

NILU: OR 21/2006
REFERANSE: O-105095
DATO: MARS 2006
ISBN: 82-425-1742-8

**Målinger av
inneluftkvalitet i ny
leilighet i
Pilestredet Park, Oslo**

Bodil Innset

Innhold

	Side
Innhold	1
Sammendrag	3
1 Innledning	5
2 Måleprogram	5
2.1 Måleprogram og parametre	5
2.2 Målemetoder, mulige kilder til forurensning og mulige helseeffekter	6
2.2.1 Svevestøv.....	6
2.2.1.1 Målemetode.....	6
2.2.1.2 Mulige kilder	6
2.2.1.3 Mulige helseeffekter.....	6
2.2.2 Flyktige organiske forbindelser (VOC).....	7
2.2.2.1 Målemetode.....	7
2.2.2.2 Mulige kilder	7
2.2.2.3 Mulige helseeffekter.....	7
2.2.3 Karbondioksid (CO ₂).....	8
2.2.3.1 Målemetode.....	8
2.2.3.2 Mulige kilder	8
2.2.3.3 Mulige helseeffekter.....	8
2.2.4 Karbonmonoksid (CO).....	8
2.2.4.1 Målemetode.....	8
2.2.4.2 Mulige kilder	8
2.2.4.3 Mulige helseeffekter.....	9
2.2.5 Nitrogendioksid (NO ₂)	9
2.2.5.1 Målemetode.....	9
2.2.5.2 Mulige kilder	9
2.2.5.3 Mulige helseeffekter.....	9
2.2.6 Temperatur, relativ fuktighet og lufthastighet (trekk).....	9
2.2.6.1 Temperatur	10
2.2.6.2 Relativ fuktighet.....	10
2.2.6.3 Lufthastighet (trekk).....	11
3 Anbefalte faglige normer for inneklime.....	12
4 Resultater og diskusjon.....	13
4.1 Temperatur og relativ fuktighet.....	13
4.2 Karbondioksid (CO ₂)	15
4.3 Svevestøv	15
4.4 Flyktige organiske komponenter (VOC).....	16
4.5 Karbonmonoksid (CO).....	17
4.6 Nitrogendioksid (NO ₂)	17
5 Konklusjon.....	17
6 Referanser	18
Vedlegg A Planskisse av leilighet C22.5 i Pilestredet Park 38, blokk C2.....	19

Vedlegg B Grafisk presentasjon av måleresultatene for lufttemperatur ($t_{1,1}$) og relativ fuktighet ($RH_{1,1}$).....	23
Vedlegg C Grafisk presentasjon av måleresultatene for lufttemperatur ($t_{1,1}$) og operativ temperatur ($t_{operativ}$)	27
Vedlegg D Grafisk presentasjon av måleresultatene for vertikal temperaturdifferanse (Δt).....	31
Vedlegg E Grafisk presentasjon av måleresultatene for utetemperatur på Blindern i Oslo.....	35
Vedlegg F Grafisk presentasjon av måleresultatene for karbonmonoksid (CO)	39
Vedlegg G Måleresultater for flyktige organiske komponenter (VOC).....	43

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) ble av Pilestredet Park Boligutbygging ANS bedt om å utarbeide et måleprogram for å undersøke inneklimate i en ferdigstilt leilighet i en nyoppført boligblokk i Pilestredet Park 38 i Oslo.

Målingene ble utført i leilighet C22.5 i blokk C2 i tidsrommet 16.- 26. september 2005. Måleprogrammet omfattet følgende parametre: karbondioksid (CO₂), karbonmonoksid (CO), temperatur, relativ fuktighet, lufthastighet (trekk), svevestøv (PM₁₀/PM_{2,5}), flyktige organiske komponenter (VOC) og nitrogendioksid (NO₂).

Resultatene av undersøkelsen i leilighet C22.5 i Pilestredet Park 38 før innflytning viser at luftkvaliteten i leiligheten var god. Både lufttemperatur, operativ temperatur og relativ fuktighet i leiligheten lå innenfor anbefalte normer. Resultatene for karbonmonoksid (CO), svevestøv (PM_{2,5}) og nitrogendioksid (NO₂) lå også innenfor anbefalte faglige normer for inneklimate. De målte VOC-konsentrasjonene var lave og i samme størrelsesorden som VOC-konsentrasjoner NILU vanligvis måler i boliger og kontorlokaler. På grunn av tekniske problemer foreligger det ikke resultater for karbondioksid (CO₂).

Målinger av inneluftkvalitet i ny leilighet i Pilestredet Park, Oslo

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) ble av Pilestredet Park Boligutbygging ANS bedt om å utarbeide et måleprogram for å undersøke inneluftkvaliteten i en helt ny leilighet i Pilestredet Park 38 blokk C2 før overlevering til boligkjøper. Dette er en del av et større boligprosjekt på tomten til det gamle Rikshospitalet i Oslo sentrum. NILU gjennomførte tilsvarende målinger i Pilestredet Park 7 i perioden 23. juni - 5. juli 2004.

2 Måleprogram

2.1 Måleprogram og parametre

Målested. Målingene ble utført i oppholdsrom (kombinert stue og kjøkken) i leilighet C22.5 i 1. etasje i blokk C i Pilestredet Park 38. Vedlegg A viser en planskisse av 1. etasje i blokk C.

Måleperiode. Det ble utført målinger i 10 døgn (16 - 26. september 2005). Prøvetakingstiden var forskjellig for de ulike parametrene.

Parametre: Måleprogrammet omfattet følgende parametre: temperatur, relativ fuktighet, lufthastighet (trekk), karbondioksid (CO₂), karbonmonoksid (CO), svevestøv (PM₁₀/PM_{2,5}), flyktige organiske komponenter (VOC) og nitrogendioksid (NO₂).

Personell: NILU-personell satte opp måleutstyret, mens ansatte i Pilestredet Park Boligutbygging ANS hadde oppsyn med måleutstyret i måleperioden og utførte enkle operasjoner som skifte av filterholdere m.m.

Tabell 1 viser en oversikt over måleprogrammet.

Tabell 1: Måleprogram, i oppholdsrom i leilighet C22.5, Pilestredet Park i Oslo i perioden 16 - 26. september 2005.

Parametre	Målemetode	Prøvetakingstid	Antall prøver
Klimaparametere: Lufttemperatur, operativ temperatur, vertikal temperatur-differanse, relativ fuktighet og lufthastighet	Se beskrivelse i avsnitt 2.2.7	Kontinuerlig i 10 døgn (10 min. log)	-
CO ₂	IR-absorpsjon	Kontinuerlig i 10 døgn (10 min. log)	-
CO	IR-absorpsjon	Kontinuerlig i 10 døgn (10 min. log)	-
Svevestøv(PM ₁₀ /PM _{2,5})	Gravimetrisk metode	24 timer /helg	5
NO ₂	Impregnerte filtre / Spektrofotometri	10 døgn (gjennomsnitt)	1
VOC	Tenaxrør / GC-MS	10 døgn (gjennomsnitt)	1

2.2 Målemetoder, mulige kilder til forurensning og mulige helseeffekter

2.2.1 Svevestøv

2.2.1.1 Målemetode

Målingene av svevestøv ble utført med en gravimetrisk metode som gir gjennomsnittlig svevestøvkonsentrasjon over prøvetakingsperioden. Det ble tatt 24t-prøver i 4 døgn og en 60t-prøve over en helg i måleperioden. Analyseresultatene av disse prøvene ble sammenlignet med gjeldende faglige normer for inneklimate (Folkehelsa 1998).

Målingene av svevestøvkonsentrasjoner ble utført med en prøvetaker som deler partiklene i to fraksjoner etter partikkelstørrelse ($PM_{2,5}$ og $PM_{10-2,5}$) (Vitols og Larssen, 1988).

De to partikkelfraksjonene filtreres fra luften på hvert sitt filter, og vekten av dem bestemmes ved at filtrene veies under kontrollerte betingelser før og etter prøvetakingen. Partikkelkonsentrasjonene beregnes så ved å dele vekten for hver fraksjon med det målte luftvolumet. Disse konsentrasjonene er typisk av størrelsesorden $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i inneluft, og usikkerheten i målingene er $\pm 2-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2.1.2 Mulige kilder

Svevestøv består av partikler og fibre av organisk og/eller uorganisk materiale. Kildene til svevestøv i innemiljø kan være mange: bygningsmaterialer, innredninger, møbler, tekstiler, papir, renholdsprodukter, matvarer, mikroorganismer, uteluft med partikler fra bl.a. trafikk og industri, etc.

Hovedkilden til $PM_{2,5}$ i et byområde er utslipp fra fyring, særlig med ved, eksosutslipp fra biler og langtransporterte luftforurensninger. Slitasje av veidekke på grunn av piggdekk og oppvirvling fra kjørebane gir store mengder partikler med diameter mellom $2,5 \mu\text{m}$ og $10 \mu\text{m}$ på dager med bar og tørr kjørebane om vinteren. Det gir også et betydelig $PM_{2,5}$ -bidrag.

2.2.1.3 Mulige helseeffekter

Svevestøv kan skade celler i alle deler av luftveiene, direkte ved toksisk påvirkning av cellene, indirekte ved å aktivere andre celler som lager toksiske stoffer i en forsvarsreaksjon eller ved å være bærere for allergener eller kreftfremkallende stoffer.

