nedmontering og analysert på NILUs kjemiske laboratorium. Fra målingene med de passive prøvetakerne av IVL type blir konsentrasjonene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av maursyre og eddiksyre i luft rapportert. Fra målingen med Tenax rør blir den totale konsentrasjonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i luft av flyktige organiske forbindelser (eng. *Total Volatile Organic Compounds*, TVOC) rapportert, oppgitt som toluen-ekvivalenter². Den kjemiske sammensetningen av TVOC rapporteres også som konsentrasjonene i luft av de ulike enkeltkomponentene av flyktige forbindelsene (eng. *Volatile Organic Compounds*, 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 Munchmuseet i Oslo august – september 2023. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gitt som toluenekvivalenter.

Prøve-ID	Journal nummer	Dato fra	Dato til	Antall dager	Maursyre $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eddiksyre $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Uass. 01-510AA	O-112087-2023-1-3	15.08.23	05.09.23	21	6,2	204
Uass. 02-516AB	O-112087-2023-1-1	15.08.23	05.09.23	21	11	128

2.2 Flyktige organiske forbindelser (VOC) (Vedlegg B)

Den totale konsentrasjonen i luft av flyktige organiske forbindelser (TVOC) ble målt å være $248 \mu\text{g}/\text{m}^3$ toluen-ekvivalenter i boks nr. 1, og $226 \mu\text{g}/\text{m}^3$ toluen-ekvivalenter i boks nr. 2. Resultatene, inkludert den kjemiske sammensetningen av TVOC, rapporteres til Munchmuseet i Excel fil, Vedlegg B.

¹ 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.

² 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, C_7H_8 , også kalt metylbenzen i IUPAC-nomenklatur, består av en benzen-ring (C_6H_6) hvor et H-atom er byttet ut med en metylgruppe (CH_3).

3 Forhold som kan ha betydning for målte konsentrasjoner i oppbevaringsboks

Størrelse

Hvis fordampnings-/avdunstingsraten av en syre eller forurensende gass er den samme fra overflatene i to bokser som er like, bortsett fra størrelsen, da vil konsentrasjonen i den minste boksen være større enn i den største boksen. Dette følger av at den mindre boksen har større innvendig areal i forhold til volum. Fordampingen er da oppgitt som mengde per areal per tid.

Ventilasjon

Hvis boksene er relativt tette, vil den lille ventilasjonen gjennom dem (d.v.s. under lokket og eventuelt gjennom pappen og sammenføyninger) ha liten betydning.

Hvis det er litt ventilasjon gjennom de to boksene og de står i et «rent rom»³, vil ventilasjonen (luftutskiftningen per time) sannsynligvis være større i den minste boksen enn i den største og bidra til å senke konsentrasjonen mer i den mindre enn i den større boksen.

Dette skyldes at den mindre boksen har lengre ventilasjonsåpning, d.v.s. avstand mellom lokk og boks, i forhold til volum.

4 Konklusjon - vurdering av skaderisiko og forekomst

4.1 Eddik og maursyre

Tabell 2 viser grenser for skaderisiko ved eksponering for eddik og maursyre for mest følsomme kulturarvmaterialer⁴.

Tabell 2: Skaderisiko for utvalgte mest følsomme kulturarvmateriale for eksponering for konsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av eddik- og maur-syre. 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	Rødt	Rødt	Rødt	Rødt	Oransje
>6000	>3000	Rødt	Rødt	Rødt	Rødt	Rødt	Rødt

³ Boksene varierer altså bare i størrelse. De har samme utforming og lik åpning/sprekk mellom lokk og boks. I et «rent rom» er det lave konsentrasjoner av de organiske syrene og de flyktige organiske forbindelsene (VOC) (d.v.s. konsentrasjonene er mye mindre i rommet enn inni boksene).

⁴ Thickett; D., Grøntoft, T. 2023. Review of Interpreting Gaseous Pollution Data for Heritage. Accepted for publication in Heritage, MDPI.

De målte verdiene av maursyre og eddiksyre i de to boksene (Tabell 1 og Vedlegg 1), i boks nr. 1: 6,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for maursyre og 204 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for eddiksyre, og i boks nr. 2: 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for maursyre og 128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for eddiksyre, utgjør ingen risiko for ligninfritt papir (kode grønn).

Maursyre og eddiksyre-konsentrasjonene i boks nr. 2 utgjør heller ikke noen risiko for bly og følsomt (kaliumholdig) glass. Konsentrasjonen av eddiksyre i boks nr. 1 (204 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) er på usikkerhetsgrensen for synlig korrosjon av bly før det har gått 30 år. En kan ikke utelukke effekter av maursyre og eddiksyre på de mest følsomme pigmentene og fargestoffene selv ved svært lave konsentrasjoner⁵. For slike fargestoffer kan tilstedeværelse av disse organiske syrene selv i små mengder innebære en risiko for endring, før det har gått 30 år (kode oransje). Det vil alltid være lavere risiko ved lavere konsentrasjoner, og en bør etterstrebe en lavest mulig forekomst av syrene i slike tilfeller.

4.2 Flyktige organiske forbindelser (VOC)

De målte konsentrasjonen av TVOC må sies å være lave, og kan ikke identifiseres som en risiko. Veldig lite syrer (med høyere molekylvekt enn eddiksyre) ble identifisert, noe som er gunstig. Det kan være mange forskjellige kilder til de (små) mengdene av identifiserte VOCer. Kildene kan for eksempel være pappen i boksene og annet treverk i rommet, som kan avgi f.eks. alpha-Pinene, laboratoriekjemikalier hvis tilstedeværende, hudpleieprodukter, mat og drikke, menneskelig ånding og metabolisme, med flere. Internettøk på de enkelte kjemikalienavnene og/eller CAS numrene kan gi informasjon om typiske kilder.

4.3 Sammenligning av boksene

Lave konsentrasjoner ble målt, men betydelig høyere konsentrasjoner ble målt av maursyre og eddiksyre til sammen, og noe høyere konsentrasjon av TVOC, i boks nr. 1 enn i boks nr. 2. Hvis boks nr. 1 er den mindre av boksene kan dette skyldes forskjellen i volum (se Kapittel 3). Hvis boks nr. 1 er større enn boks nr. 2 kan den høyere konsentrasjonen skyldes en noe høyre avgassing (per cm^2) i boks nr. 1, og/eller at denne boksen er tettere enn boks nr. 2.

⁵ MEMORI. 2023. The MEMORI technology. Innovation for Conservation. <http://memori.nilu.no> (accessed 29 June 2023)

Vedlegg A

Målerapport for organiske syrer (eddiksyre og maursyre) i luft med passiv prøvetaker

Målerapport : NILU-U-7556-23

Prosjekt nummer : O-112087


Prøve-ID	Journal nummer	Dato Fra	Dato Til	Antall dager	Maursyre $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eddiksyre $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Uass. 02-516AB	O-112087-2023-1-1	15.08.2023	05.09.2023	21	11	128
Uass. 01-510AA	O-112087-2023-1-3	15.08.2023	05.09.2023	21	6.2	204

Vedlegg B

VOC

Lokasjon nr 1 - Konsentrasjonene er oppgitt som toluen-ekvivalenter (TE)

Compound Name	Formula	Library Molecular Weight	CAS#	Match Factor	Conc., $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (TE)	TVOC, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1-Butanol	C4H10O	74,073	71-36-3	94	24,306	247,655
Hexane, 3-methyl-	C7H16	100,125	589-34-4	99	22,696	
Hexane, 2-methyl-	C7H16	100,125	591-76-4	99	14,936	
Hexanal	C6H12O	100,089	66-25-1	98	13,664	
Pentane, 2,3-dimethyl-	C7H16	100,125	565-59-3	92	13,452	
1-Methoxy-2-propyl acetate	C6H12O3	132,079	108-65-6	90	8,666	
Toluene	C7H8	92,063	108-88-3	99	6,215	
Isobutane	C4H10	58,078	75-28-5	98	6,152	
1-Propanol, 2-methyl-	C4H10O	74,073	78-83-1	97	5,598	
Cyclohexane	C6H12	84,094	110-82-7	99	5,490	
Styrene	C8H8	104,063	100-42-5	99	5,312	
Pentane, 3-ethyl-	C7H16	100,125	617-78-7	83	5,091	
Acetic acid, butyl ester	C6H12O2	116,084	123-86-4	96	5,005	
Nonanal	C9H18O	142,136	124-19-6	96	4,824	
D-Limonene	C10H16	136,125	5989-27-5	99	4,359	
Acetone	C3H6O	58,042	67-64-1	99	3,933	
3-Furaldehyde	C5H4O2	96,021	498-60-2	99	3,731	
.alpha.-Pinene	C10H16	136,125	80-56-8	95	3,725	
Benzaldehyde	C7H6O	106,042	100-52-7	99	3,261	
Dodecane	C12H26	170,203	112-40-3	98	3,155	
Ethanol, 2-methoxy-	C3H8O2	76,052	109-86-4	84	3,102	
2-Propanol, 1-methoxy-	C4H10O2	90,068	107-98-2	82	3,066	
Sulphuric acid dibutyl ester	C8H18O4S	210,093	625-22-9	80	2,681	
Pentanal	C5H10O	86,073	110-62-3	97	2,546	
2-n-Butylacrolein	C7H12O	112,089	1070-66-2	94	2,395	
Octanal	C8H16O	128,12	124-13-0	90	2,352	
Undecane	C11H24	156,188	1120-21-4	85	2,224	
Decanal	C10H20O	156,151	112-31-2	98	2,071	
Tridecane	C13H28	184,219	629-50-5	98	2,026	
Cyclopentane, methyl-	C6H12	84,094	96-37-7	98	1,949	
Isopropyl Alcohol	C3H8O	60,058	67-63-0	95	1,893	
n-Hexane	C6H14	86,11	110-54-3	98	1,856	
Benzene, 1,3-dimethyl-	C8H10	106,078	108-38-3	99	1,851	
3-Carene	C10H16	136,125	13466-78-9	97	1,726	
Ethyl Acetate	C4H8O2	88,052	141-78-6	97	1,658	
Tetradecane	C14H30	198,235	629-59-4	95	1,592	
Acetic acid, methyl ester	C3H6O2	74,037	79-20-9	96	1,586	
2,4-Dimethyl-1-heptene	C9H18	126,141	19549-87-2	98	1,559	
Undecane, 3,6-dimethyl-	C13H28	184,219	17301-28-9	82	1,546	
1-Hexanol, 2-ethyl-	C8H18O	130,136	104-76-7	96	1,519	
Furan, 2-pentyl-	C9H14O	138,104	3777-69-3	97	1,509	