Svevestøvetts finfraksjon ($PM_{2,5}$) inneholder partikler med diameter mindre enn $2,5 \mu\text{m}$ og omfatter derfor stort sett de "respirable" partiklene. Disse partiklene kan ved innånding komme helt ned til de nedre luftveiene og avsettes der.

Svevestøvetts grovfraksjon ($PM_{10-2,5}$) inneholder partikler med diameter større enn $2,5 \mu\text{m}$ og mindre enn $10 \mu\text{m}$. Dette er partikler som ved innånding avsettes i de øvre luftveiene (nese, svelg og bronkier).

Det er uavklart hvilke størrelsesfraksjoner av partikler som gir størst helseeffekt. Forskningsresultater tyder på at både store og små partikler er viktige for helseeffekter.

Mulige helsevirkninger av svevestøv er nedsatt lungefunksjon, økt frekvens av luftveissykdommer, økt sykkelighet og økt dødelighet.

2.2.2 Flyktige organiske forbindelser (VOC)

Organiske forbindelser kan grupperes etter hvor flyktige de er. Flyktige organiske forbindelser (volatile organic compounds, VOC) er definert som stoffer som har kokepunkt mellom en nedre grense på 50 til 100 °C og en øvre grense mellom 240 og 260 °C. De flyktige organiske forbindelsene som inngår i VOC-analysene omfatter en rekke forskjellige grupper av kjemiske komponenter som alifatiske og aromatiske hydrokarboner, terpener, ketoner, alkoholer, estere, aldehyder og diverse halogenerte forbindelser.

2.2.2.1 Målemetode

Prøvetakingen av flyktige organiske forbindelser med mellom 6 og 16 C-atomer i molekylet inklusiv de fleste løsemidler ble utført ved adsorpsjon av prøvegass på Tenax-rør. Alle analysene ble utført i NILUs laboratorium ved hjelp av en automatisert termodesorpsjonsenhet etterfulgt av gasskromatografi med masse-selektiv detektor (GC-MSD).

Det ble tatt en VOC-prøve i oppholdsrommet i leiligheten. VOC-målingen ble utført med passiv prøvetaking og prøvetakingstiden var 10 døgn.

2.2.2.2 Mulige kilder

De fleste påvisbare organiske forbindelser forekommer i høyere konsentrasjoner i inneluft enn i uteluft. Dette innebærer at de viktigste kildene for disse stoffene finnes innendørs selv om uteluften bidrar til totalmengden. Kildene innendørs kan grovt deles inn i stasjonære kilder som f.eks. avgassing fra bygningsmaterialer og variable kilder som er knyttet til menneskers aktivitet.

Kilden til VOC i innemiljø kan være avgassing fra bygningsmaterialer, lim, maling og forbruksprodukter, uteluft med avgasser fra bil- og båttrafikk og industri etc.

2.2.2.3 Mulige helseeffekter

Flyktige organiske forbindelser kan være årsaken til helseeffekter og komfortproblemer i innemiljøer i ikke-industrielle bygninger.

Flyktige organiske forbindelser kan gi irritasjonseffekter og lett inflammasjon i øyeslimhinner og luftveier, tørrhetsfølelser i hud og slimhinner og uvelbefinnende.

Blant de kjemiske forbindelsene som hyppig kan påvises i prøver fra inneluft kan man finne eksempler på stoffer som i høye luftkonsentrasjoner kan føre til mange typer helseskader. Effekten vil imidlertid for mange av disse stoffene først utløses

etter langvarig eksponering for vesentlig høyere luftkonsentrasjoner enn man finner i inneluft.

Flyktige organiske forbindelser kan være kreftfremkallende, men ved de lave nivåene vi finner i inneluft vil risikoen for at denne eksponeringen skal bidra vesentlig til kreftutvikling være svært liten. Et unntak er benzen, som finnes i tobakksrøyk og bensindamp.

2.2.3 Karbondioksid (CO₂)

2.2.3.1 Målemetode

Karbondioksid ble målt kontinuerlig ved hjelp av IR-absorpsjon. Karbondioksidkonsentrasjonene ble lagret i en datalogger med en tidsoppløsning på 10 minutter. Det ble gjennomført kontinuerlige CO₂-målinger i 10 døgn i oppholdsrommet i leiligheten.

2.2.3.2 Mulige kilder

Karbondioksid (CO₂) er en fargeløs og luktfri gass. I fast form eksisterer den som "tørris". Ved 1 atm. forandres CO₂ direkte fra fast form til gassform (sublimerer).

Karbondioksid (CO₂) dannes ved forbrenning og produseres ved stoffskiftet i organismen og finnes derfor i utåndingsluften.

2.2.3.3 Mulige helseeffekter

Ved CO₂-nivåer som er registrert i inneluft (helt opp til 9 000 mg/m³) er det ikke registrert helseeffekter av CO₂. CO₂ har imidlertid vært brukt som en generell hygienisk indikator på luftskifte for å hindre ubehagelig nivå av kroppslukt, idet studier i testkammer har vist at CO₂-konsentrasjonen kan korreleres til intensiteten av kroppslukt. Enkle CO₂-målinger gir således et bilde av luftskiftet i et rom hvor mennesker antas å være den dominerende forurensningskilden.

2.2.4 Karbonmonoksid (CO)

2.2.4.1 Målemetode

Karbonmonoksid (CO) ble målt med en analysator basert på IR-absorpsjon. Målingene er kontinuerlige og gir CO-konsentrasjoner som funksjon av tiden. Karbonmonoksidkonsentrasjonene ble lagret i en datalogger med en tidsoppløsning på 10 minutter.

2.2.4.2 Mulige kilder

Karbonmonoksid (CO) i luft stammer hovedsakelig fra ufullstendig forbrenning av organisk materiale. I innemiljø er det vanligvis enten tobakksrøyking eller forurensning fra trafikk i nærheten av bygningen som er CO-kildene. CO-konsentrasjonen er en god indikator på samlet forekomst av forurensninger fra forbrenningsprosesser (bl.a. trafikk).

2.2.4.3 *Mulige helseeffekter*

CO binder seg til hemoglobinet i røde blodlegemer og påvirker dermed oksygen-transporten i blod og oksygentilførsel til vev. Personer med hjerte-/karlidelser er svært følsomme overfor CO-påvirkning.

2.2.5 *Nitrogen dioksid (NO₂)*

2.2.5.1 *Målemetode*

Prøvetaking av NO₂ ble utført med en passiv prøvetaker med et filter som var impregnert med kaliumjodid (KI). NO₂ ble absorbert på filteret og analysert i NILUs laboratorium ved hjelp av spektrofotometri.

2.2.5.2 *Mulige kilder*

I Norge er NO₂-forurensning hovedsakelig et utendørsproblem forbundet med biltrafikk i byer og tettsteder. Konsentrasjonen varierer svært med årstid og tid på døgnet. Konsentrasjonen av NO₂ innendørs i Norge reflekterer stort sett utekonsentrasjonen, men er vanligvis 20-60 % lavere pga reaksjoner med reaktive overflater som finnes i innemiljø (betong, tekstiler o.l.) I vanlige bygninger og boliger i Norge er det få kilder som gir betydelig utslipp av NO₂ i innelufta. Årsaken er at det stort sett ikke benyttes gass til matlaging eller oppvarming av vann. Bruk av gass til matlaging fører i mange land til høyere NO₂-konsentrasjoner innendørs enn utendørs. Tobakksrøyking er sannsynligvis den viktigste innendørskilden for NO₂ i Norge.

2.2.5.3 *Mulige helseeffekter*

Ved inhalasjon vil 80-90% av NO₂ absorberes. På grunn av den relativt lave vannløseligheten for NO₂ trenger mesteparten av gassen ned i de dypere lunge-avsnitt og forårsaker hovedsakelig skade der. Ut fra epidemiologiske og kliniske studier er følgende helseeffekter påvist hos mennesker:

- Redusert lungefunksjon
- Øyeirritasjon
- Økt mottakelighet for infeksjoner
- Irritasjon og betennelsesreaksjone i luftveiene
- Luftveissymptomer (hoste, økt slimproduksjon, piping i brystet)
- Sykdommer i luftveiene/økt antall legebesøk
- Akutt og kronisk bronkitt
- Astmaanfall
- Dødelighet

2.2.6 *Temperatur, relativ fuktighet og lufthastighet (trekk)*

Temperatur og relativ fuktighet ble målt med kontinuerlig registrerende instrumenter, og måleresultatene ble presentert med en tidsoppløsning på 10 minutter.

2.2.6.1 Temperatur

Målemetode

Det ble utført målinger av lufttemperatur, operativ temperatur, vertikal temperatordifferanse og trekk innendørs. Temperaturene ble målt ved hjelp av elektroniske (digitale) termistormålere som har termistor eller platinamotstand som sensor.

Lufttemperatur, middelstrålingstemperatur (noe forenklet sagt lik midlere overflatetemperatur på omgivende flater) og lufthastighet (trekk) sammen med de personavhengige faktorene aktivitetsnivå, bekledning og oppholdstid i rommet er de viktigste faktorene for kroppens varmebalanse og det termiske klima.