Compound Name	Formula	Library Molecular Weight	CAS#	Match Factor	Conc., $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (TE)	TVOC, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Cyclohexane, methyl-	C7H14	98,11	108-87-2	94	1,495	
Pentane, 2,4-dimethyl-	C7H16	100,125	108-08-7	98	1,412	
Ethylbenzene	C8H10	106,078	100-41-4	99	1,382	
Dodecane, 4,6-dimethyl-	C14H30	198,235	61141-72-8	86	1,365	
1-Pentanol	C5H12O	88,089	71-41-0	97	1,258	
Heptanal	C7H14O	114,104	111-71-7	96	1,237	
5-Hepten-2-one, 6-methyl-	C8H14O	126,104	110-93-0	91	1,128	
Pentane	C5H12	72,094	109-66-0	93	1,068	
Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	C6H18O3Si3	222,056	541-05-9	98	0,980	
Cyclopentane, 1,3-dimethyl-, cis-	C7H14	98,11	2532-58-3	89	0,902	
Octane	C8H18	114,141	111-65-9	99	0,837	
Silanol, trimethyl-	C3H10OSi	90,05	1066-40-6	96	0,776	
Cyclopentane, 1,3-dimethyl-	C7H14	98,11	2453-00-1	88	0,771	
2,3-Butanedione	C4H6O2	86,037	431-03-8	81	0,752	
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	C8H24O4Si4	296,075	556-67-2	97	0,731	
Undecane, 2,6-dimethyl-	C13H28	184,219	17301-23-4	89	0,694	
Hexadecane	C16H34	226,266	544-76-3	89	0,687	
Phenol	C6H6O	94,042	108-95-2	93	0,673	
Pentane, 3-ethyl-	C7H16	100,125	617-78-7	84	0,649	
2-Heptanone	C7H14O	114,104	110-43-0	96	0,637	
Methyl 2,2-dimethyl-3-hydroxypropionate	C6H12O3	132,079	14002-80-3	93	0,620	
Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	C15H32	212,25	31295-56-4	92	0,570	
1-Decene, 8-methyl-	C11H22	154,172	61142-79-8	86	0,560	
Pentane, 2,2-dimethyl-	C7H16	100,125	590-35-2	98	0,558	
Methyl methacrylate	C5H8O2	100,052	80-62-6	94	0,553	
Undecane, 5,7-dimethyl-	C13H28	184,219	17312-83-3	93	0,543	
Decane	C10H22	142,172	124-18-5	95	0,530	
Nonane, 2,6-dimethyl-	C11H24	156,188	17302-28-2	87	0,494	
Decane, 3,3,8-trimethyl-	C13H28	184,219	62338-16-3	87	0,485	
Methacrolein	C4H6O	70,042	78-85-3	96	0,482	
Nonane, 5-(2-methylpropyl)-	C13H28	184,219	62185-53-9	81	0,470	
Heptane, 2,4-dimethyl-	C9H20	128,157	2213-23-2	97	0,448	
Furan, 2-ethyl-	C6H8O	96,058	3208-16-0	88	0,434	
2(5H)-Furanone	C4H4O2	84,021	497-23-4	86	0,415	
Cyclopentane, 1,2,3-trimethyl-, (1.alpha.,2.alpha.,3.alpha.)-	C8H16	112,125	2613-69-6	91	0,410	
Dodecane, 2,7,10-trimethyl-	C15H32	212,25	74645-98-0	83	0,409	
Pentane, 3-methyl-	C6H14	86,11	96-14-0	95	0,404	
2-Propanol, 1-(2-methoxypropoxy)-	C7H16O3	148,11	13429-07-7	87	0,400	