Operativ temperatur er den temperaturen vi opplever omgivelsene har. Operativ temperatur kan noe forenklet sies å være middelveien av lufttemperaturen og omgivelsenes midlere strålingstemperatur.

Temperatordifferansen mellom hode og ankelhøyde er viktig å fastlegge. Internasjonale standarder har bestemt at denne skal måles i høyder 0,1 og 1,1 m over gulv.

Mulige årsaker til temperaturproblemer

- Manglende solavskjerming
- Feil innstilte eller feilplasserte termostater eller manglende termostatstyring
- For lav installert varmeeffekt (f.eks. for få eller for svake ovner)
- For trege oppvarmingssystemer
- Kaldras fra store vindusflater
- Trekk fra utettheter (f.eks. rundt dører og vinduer)
- Strålingstap mot kalde flater (f.eks. dårlig isolerte vinduer eller vegger)
- For høy hastighet på tilført friskluft
- Uheldig plassering av friskluftventiler
- Ubehag pga. takvarme eller varmluftsoppvarming
- Manglende tilpassing av bekledning til aktivitet og termiske forhold
- Varmeutvikling pga. for stor persontetthet i rommet

Mulige effekter på mennesker og materialer

Dersom innnetemperaturen er for høy, blir man lettere trett og uopplagt. Noen opplever også øyeirritasjon.

2.2.6.2 Relativ fuktighet

Relativ fuktighet (RH) er et uttrykk for vanninnholdet i % av det som luften kan inneholde ved den aktuelle temperaturen. Mengden vann som luften kan oppta,

synker med synkende temperatur. Senkes lufttemperaturen inne fra f.eks. 26 °C til 20 °C, kan RH øke fra 15-20 % til nærmere 40 %.

Målemetode

Målingene av relativ fuktighet ble utført med en kontinuerlig målemetode som ga % relativ fuktighet som funksjon av tiden. Relativ fuktighet ble målt med et instrument med tynn-film kapasitiv sensortype.

Årsaker til variasjoner i luftfuktigheten innendørs

Relativ fuktighet inne følger i store trekk variasjonene i luftfuktigheten i uteluft.

Relativ luftfuktighet inne gjennom hele døgnet avhenger av temperatur og luftfuktighet i uteluft, antall personer, bruk av fuktighetskilder (vått yttertøy, snø, paraplyer etc.), temperatur og ventilasjon i rommet.

Følelsen av "tørr luft" kan skyldes at luften har lavt vanninnhold, men det kan også ha andre årsaker. Ofte er årsaken at inneluften er forurenset med støv og/eller gasser.

Mulige effekter på mennesker og materialer

Mennesker tolererer store variasjoner i luftfuktighet i seg selv uten at det oppleves ubehagelig. Høy luftfuktighet innendørs er imidlertid en klar risikofaktor for tilvekst av muggsopp og mikroorganismer og for økt avgassing (av f.eks. formaldehyd) fra bygningsmaterialer.

For høy luftfuktighet kan bidra til lukt, mugg, bygningsskader o.l. Det er påvist sammenheng mellom å bo i hus med høy fuktighet, fuktskader eller mugglukst og forekomst av bl.a. akutte og kroniske luftveisinfeksjoner, allergiske reaksjoner, og utløsning av astma hos beboerne. Risikoen for vanlige luftveislidelser er i flere studier vist å være økt i hus med fuktproblemer sammenlignet med kontrollgruppen. Foreløpig er kunnskapene mangelfulle om årsakssammenhengen mellom fukt og helseeffekter.

Ekstremt lav luftfuktighet bør unngås av hensyn til problemer med statisk elektrisitet og uttørring av hud.

2.2.6.3 Lufthastighet (trekk)

Inneklimaet har betydning for kroppens varmebalanse. Viktige faktorer foruten romtemperatur er lufthastighet, relativ fuktighet, aktivitetsnivå og bekledding. Varmetapet øker med økende lufthastighet, som er den hastigheten luften beveger seg med i rommets oppholdssone. Luftbevegelse som gir sjenerende lokal avkjøling av kroppen kalles trekk. Jo høyere lufthastighet, desto høyere lufttemperatur kreves for å opprettholde varmebalansen i kroppen. "Kaldras", det vil si luft som kjøles ned på innsiden av vinduer, kan gi trekk langs gulvet.

Anbefalt norm for lufthastighet, gitt som middelhastighet over 3 minutter, er maksimum 0,15 m/s i oppholdssonen.

3 Anbefalte faglige normer for inneklima

Måleresultatene fra inneklimaundersøkelsen er sammenlignet med "Anbefalte faglige normer for inneklima" utgitt i november 1998 av en arbeidsgruppe fra Folkehelsa på oppdrag fra Sosialdepartementet. Tabell 2 viser normene for komponentene målt i denne undersøkelsen.

Tabell 2: Anbefalte faglige normer for inneklima for utvalgte komponenter.

Midlingstid	30 min	1 time	8 timer	24 timer	Maks. verdi
Svevestøv, finfraksjon (PM _{2,5}) (Folkehelsa 1998)	-	-	-	20 µg/m ³	-
Svevestøv, finfraksjon (PM _{2,5}) (Helsedirektoratet 1991)	-	-	40 µg/m ³	-	-
Total svevestøvmengde (PM _{2,5} + PM _{10-2,5}) (Helsedirektoratet 1991)	-	-	90 µg/m ³	-	-
VOC	-	-	-	-	-
CO ₂	-	-	-	-	1 800 mg/m ³ ₁₎
CO	-	25 mg/m ³	10 mg/m ³	-	-
NO ₂	-	100 µg/m ³	-	-	-
Operativ temperatur	Anbefalt temperaturintervall vinter: 20-24°C, sommer: 23-26°C				
Vertikal temperaturdifferanse	-	-	-	-	maks 3°C pr. m
Relativ fuktighet (RF)	Anbefalt variasjonsområde 20-60%				
Lufthastighet	-	-	-	-	0,15 m/s

1) 1800 mg/m³ = 1000 ppm ved 25 °C og 1 atm

Folkehelsas "Anbefalte faglige normer for inneklima" inneholder ikke norm for lufttemperatur. Oppfattelse av "behagelig temperatur" er personavhengig, men en lufttemperatur i arbeidsrom på 20-22 °C oppfattes oftest som optimalt.

4 Resultater og diskusjon

4.1 Temperatur og relativ fuktighet

En grafisk fremstilling av resultatene av målingene av lufttemperatur ($t_{1,1}$) og relativ fuktighet ($RH_{1,1}$) er vist i Vedlegg B. Vedlegg C viser en grafisk presentasjon av måleresultatene for lufttemperatur ($t_{1,1}$) og operativ temperatur. Resultatene av målingene av vertikal temperaturdifferanse er vist grafisk i Vedlegg D. Vedlegg E viser en grafisk presentasjon av utetemperatur i måleperioden fra meteorologistasjonen på Blindern i Oslo.

Tabell 3: *Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier av lufttemperatur ($t_{1,1}$), vertikal temperaturdifferanse (Δt) og relativ fuktighet (RH) i oppholdsrom i leilighet C22.5 i Pilestredet Park i Oslo*

Målested	Måleperiode	Minimumsverdi i måleperioden			Maksimumsverdi i måleperioden			Gjennomsnittsverdi i måleperioden		
		$t_{1,1}$	Δt	$RH_{1,1}$	$t_{1,1}$	Δt	$RH_{1,1}$	$t_{1,1}$	Δt	$RH_{1,1}$
		°C	°C	%	°C	°C	%	°C	°C	%
Leilighet C22.5	16/09/05-26/09/05									
	Ukedager	19.8	-0.4	23.2	20.6	-0.1	55.3	20.3	0.2	45.6
	Helgedager	19.4	-0.4	23	20.7	0	55.2	20.1	0.2	39.3

Minimums-, maksimums- og gjennomsnittsverdier av lufttemperatur ($t_{1,1}$), vertikal temperaturdifferanse (Δt) og relativ fuktighet ($RH_{1,1}$) er vist i Tabell 3. Tabell 4 viser minimums-, maksimums og gjennomsnittsverdier av operativ temperatur på ukedager og helgedager i leiligheten. Det ble ikke målt utetemperatur ved leiligheten i måleperioden. Tabell 5 viser tilsvarende verdier for henholdsvis utetemperatur og relativ fuktighet i uteluft i måleperioden fra meteorologistasjonen på Blindern.

Tabell 6 viser minimums-, maksimums- og gjennomsnittsverdier av lufthastighet i leiligheten på ukedager og helgedager.

Tabell 4: Minimums-, maksimums- og gjennomsnittsverdier av operativ temperatur på ukedager og helgedager i oppholdsrom i leilighet C22.5 i Pilestredet Park i Oslo. Enhet: °C.

Målested	Tidsrom	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt
Oppholdsrom i leilighet C22.5	Ukedager	19,8	20,6	20,3
	Helgedager	19,4	20,7	20,1

Tabell 5: Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier av utetemperatur (t_{ute}) og relativ fuktighet (RH_{ute}) på ukedager og helgedager på meteorologistasjonen til Meteorologisk institutt på Blindern i Oslo.