Compound Name	Formula	Library Molecular Weight	CAS#	Match Factor	Conc., $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (TE)	TVOC, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pentadecane	C15H32	212,25	629-62-9	91	0,391	
Undecane, 3-methyl-	C12H26	170,203	1002-43-3	83	0,373	
Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	C12H26	170,203	13475-82-6	95	0,372	
Decane, 2,3,6-trimethyl-	C13H28	184,219	62238-12-4	84	0,368	
Octane, 4-methyl-	C9H20	128,157	2216-34-4	97	0,367	
Propanal, 2-methyl-	C4H8O	72,058	78-84-2	97	0,356	
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	C16H30O4	286,214	6846-50-0	83	0,351	
Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C6H6O2	110,037	1192-62-7	96	0,346	
(S)-3,4-Dimethylpentanol	C7H16O	116,12	1000143-83-9	82	0,342	
Propanal	C3H6O	58,042	123-38-6	88	0,335	
Pentane, 2-methyl-	C6H14	86,11	107-83-5	97	0,329	
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	C9H12	120,094	95-63-6	97	0,296	
Benzene	C6H6	78,047	71-43-2	93	0,290	
1-Butene	C4H8	56,063	106-98-9	97	0,270	
Butane, 1-(2-propenyloxy)-	C7H14O	114,104	3739-64-8	90	0,268	
.beta.-Pinene	C10H16	136,125	127-91-3	88	0,261	
1-Hexanol	C6H14O	102,104	111-27-3	91	0,253	
2-Pentanone	C5H10O	86,073	107-87-9	96	0,234	
Ethanol, 2-phenoxy-	C8H10O2	138,068	122-99-6	83	0,233	
3-Pentanone, 2,4-dimethyl-	C7H14O	114,104	565-80-0	85	0,229	
Carbon dioxide	CO2	43,99	124-38-9	90	0,228	
Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl ester	C12H24O3	216,173	77-68-9	81	0,227	
3-Penten-2-one	C5H8O	84,058	625-33-2	98	0,221	
2-Propenal	C3H4O	56,026	107-02-8	92	0,219	
5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-	C13H22O	194,167	3796-70-1	83	0,213	
2-Butanone	C4H8O	72,058	78-93-3	91	0,212	
2-Propanol, 1-(2-methoxy-1-methylethoxy)-	C7H16O3	148,11	20324-32-7	81	0,209	
Nonane, 2,6-dimethyl-	C11H24	156,188	17302-28-2	89	0,205	
p-Cymene	C10H14	134,11	99-87-6	95	0,199	
Decane, 3-methyl-	C11H24	156,188	13151-34-3	82	0,198	
2-Propanol, 2-methyl-	C4H10O	74,073	75-65-0	86	0,197	
Pentane, 2,3,3,4-tetramethyl-	C9H20	128,157	16747-38-9	83	0,195	
Ethanol, 2-ethoxy-	C4H10O2	90,068	110-80-5	91	0,190	
Cyclopropane, pentyl-	C8H16	112,125	2511-91-3	83	0,188	
3-Pentenal, 4-methyl-	C6H10O	98,073	5362-50-5	91	0,181	
2-Hexanone	C6H12O	100,089	591-78-6	95	0,174	
Dimethyl ether	C2H6O	46,042	115-10-6	97	0,174	
4H-Pyran-4-one	C5H4O2	96,021	108-97-4	81	0,172	