Målested	Tidsrom	Minimumsverdi i måleperioden		Maksimumsverdi i måleperioden		Gjennomsnittsverdi i måleperioden	
		t_{ute} °C	RH_{ute} %	t_{ute} °C	RH_{ute} %	t_{ute} °C	RH_{ute} %
Blindern	Ukedager	7,1	41	18,7	91	13,2	74
	Helgedager	1,5	31	17,0	90	10,8	70

Tabell 6: Minimums-, maksimums-, og gjennomsnittsverdier av lufthastighet (trekk) i på ukedager og helgedager i oppholdsrom i leilighet C22.5 i Pilestredet Park i Oslo. Enhet: m/s.

Målested	Tidsrom	Minimumsverdier i måleperioden	Maksimumsverdier i måleperioden	Gjennomsnittsverdier i måleperioden
Oppholdsrom i leilighet C22.5	Ukedager	0.00	0.10	0.09
	Helgedager	0.00	0.10	0.08

Resultatene av temperaturmålingene viser godt samsvar mellom lufttemperatur og operativ temperatur i måleperioden. Begge viser døgnversjoner med lavere temperaturer om natten og høyere temperaturer om dagen.

Resultatene viser at lufttemperaturen i leiligheten var relativt konstant i hele måleperioden og lå rundt 20 °C, det vil si innenfor det temperaturintervallet som vanligvis oppleves som optimalt innendørs. Operativ temperatur i leiligheten varierte stort sett innenfor Folkehelsas anbefalte temperaturintervall. Minimumstemperaturen helgedager lå litt under anbefalt intervall og var 19.4°C.

Den vertikale temperaturdifferansen i leiligheten var mindre enn Folkehelsas anbefalte norm på 3 °C.

Sammenlignet med målingene av utetemperatur på Blindern viser resultatene at innnetemperaturen i leiligheten varierer med utetemperaturen. Lavest innnetemperatur forekommer på dager med relativt lav utendørstemperatur.

Den relative fuktigheten i leiligheten lå innenfor Folkehelsas anbefalte intervall på 20-60 %.

Målte maksimumsverdier av lufthastigheten var lavere enn anbefalt norm.

4.2 Karbondioksid (CO₂)

På grunn av tekniske problemer med instrumentet foreligger det ikke resultater for de kontinuerlige målingene av karbondioksid. Hovedkildene til karbondioksid i inneluft er uteluft og menneskers respirasjon. Den undersøkte leiligheten i Pilestredet Park var ubebodd i måleperioden, og CO₂-konsentrasjonen i inneluften vil da være tilnærmet lik CO₂-konsentrasjonen i uteluft. CO₂-konsentrasjonen i uteluft er ca. 720 mg/m³ (400 ppm ved 25 °C og 1 atm) og ligger langt under anbefalt faglig norm for CO₂ i innemiljø på 1800 mg/ m³ (1000 ppm ved 25 °C og 1 atm).

4.3 Svevestøv

Analyseresultatene av svevestøv er vist i Tabell 7. I "Faglige normer for inneklime" fra 1998 er anbefalt norm for finfraksjon 20 µg/m³ (24 timers midlingstid).

Tabell 7: Gjennomsnittlige svevestøvkonsentrasjoner i innelufta i oppholdsrom i leilighet C22.5, Pilestredet Park i Oslo. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Prøve		Døgn 1	Døgn 2	Døgn 3	Døgn 4	Helg
Tid		19.09.05 - 20.09.05 0800-0800	20.09.05 - 21.09.05 0800-0800	21.09.05 - 22.09.05 0800-0800	22.09.05 - 23.09.05 0800-0800	23.09.05 - 26.09.05 1600-0800
Oppholdsrom i leilighet C22.5	Finfraksjon ^a	3,1	2,3	2,5	4,5	3,5
	Grovfraksjon ^b	1,5	1,3	1,6	0,9	0,7
	Totalt ^c	4,6	3,6	4,1	5,4	4,2

a Partikler med diameter mindre enn 2,5 μm .

b Partikler med diameter mellom 2,5 μm og 10 μm .

c Summen av konsentrasjonene av fin- og grovfraksjon.

Målte svevestøvkonsentrasjoner lå i alle prøver godt under anbefalt norm.

Den høyeste døgnmiddelkonsentrasjonen av finfraksjon ble målt i leiligheten 22.-23. september og var 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mens den høyeste totalkonsentrasjonen var 5,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ samme døgn.

4.4 Flyktige organiske komponenter (VOC)

Resultatet av målingen av enkeltkomponenter av VOC er gitt i Vedlegg G, mens måleresultatet for totalkonsentrasjonen av VOC (TVOC) er vist i Tabell 8.

Tabell 8: Målt gjennomsnittskonsentrasjon av flyktige organiske forbindelser (TVOC) i inneluften over kjøkkenbenken i oppholdsrom i leilighet C22.5, Pilestredet Park i Oslo. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Målested	Tidsrom	Konsentrasjon av TVOC
Oppholdsrom i leilighet C22.5	16.09.05-26.09.05	125.8

Det finnes ikke anbefalt faglig norm for VOC, men den målte TVOC-konsentrasjonen var lav og i samme størrelsesorden som TVOC-konsentrasjoner NILU vanligvis måler i boliger og kontorlokaler. De fleste komponentene som er identifisert finner en vanligvis i slike lave konsentrasjoner innendørs. Resultatet viser at den dominerende VOC-kilden i leiligheten er avdamping fra vannbasert maling.

4.5 Karbonmonoksid (CO)

Grafisk fremstilling av målte CO-konsentrasjoner (10-minutters middel) som funksjon av tiden er vist i Vedlegg F. Målte middelkonsentrasjoner av CO er vist i Tabell 9.

Tabell 9: Målte middelkonsentrasjoner av CO i inneluften i oppholdsrom i leilighet C22.5, Pilestredet Park i Oslo. Enhet: mg/m³.

Målested	Måleperiode	Maksimal timesmiddel på ukedager	Maksimal timesmiddel helgedager
Oppholdsrom i leilighet C22.5	16.09.05-26.09.05	1	0

Konsentrasjonene av karbonmonoksid i leiligheten var svært lave og langt under anbefalt norm.

4.6 Nitrogendioksid (NO₂)

Resultatet av målingen av nitrogendioksid er vist i Tabell 10.

Tabell 10: Målt gjennomsnittskonsentrasjon av nitrogendioksid (NO₂) i inneluften over kjøkkenbenken i oppholdsrom i leilighet C22.5, Pilestredet Park i Oslo. Enhet: µg/m³.

Målested	Måleperiode	Gjennomsnittskonsentrasjon av NO ₂
Over kjøkkenbenk i oppholdsrom i leilighet C22.5	16.09.05 –26.09.05	23

Den målte NO₂-konsentrasjonen i leiligheten var 23 µg/m³. Dette er langt under anbefalt norm på 100 µg/m³ som timesmiddel. Imidlertid er NO₂-konsentrasjonen midlet over 1 uke slik at det kan ha forekommet episoder i måleperioden med timesmiddel høyere enn anbefalt norm. Det er likevel rimelig å anta at leiligheten ikke er vesentlig belastet med forurensning fra trafikk og/eller forbrenning.

5 Konklusjon

Resultatene av undersøkelsen i leilighet C22.5 i Pilestredet Park 38 før innflytning viser at luftkvaliteten i leiligheten var god. Både lufttemperatur, operativ temperatur og relativ fuktighet i leiligheten lå innenfor anbefalt norm. Resultatene for karbonmonoksid (CO), svevestøv (PM₁₀/PM_{2,5}) og nitrogendioksid (NO₂) lå også innenfor de anbefalte faglige normer for inneklime. De målte VOC-konsentrasjonene var lave og i samme størrelsesorden som VOC-konsentrasjoner NILU vanligvis måler i boliger og kontorlokaler. På grunn av tekniske problemer foreligger det ikke resultater for karbondioksid (CO₂).

6 Referanser

Folkehelsa (1998) Anbefalte faglige normer for inneklime. Rapport fra en arbeidsgruppe nedsatt av Folkehelsa på oppdrag fra Sosial- og helsedepartementet. Oslo, Statens institutt for folkehelse.

Helsedirektoratet (1991) Normer for inneluftkvalitet. Oslo, Helsedirektoratet (Rundskriv nr. IK-39/91).