Compound Name	Formula	Library Molecular Weight	CAS#	Match Factor	Conc., $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (TE)	TVOC, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nonane	C9H20	128,157	111-84-2	90	0,167	
Cyclohexanone	C6H10O	98,073	108-94-1	92	0,166	
2-n-Butyl furan	C8H12O	124,089	4466-24-4	88	0,163	
.alpha.-Methylstyrene	C9H10	118,078	98-83-9	89	0,159	
Isopropylbenzene	C9H12	120,094	98-82-8	93	0,155	
1,4-Pentadiene	C5H8	68,063	591-93-5	96	0,146	
Butane, 2-methyl-	C5H12	72,094	78-78-4	95	0,144	
Glycerol 1,2-diacetate	C7H12O5	176,068	102-62-5	85	0,134	
Benzene, propyl-	C9H12	120,094	103-65-1	90	0,119	
Undecane, 4,8-dimethyl-	C13H28	184,219	17301-33-6	82	0,116	
1-Propanol, 2-methoxy-	C4H10O2	90,068	1589-47-5	87	0,112	
Propanoic acid, anhydride	C6H10O3	130,063	123-62-6	81	0,107	
Methyl Isobutyl Ketone	C6H12O	100,089	108-10-1	95	0,103	
Furan, 3-methyl-	C5H6O	82,042	930-27-8	91	0,095	
Benzophenone	C13H10O	182,073	119-61-9	84	0,092	
Pentane, 3-ethyl-2,2-dimethyl-	C9H20	128,157	16747-32-3	83	0,088	
3-Heptanone	C7H14O	114,104	106-35-4	83	0,084	
Benzene, (1-methylethyl)-	C9H12	120,094	98-82-8	90	0,079	
Propionitrile	C3HN	51,011	1070-71-9	84	0,079	
Heptane, 3-ethyl-5-methyl-	C10H22	142,172	52896-90-9	85	0,074	
Formic acid, butyl ester	C5H10O2	102,068	592-84-7	87	0,073	
Mesitylene	C9H12	120,094	108-67-8	88	0,072	
3,4-Dimethyldihydrofuran-2,5-dione	C6H8O3	128,047	7475-92-5	88	0,069	
1H-Tetrazol-5-amine	CH3N5	85,039	4418-61-5	84	0,065	
3-Methylcyclopentyl acetate	C8H14O2	142,099	24070-70-0	86	0,060	
Furan	C4H4O	68,026	110-00-9	90	0,053	
Succinic anhydride	C4H4O3	100,016	108-30-5	83	0,048	
Carbon disulfide	CS2	75,944	75-15-0	95	0,048	
Carbon Tetrachloride	CCl4	151,875	56-23-5	84	0,048	
2-Hexene, 5,5-dimethyl-, (Z)-	C8H16	112,125	39761-61-0	81	0,040	
Trichloromonofluoro-methane	CCl3F	135,905	75-69-4	90	0,039	
2-Aminocanoacetamide	C3H5N3O	99,043	6719-21-7	87	0,039	
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-	C2Cl3F3	185,902	76-13-1	85	0,032	
Furan, 2-methoxy-	C5H6O2	98,037	25414-22-6	88	0,031	
Benzene, 1,3-dichloro-	C6H4Cl2	145,969	541-73-1	89	0,031	
1-Pentanone, 1-(4-methylphenyl)-	C12H16O	176,12	1671-77-8	85	0,030	
2,3-Pentanedione	C5H8O2	100,052	600-14-6	88	0,027	
Heptane, 3,4,5-trimethyl-	C10H22	142,172	20278-89-1	84	0,024	
Methylene chloride	CH2Cl2	83,953	75-09-2	96	0,021	

Compound Name	Formula	Library Molecular Weight	CAS#	Match Factor	Conc., $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (TE)	TVOC, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dodecylmethylbenzylamine	C ₂₀ H ₃₅ N	289,277	68397-57-9	81	0,020	
Heptyl methyl methylphosphonate	C ₉ H ₂₁ O ₃ P	208,123	170275-60-2	81	0,019	
2-Propenenitrile	C ₃ H ₃ N	53,027	107-13-1	87	0,015	
Oxalic acid, butyl propyl ester	C ₉ H ₁₆ O ₄	188,105	1000309-25-6	81	0,007	

Lokasjon nr 2 - Konsentrasjonene er oppgitt som toluen-ekvivalenter (TE)

Compound Name	Formula	Library Mole- cular Weight	CAS#	Match Factor	Conc., µg/m ³ (TE)	TVOC, µg/m ³
Hexane, 3-methyl-	C7H16	100,125	589-34-4	99	23,010	226,470
Hexane, 2-methyl-	C7H16	100,125	591-76-4	99	14,574	
1-Methoxy-2-propyl acetate	C6H12O3	132,079	108-65-6	95	13,988	
Pentane, 2,3-dimethyl-	C7H16	100,125	565-59-3	92	13,524	
2-Propanol, 1-methoxy-	C4H10O2	90,068	107-98-2	92	8,968	
1-Butanol	C4H10O	74,073	71-36-3	95	8,378	
Hexanal	C6H12O	100,089	66-25-1	98	6,701	
Styrene	C8H8	104,063	100-42-5	99	6,332	
Cyclohexane	C6H12	84,094	110-82-7	99	5,698	
Toluene	C7H8	92,063	108-88-3	99	5,386	
1-Hexanol, 2-ethyl-	C8H18O	130,136	104-76-7	96	5,036	
Isobutane	C4H10	58,078	75-28-5	99	4,854	
Nonanal	C9H18O	142,136	124-19-6	96	4,658	
D-Limonene	C10H16	136,125	5989-27-5	99	4,571	
Dodecane	C12H26	170,203	112-40-3	98	4,295	
Acetone	C3H6O	58,042	67-64-1	99	3,744	
.alpha.-Pinene	C10H16	136,125	80-56-8	94	3,522	
Undecane	C11H24	156,188	1120-21-4	95	3,226	
Benzaldehyde	C7H6O	106,042	100-52-7	99	2,952	
Pentane, 3-ethyl-	C7H16	100,125	617-78-7	93	2,669	
Oxirane, [[(2-ethylhexyl) oxy]methyl]-	C11H22O2	186,162	2461-15-6	82	2,623	
Tridecane	C13H28	184,219	629-50-5	98	2,501	
Isopropyl Alcohol	C3H8O	60,058	67-63-0	96	2,068	
Methyltartronic acid	C4H6O5	134,022	595-98-2	85	2,043	
Decanal	C10H20O	156,151	112-31-2	96	2,042	
3-Carene	C10H16	136,125	13466-78-9	97	2,005	
Acetic acid, butyl ester	C6H12O2	116,084	123-86-4	96	1,902	
Hexane, 1-(hexyloxy)-5- methyl-	C13H28O	200,214	74421-19-5	80	1,866	
Cyclopentane, methyl-	C6H12	84,094	96-37-7	98	1,852	
Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	C6H18O3Si3	222,056	541-05-9	98	1,728	
Acetic acid, methyl ester	C3H6O2	74,037	79-20-9	97	1,702	
Pentanal	C5H10O	86,073	110-62-3	97	1,650	
Ethyl Acetate	C4H8O2	88,052	141-78-6	97	1,632	
Tetradecane	C14H30	198,235	629-59-4	94	1,541	
Cyclohexane, methyl-	C7H14	98,11	108-87-2	96	1,528	
Pentane, 3-methyl-	C6H14	86,11	96-14-0	96	1,502	
Benzene, 1,3-dimethyl-	C8H10	106,078	108-38-3	99	1,455	
Pentane, 2,4-dimethyl-	C7H16	100,125	108-08-7	99	1,364	

Compound Name	Formula	Library Molecular Weight	CAS#	Match Factor	Conc., $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (TE)	TVOC, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ethylbenzene	C8H10	106,078	100-41-4	99	1,351	
Methyl 2,2-dimethyl-3-hydroxypropionate	C6H12O3	132,079	14002-80-3	97	1,349	
2,4-Dimethyl-1-heptene	C9H18	126,141	19549-87-2	98	1,266	
5-Hepten-2-one, 6-methyl-	C8H14O	126,104	110-93-0	90	1,188	
3-Furaldehyde	C5H4O2	96,021	498-60-2	99	1,101	
1-Propanol, 2-methyl-	C4H10O	74,073	78-83-1	95	1,098	
1-Dodecanol	C12H26O	186,198	112-53-8	92	1,079	
2-n-Butylacrolein	C7H12O	112,089	1070-66-2	84	0,997	
Furan, 2-pentyl-	C9H14O	138,104	3777-69-3	96	0,991	
2-Propanol, 1-(2-butoxy-1-methylethoxy)-	C10H22O3	190,157	29911-28-2	84	0,974	
Phenol, 4-(1,1-dimethylpropyl)-	C11H16O	164,12	80-46-6	86	0,963	
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	C8H24O4Si4	296,075	556-67-2	97	0,880	
Cyclopentane, 1,2-dimethyl-, cis-	C7H14	98,11	1192-18-3	89	0,877	
Hexadecane	C16H34	226,266	544-76-3	82	0,855	
Cyclopentane, 1,3-dimethyl-, trans-	C7H14	98,11	1759-58-6	85	0,852	
Butyric acid, neopentyl ester	C9H18O2	158,131	2050-00-2	83	0,824	
Silanol, trimethyl-	C3H10OSi	90,05	1066-40-6	96	0,800	
Heptanal	C7H14O	114,104	111-71-7	97	0,796	
Phenol	C6H6O	94,042	108-95-2	96	0,787	
Decane, 2,4-dimethyl-	C12H26	170,203	2801-84-5	91	0,783	
1-Pentanol	C5H12O	88,089	71-41-0	96	0,761	
Oxalic acid, diallyl ester	C8H10O4	170,058	1000309-22-9	88	0,714	
2,3-Butanedione	C4H6O2	86,037	431-03-8	88	0,689	
Butanoic acid, 4-hydroxy-	C4H8O3	104,047	591-81-1	82	0,688	
1-Undecene, 9-methyl-	C12H24	168,188	74630-41-4	85	0,687	
Octane	C8H18	114,141	111-65-9	97	0,687	
Hexanal, 2-ethyl-	C8H16O	128,12	123-05-7	91	0,679	
Pentane	C5H12	72,094	109-66-0	93	0,656	
Undecane, 2,6-dimethyl-	C13H28	184,219	17301-23-4	89	0,639	
Pentane, 2,2-dimethyl-	C7H16	100,125	590-35-2	98	0,624	
Methyl methacrylate	C5H8O2	100,052	80-62-6	94	0,610	
Pentadecane	C15H32	212,25	629-62-9	89	0,579	
1-Decene, 3,3,4-trimethyl-	C13H26	182,203	49622-17-5	83	0,558	
Decane, 2,8,8-trimethyl-	C13H28	184,219	1000060-81-2	82	0,528	
Dodecane, 3-methyl-	C13H28	184,219	17312-57-1	81	0,520	