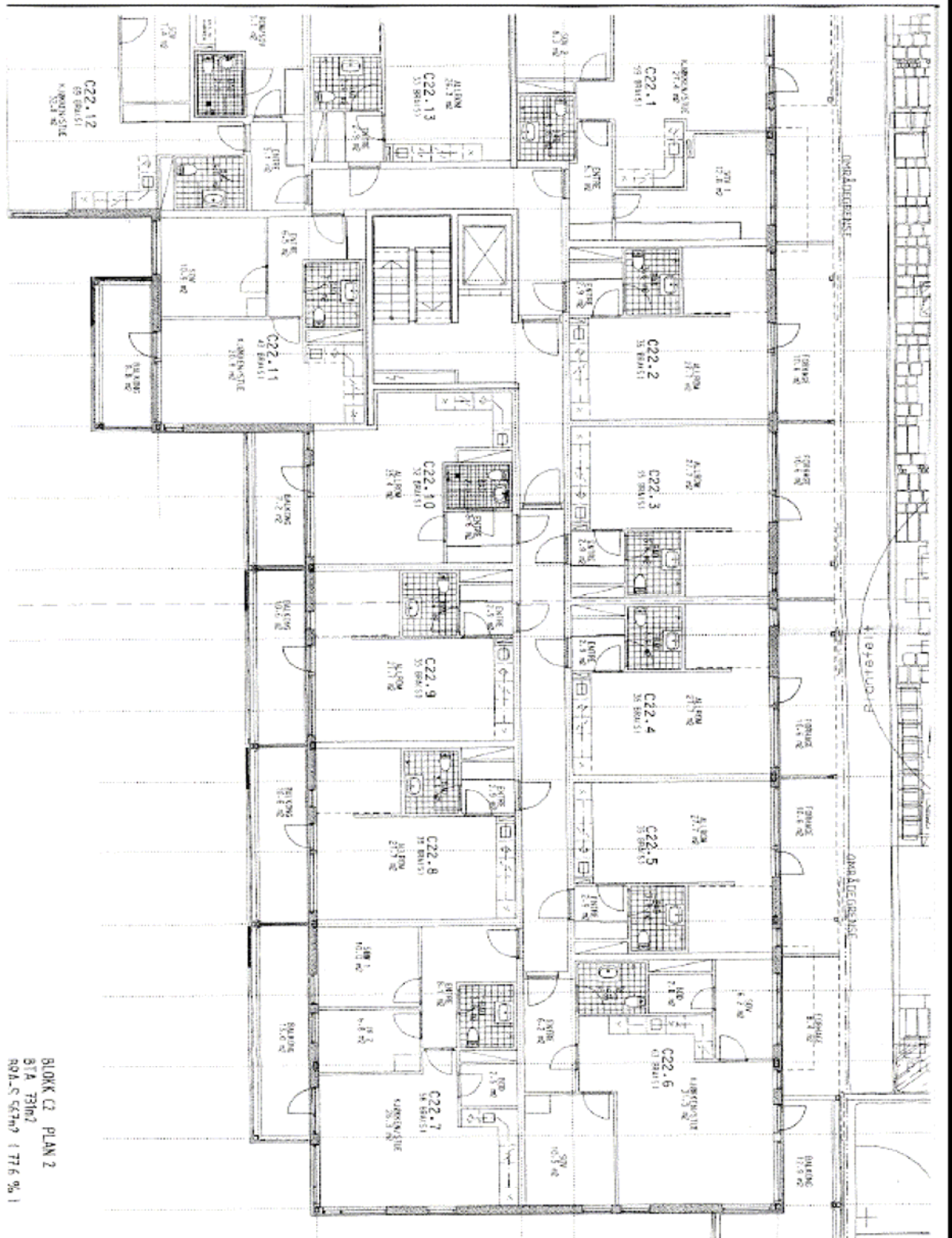
Larssen, S. og Hagen, L.O. (1998) Luftkvalitet i norske byer. Utvikling-årsaker-tiltak-framtid. Kjeller (NILU OR 69/98).

Larssen, S. og Vitols, V. (1986) Fraksjonert prøvtaking av svevestøv i luft. Sammenligning av prøvetakere. 1982. Lillestrøm (NILU OR 67/86).

Vitols, V. and Larssen, S. (1988) Comparison of virtual impactor and two-filter particle samplers. Lillestrøm (NILU OR 46/88).

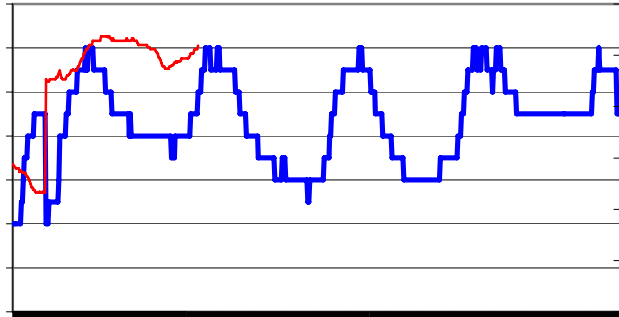
Vedlegg A

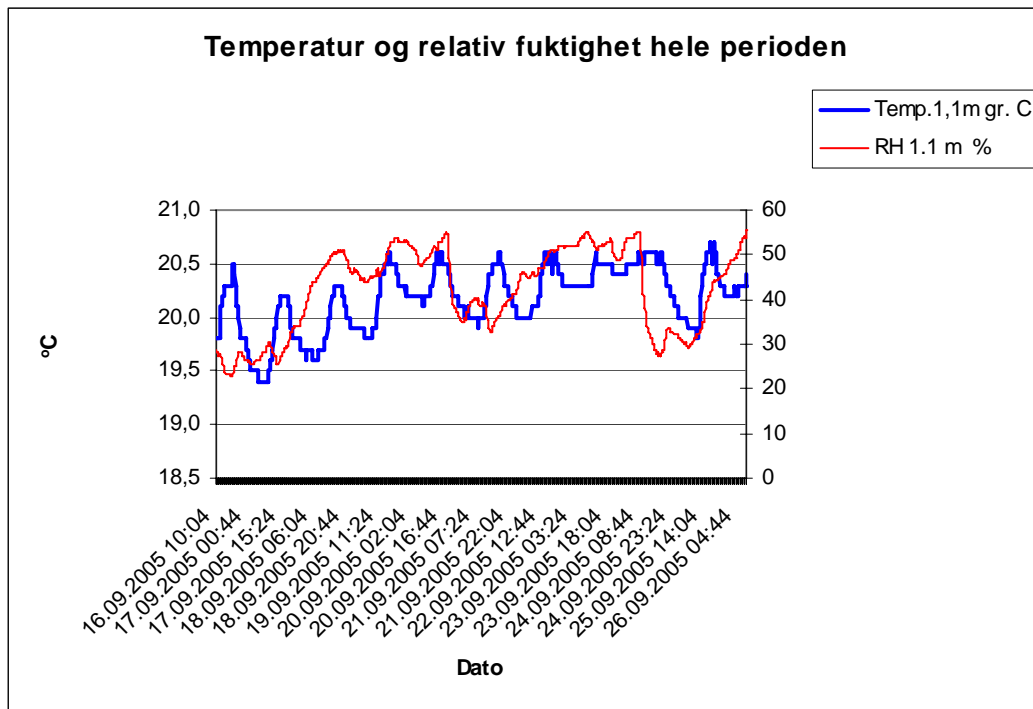
Planskisse av leilighet C22.5 i Pilestredet Park 38, blokk C2



Vedlegg B

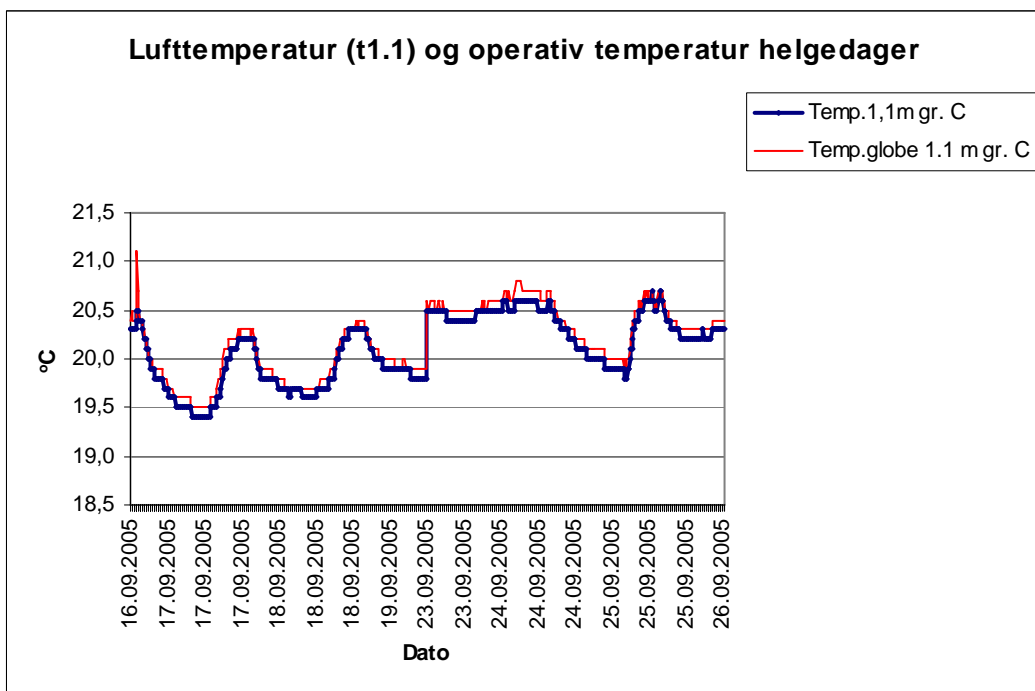
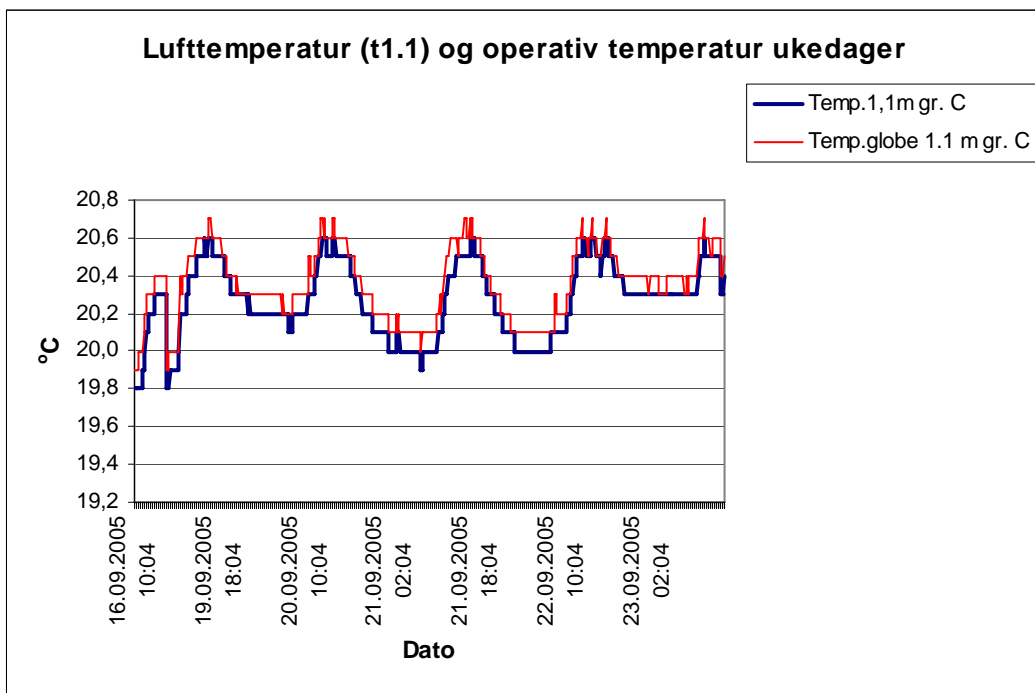
**Grafisk presentasjon av måleresultatene for
lufttemperatur ($t_{1,1}$) og relativ fuktighet ($RH_{1,1}$)**

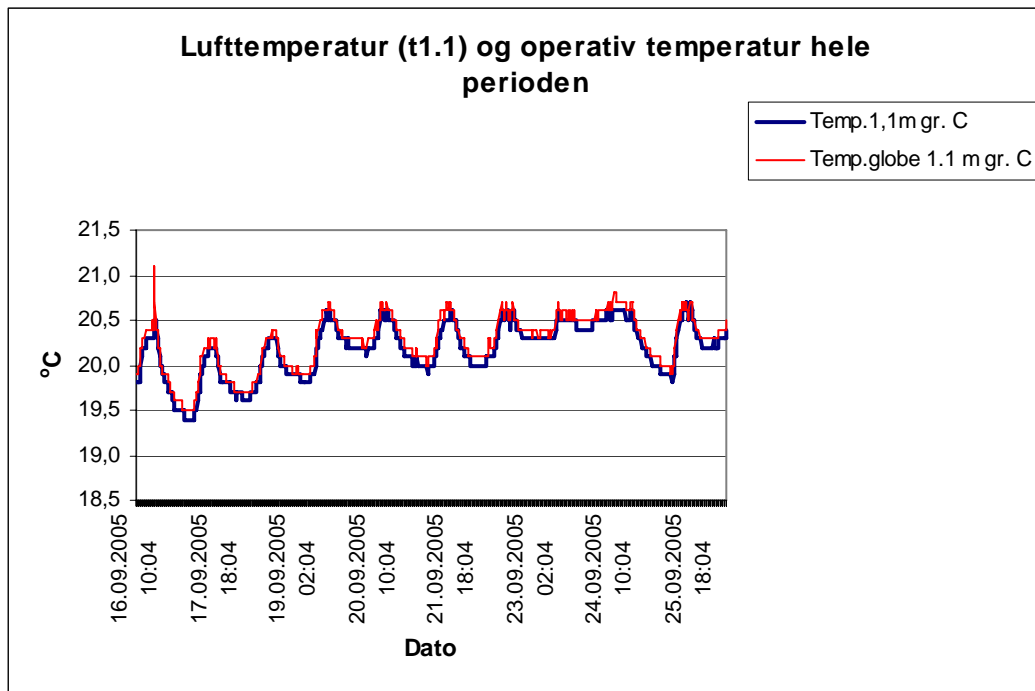




Vedlegg C

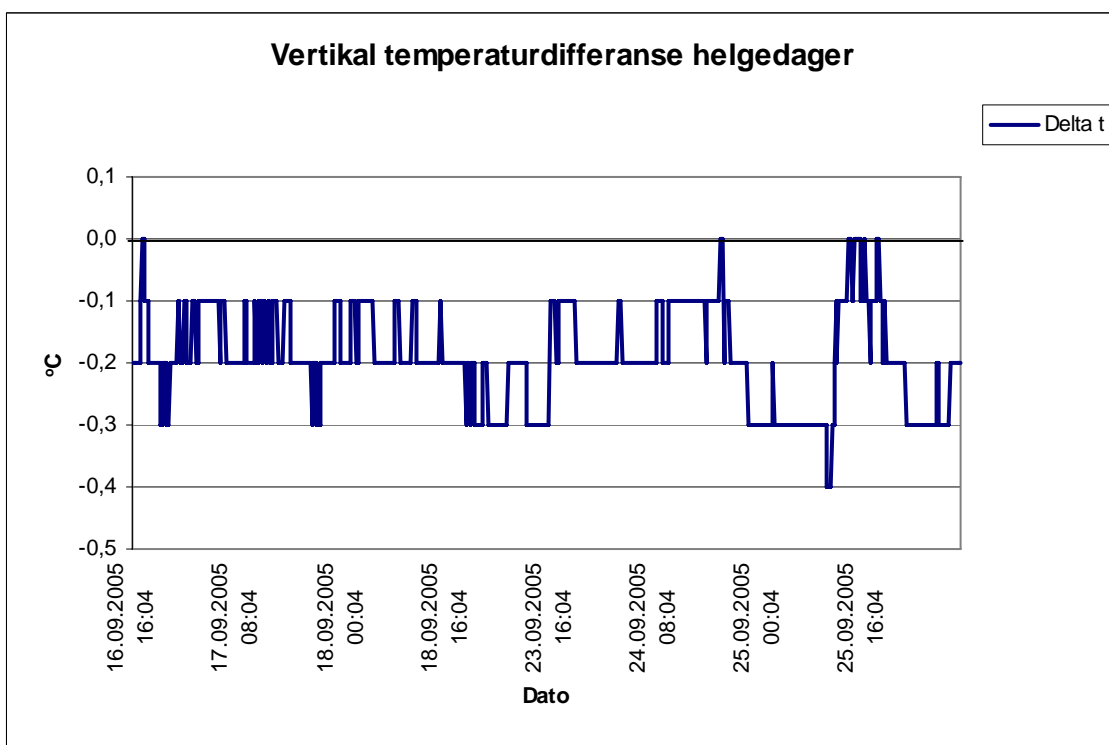
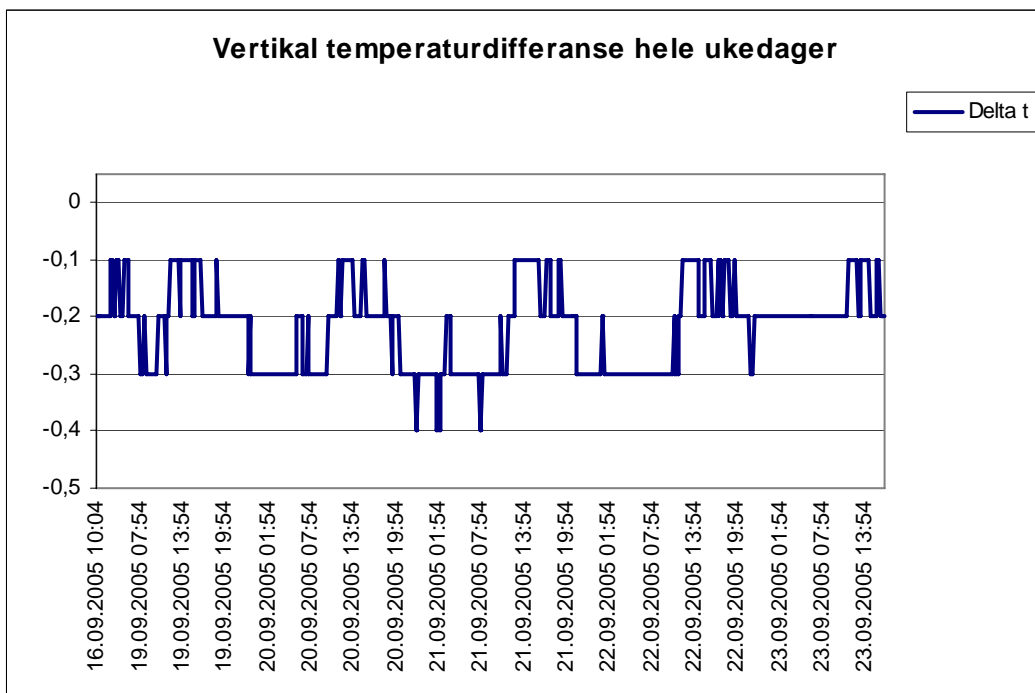
Grafisk presentasjon av måleresultatene for lufttemperatur ($t_{1,1}$) og operativ temperatur (t_{operativ})