Compound Name	Formula	Library Mole- cular Weight	CAS#	Match Factor	Conc., µg/m ³ (TE)	TVOC, µg/m ³
Decane	C10H22	142,172	124-18-5	98	0,512	
Undecane, 3-methyl-	C12H26	170,203	1002-43-3	81	0,505	
2-Propanol, 1-(2-methoxypropoxy)-	C7H16O3	148,11	13429-07-7	88	0,491	
1-Propanol, 2-methoxy-	C4H10O2	90,068	1589-47-5	94	0,488	
Dodecanal	C12H24O	184,183	112-54-9	92	0,479	
1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	C16H22O4	278,152	84-69-5	86	0,476	
Undecane, 3,7-dimethyl-	C13H28	184,219	17301-29-0	92	0,451	
Heptane, 2,4-dimethyl-	C9H20	128,157	2213-23-2	98	0,444	
Furan, 2-ethyl-	C6H8O	96,058	3208-16-0	89	0,435	
Hexane, 3-ethyl-4-methyl-	C9H20	128,157	3074-77-9	82	0,434	
Cyclopentane, ethyl-	C7H14	98,11	1640-89-7	95	0,429	
Nonane, 4,5-dimethyl-	C11H24	156,188	17302-23-7	84	0,415	
Nonane, 5-butyl-	C13H28	184,219	17312-63-9	81	0,395	
Furan, 3-methyl-	C5H6O	82,042	930-27-8	81	0,374	
Diethyl carbitol	C8H18O3	162,126	112-36-7	85	0,372	
Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	C12H26	170,203	13475-82-6	96	0,363	
2-Heptanone	C7H14O	114,104	110-43-0	94	0,363	
Heptane, 3,3,5-trimethyl-	C10H22	142,172	7154-80-5	84	0,343	
Octane, 4-methyl-	C9H20	128,157	2216-34-4	96	0,333	
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	C9H12	120,094	95-63-6	95	0,333	
Boronic acid, ethyl-	C2H7BO2	74,054	4433-63-0	81	0,332	
1-Methylbicyclo[3.3.0]octane-3,7-dione	C9H12O2	152,084	21170-08-1	81	0,313	
Methacrolein	C4H6O	70,042	78-85-3	95	0,310	
Butane, 1-isocyano-	C5H9N	83,073	2769-64-4	92	0,297	
Propanal, 2-methyl-	C4H8O	72,058	78-84-2	96	0,290	
Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	C10H16	136,125	18172-67-3	87	0,283	
2,2-Dimethyl-3-hydroxypropionaldehyde	C5H10O2	102,068	597-31-9	86	0,270	
Pentane, 2-methyl-	C6H14	86,11	107-83-5	98	0,269	
Propanal	C3H6O	58,042	123-38-6	86	0,263	
2-Propanol, 1-(2-methoxy-1-methylethoxy)-	C7H16O3	148,11	20324-32-7	90	0,259	
Heptane, 2,4-dimethyl-	C9H20	128,157	2213-23-2	83	0,258	
3-Pentanone, 2,4-dimethyl-	C7H14O	114,104	565-80-0	88	0,254	
2-Propenal	C3H4O	56,026	107-02-8	95	0,248	
Acetonitrile-d3	C2D3N	44,045	2206-26-0	88	0,240	

Compound Name	Formula	Library Molecular Weight	CAS#	Match Factor	Conc., $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (TE)	TVOC, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1-[(1-Oxo-2-propenyl)oxy]-2,5-pyrrolidinedione	C7H7NO4	169,038	38862-24-7	81	0,231	
2-Pentanone	C5H10O	86,073	107-87-9	96	0,230	
Decane, 3-methyl-	C11H24	156,188	13151-34-3	89	0,221	
p-Cymene	C10H14	134,11	99-87-6	92	0,220	
2-Propanol, 2-methyl-	C4H10O	74,073	75-65-0	95	0,213	
Cyclohexanone	C6H10O	98,073	108-94-1	86	0,192	
Benzene, 1,2,3-trimethyl-	C9H12	120,094	526-73-8	88	0,189	
1-Hexanol	C6H14O	102,104	111-27-3	88	0,185	
Decane, 3,4-dimethyl-	C12H26	170,203	17312-45-7	84	0,181	
Pentane, 3-ethyl-2,4-dimethyl-	C9H20	128,157	1068-87-7	86	0,175	
Octane, 2,3,7-trimethyl-	C11H24	156,188	62016-34-6	91	0,167	
3-Heptanone	C7H14O	114,104	106-35-4	95	0,157	
Nonane	C9H20	128,157	111-84-2	95	0,153	
1,4-Pentadiene	C5H8	68,063	591-93-5	97	0,141	
.alpha.-Methylstyrene	C9H10	118,078	98-83-9	84	0,137	
2-Propanamine	C3H9N	59,073	75-31-0	83	0,136	
Benzophenone	C13H10O	182,073	119-61-9	83	0,133	
Butane, 2-methyl-	C5H12	72,094	78-78-4	95	0,132	
Dimethyl ether	C2H6O	46,042	115-10-6	99	0,132	
2-Hexanone	C6H12O	100,089	591-78-6	94	0,127	
3-Pentenal, 4-methyl-	C6H10O	98,073	5362-50-5	85	0,124	
Benzothiazole	C7H5NS	135,014	95-16-9	87	0,114	
Heptane, 3,3,5-trimethyl-	C10H22	142,172	7154-80-5	87	0,114	
Benzene, propyl-	C9H12	120,094	103-65-1	91	0,101	
3-Methylcyclopentyl acetate	C8H14O2	142,099	24070-70-0	89	0,101	
Methane, isocyanato-	C2H3NO	57,021	624-83-9	83	0,100	
Methyl Isobutyl Ketone	C6H12O	100,089	108-10-1	88	0,096	
Ethanone, 1-(2-furanyl)-	C6H6O2	110,037	1192-62-7	88	0,091	
2-n-Butyl furan	C8H12O	124,089	4466-24-4	84	0,081	
Octane, 2,3,6-trimethyl-	C11H24	156,188	62016-33-5	82	0,071	
Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene, 1,7,7-trimethyl-	C10H16	136,125	464-17-5	83	0,070	
Isopropylbenzene	C9H12	120,094	98-82-8	88	0,069	
2,3-Pentanedione	C5H8O2	100,052	600-14-6	91	0,066	
Cyclopentane, 1,1-dimethyl-	C7H14	98,11	1638-26-2	83	0,064	
2-Butanone, 3-methyl-	C5H10O	86,073	563-80-4	89	0,063	
2-Hexene, 5,5-dimethyl-, (Z)-	C8H16	112,125	39761-61-0	90	0,061	
Carbon disulfide	CS2	75,944	75-15-0	89	0,060	
Carbon Tetrachloride	CCl4	151,875	56-23-5	89	0,058	
Methyl formate	C2H4O2	60,021	107-31-3	89	0,054	
Naphthalene, 2-methyl-	C11H10	142,078	91-57-6	83	0,053	

Compound Name	Formula	Library Molecular Weight	CAS#	Match Factor	Conc., $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (TE)	TVOC, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ethanol, 2-ethoxy-	C4H10O2	90,068	110-80-5	81	0,050	
Heptane, 2,3-dimethyl-	C9H20	128,157	3074-71-3	83	0,050	
Benzene, (1-methylethyl)-	C9H12	120,094	98-82-8	81	0,046	
Furan	C4H4O	68,026	110-00-9	93	0,045	
m-Menthane, (1S,3S)-(+)-	C10H20	140,157	13837-67-7	81	0,044	
Cyclopentanone	C5H8O	84,058	120-92-3	88	0,043	
Pentane, 3-methyl-	C6H14	86,11	96-14-0	84	0,042	
3-Pentanone, 2-methyl-	C6H12O	100,089	565-69-5	86	0,038	
Benzene, 1,3-dichloro-	C6H4Cl2	145,969	541-73-1	82	0,034	
Trichloromonofluoromethane	CCl3F	135,905	75-69-4	89	0,034	
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-	C2Cl3F3	185,902	76-13-1	86	0,030	
Furan, 2-propyl-	C7H10O	110,073	4229-91-8	86	0,028	
1-Penten-3-one	C5H8O	84,058	1629-58-9	81	0,023	
Methylene chloride	CH2Cl2	83,953	75-09-2	92	0,021	
Furan, 2-ethyl-5-methyl-	C7H10O	110,073	1703-52-2	85	0,015	
3,3-Dimethyl-2,4-pentanedione	C7H12O2	128,084	3142-58-3	84	0,015	
Pentane, 3-ethyl-	C7H16	100,125	617-78-7	81	0,007	

NILU

Klima- og miljøinstituttet 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.

NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte

NILUs visjon: Skaper bærekraftig utvikling gjennom internasjonalt ledende klima- og miljøforskning

NILU

Postboks 100, 2027 KJELLER

E-post: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

Org.nr.: 941 705 561

ISBN: 978-82-425-3138-4

ISSN: 2464-3327