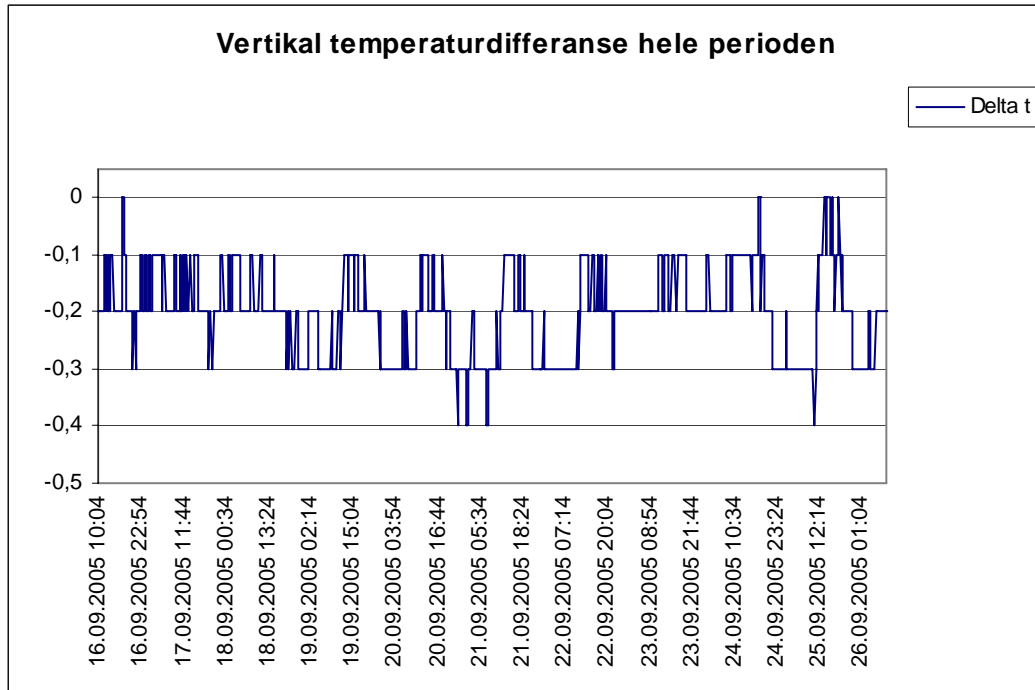




Vedlegg D

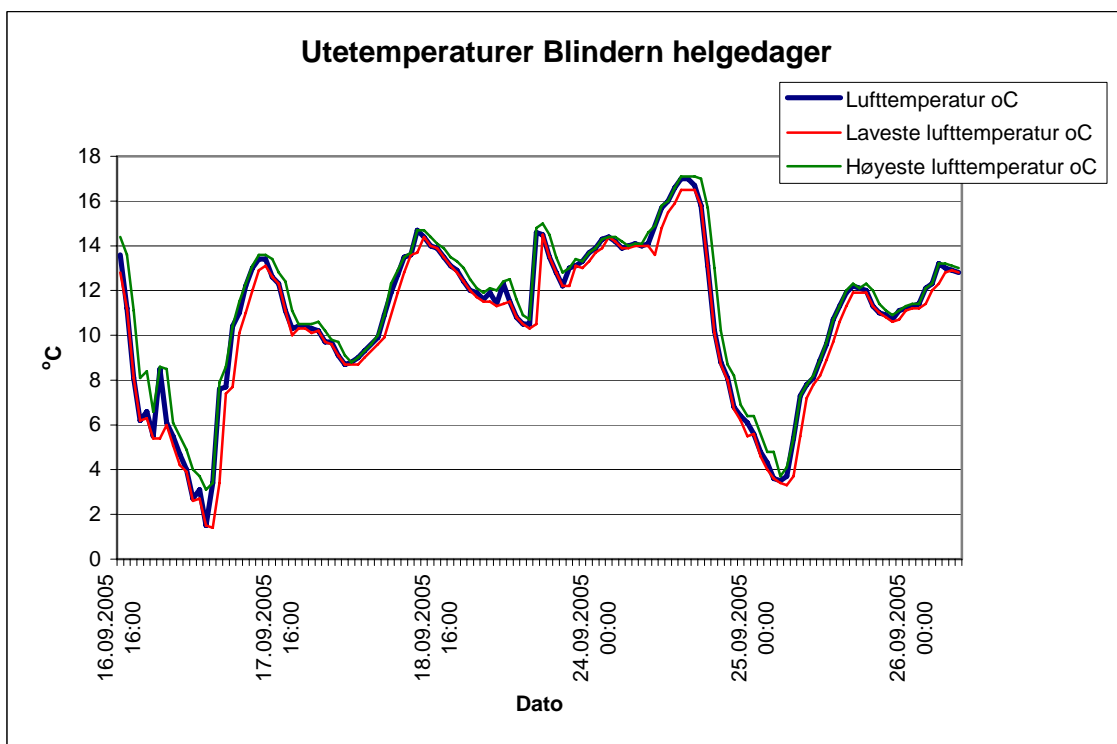
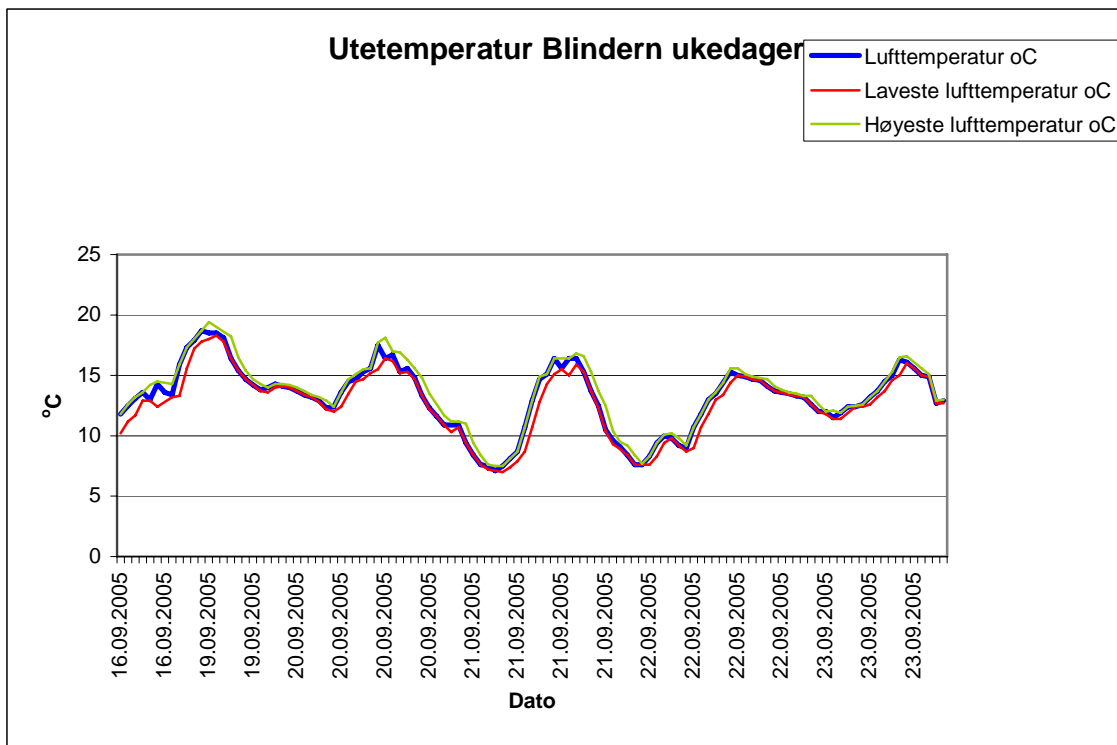
Grafisk presentasjon av måleresultatene for vertikal temperaturdifferanse (Δt)

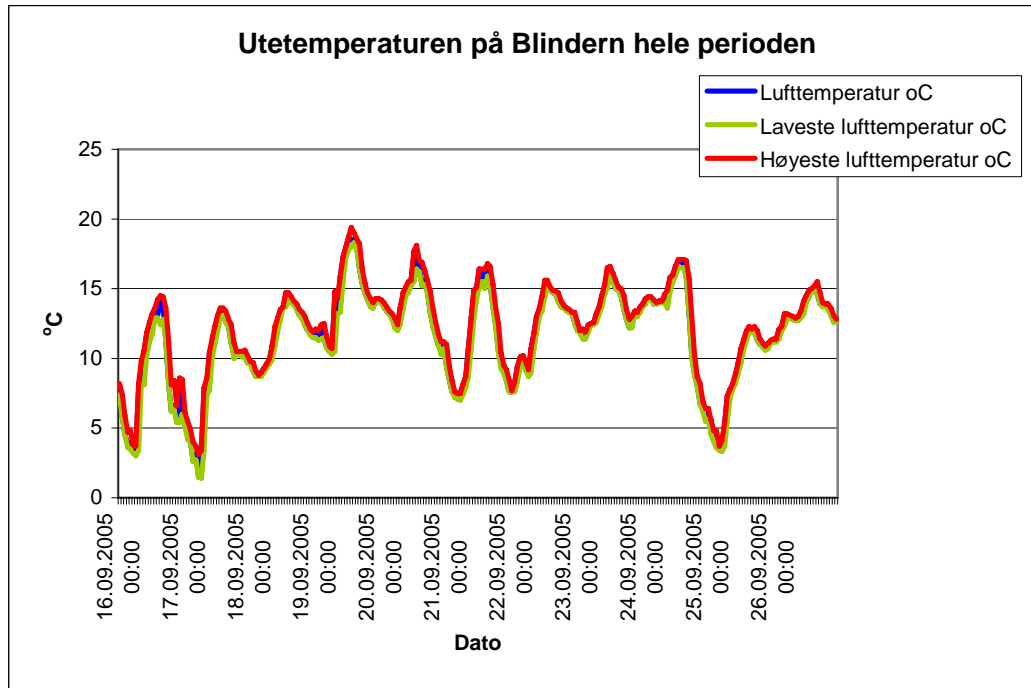




Vedlegg E

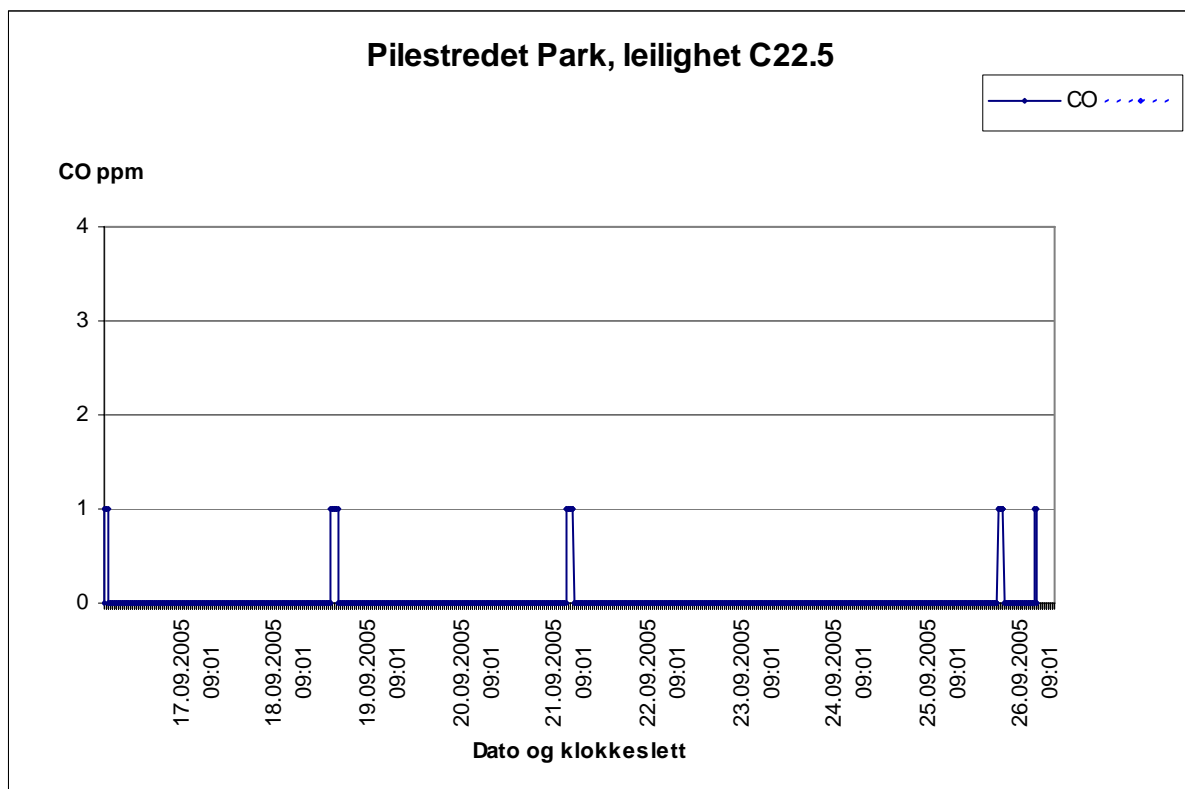
Grafisk presentasjon av måleresultatene for utetemperatur på Blindern i Oslo





Vedlegg F

Grafisk presentasjon av måleresultatene for karbonmonoksid (CO)



Vedlegg G

Måleresultater for flyktige organiske komponenter (VOC)

Bestemmelse av flyktige organiske forbindelser (VOC) i luft



Oppdragsgiver		Pilestredet Park	
Prøve id /rør id		kjøkken	
Passiv prøvetaking på Tenax-adsorpsjonsrør i perioden		18.9-23.9 2005	
Komponent	Konsentrasjon		CAS NR
	Toluen-ekvivalenter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
2-(2-butoxyethoxy)ethanol acetate	11.5	124-17-4	
dibutylenglycol	10.5	54305-61-2	
dibutylenglycol	8.0	54305-61-2	
benzoic acid	5.4	65-85-0	
pentadecane	4.3	629-62-9	
TXIB	4.1	6846-50-0	
hexadecane	3.3	544-76-3	
butanoic acid butylester	3.1	109-21-7	
hexanoic acid	3.0	142-62-1	
tetradecane	2.9	629-59-4	
toluene	2.9	108-88-3	
benzaldehyde	2.6	100-52-7	
acetophenone	2.4	98-86-2	
alfa pinene	2.3	80-56-8	
nonanal	2.3	124-19-6	
5-methyltetradecane	2.2	25117-32-2	
decanal	2.1	112-31-2	
4-methyltetradecane	2.1	25117-24-2	
Texanol B	2.0	74367-34-3	
2-butanone	1.8	78-93-3	
acetic acid butylester	1.6	123-86-4	
p-and m- Xylere (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	1.5	106-42-3	
dodecamethyl cyclohexasiloxane	1.5	540-97-6	
dodecanoic acid	1.3	334-48-5	
2-propanol (isopropylalkohol)	1.2	67-63-0	
1-butanol	1.2	71-36-3	
1,3-isobenzofurandione (phthalic acid anhydride)	1.1	85-44-9	
2-propanone (acetone)	1.1	67-64-1	
tridecane	1.1	629-50-5	
dodecanoic acid methylester	1.1	111-82-0	
Totalkonsentrasjon av identifiserte komponenter	91.5		
Antall identifiserte komponenter	30		
Totalkonsentrasjon av flyktige organiske forbindelser (TVOC)	125.8		
Antall komponenter inkludert i TVOC (kons > 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	154		
Prøve mottatt	26.september 2005		
Prøve analysert	11.oktober 2005		

Kommentar til konsentrasjonsnivå av TVOC og sannsynlige kilder til noen av komponentene

TVOC er på et normalt nivå.

Det er først og fremst avdampninger fra vannbasert maling som domnerer.

Noen av forbindelsene er vanlig å finne i "bakgrunn" fra adsorbenten (Tenax) og dens reaksjoner med oksidanter i lufta, som ozon (gir f.eks. benzoesyre, fenol, benzaldehyd og acetofenon) eller fra fettstoffer fra hender som kommer i kontakt med prøvetakingsutstyr og deretter med ozon eller radikaler fra lufta (gir f.eks. nonanal og dekanal). Alle disse forbindelsene er imidlertid også vanlig å finne i inneluft.



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 21/2006	ISBN 82-425-1742-8 ISSN 0807-7185	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 45	PRIS NOK 150,-
TITTEL Målinger av inneluftkvalitet i ny leilighet i Pilestredet Park, Oslo		PROSJEKTLEDER Bodil Innset	NILU PROSJEKT NR. O-105095
FORFATTER(E) Bodil Innset		TILGJENGELIGHET * A	OPPDRAGSGIVERS REF. Erlend Ullestad
OPPDRAGSGIVER Pilestredet Park Boligutbygging ANS Pilestredet Park 7 Postboks 274 Sentrum 0103 Oslo Att.: Erlend Ullestad			
STIKKORD Inneklima	Luftkvalitet	Leilighet	
REFERAT Norsk institutt for luftforskning (NILU) ble av Pilestredet Park Boligutbygging ANS bedt om å utarbeide et måleprogram for å undersøke inneklimate i en ferdigstilt leilighet i en nyoppført boligblokk i Pilestredet Park 38 i Oslo. Målingene ble utført i leilighet C22.5 i blokk C2 i tidsrommet 16.-26. september 2005. Måleprogrammet omfattet følgende parametre: Karbondioksid (CO ₂), karbonmonoksid (CO), temperatur, relativ fuktighet, luftfartighet (trekk), svevestøv (PM ₁₀ /PM _{2,5}), flyktige organiske komponenter (VOC) og nitrogendioksid (NO ₂). Resultatene av undersøkelsen i leilighet C22.5 i Pilestredet Park 38 før innflytning viser at luftkvaliteten i leiligheten var god. På grunn av tekniske problemer foreligger det ikke resultater for karbondioksid (CO ₂). Alle de andre målte parametre lå innenfor de anbefalte faglige normer for inneklimate.			
TITLE Investigation of indoor air in a new apartment in Pilestredet Park, Oslo			
ABSTRACT The Norwegian Institute for Air Research (NILU) has, on an assignment from Pilestredet Park Boligutbygging ANS, carried out a study on the indoor air quality in a new and uninhabited apartment in Pilestredet Park 38 in the period from 16 September to 26 September 2005. The results of the measurements show that the indoor air quality in the apartment was good.			

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