

Måling av luftforurensning i innendørs kunstgresshaller

Rapport:	NILU OR 03/2006
TA-nummer:	TA-2148/2006
ISBN-nummer	82-425-1716-9
Oppdragsgiver:	Statens forurensningstilsyn
Utførende institusjon:	Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Forfattere:	C. Dye, A. Bjerke, N. Schmidbauer, S. Manø

Måling av luftforurensning i innendørs kunstgresshaller



Statlig program for forurensningsovervåking

s ft:



Forord

Norsk institutt for luftforskning (NILU) fikk i oktober 2005 i oppdrag av Statens forurensingstilsyn (SFT) å måle konsentrasjonen av svevestøv og gassfaseforbindelser i inneluft i innendørs kunstgressbaner.

Målingene ble foretatt i ett anlegg med nylagt gummigranulat (SBR gummi eller Styrene Butadiene Rubber), ett anlegg med gummigranulat (SBR gummi) som hadde vært i bruk ett år, og ett anlegg som hadde granulat produsert av termoplast elastomer.

Undersøkelsen skal brukes som grunnlag for eksponeringsberegninger og vurdering av helseeffekter.

Tusen takk til alle som har bidratt til å få dette prosjektet gjennomført:

Norges fotballforbund; Ole Myhrvold

Manglerudhallen; Rune Molberg

Valhall; Rune Brattfoss

Østfoldhallen; Leif Andersen

Rapporten er utarbeidet ved NILU.

Kjeller, 30. november 2005

Christian Dye
Prosjektleder

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder.

Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

- overgjødning av ferskvann og kystområder
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt. Programmet skal dekke myndighetenes informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere virkningen av iverksatte tiltak for å redusere forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye tiltak. SFT er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.



Statens forurensningstilsyn
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no
Internett: www.sft.no
Bestilling: <http://www.sft.no/skjema.html>



Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100, 2027 Kjeller
Besøksadresse: Instituttveien 18

Telefon: 63 89 80 00
Telefaks: 63 89 80 50
E-post: nilu@nilu.no
Internett: www.nilu.no

Innhold

Forord	1
Sammendrag	5
1. Innledning	7
2. Materialer og metoder	8
2.1 Prøvetaking	8
2.2 Kjemisk analyse	8
2.3 Målesteder	9
3. Resultater	11
4. Vurdering	14
4.1 Grenseverdier	14
4.1.1 Erfaring	14
4.2 Flyktige organiske forbindelser (VOC)	15
4.2.1 Manglerud kunstgresshall, Oslo.....	15
4.2.2 Østfoldhallen kunstgressbane, Fredrikstad	16
4.2.3 Valhall kunstgressbane, Oslo	17
4.2.4 Laboratorieforsøk.....	17
4.2.4.1 Relativ kildestyrke.....	17
4.2.4.2 Belegg på granulatoverflaten	18
4.2.4.3 Kildestyrke og temperaturpåvirkning.....	19
4.3 Svevestøv	19
4.3.1 Manglerud kunstgresshall, Oslo.....	20
4.3.2 Østfoldhallen kunstgressbane, Fredrikstad	20
4.3.3 Valhall kunstgressbane, Oslo	20
4.3.4 Forekomst av gummipartikler i svevestøvet	21
4.4 Andre forhold.....	22
4.4.1 Svelging av granulat.....	22
5. Konklusjon	23
6. Referanser	25
Appendix I	27
Appendix II	37

Sammendrag

I denne rapporten beskrives målinger av luftkvaliteten i tre innendørs kunstgressbaner. Målingene ble foretatt i ett anlegg med nylagt gummigranulat (SBR-gummi eller Styrene Butadiene Rubber), ett anlegg med gummigranulat (SBR-gummi) som hadde vært i bruk ett år, og ett anlegg som hadde granulat produsert av termoplast elastomer. Parametre som inngår er konsentrasjon og kjemisk sammensetning av svevestøv samt konsentrasjon i inneluft av flyktige organiske forbindelser (VOC) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Undersøkelsen skal brukes som grunnlag for eksponeringsberegninger og vurdering av helseeffekter. I litteraturen er det få data fra tilsvarende luftundersøkelser. Det finnes heller ingen spesifikke kriterier eller retningslinjer for hvordan luftkvaliteten bør være i innendørs idrettsanlegg. I NILUs resultatvurdering legges det derfor til grunn egne erfaringer med innemiljø gjennom mange år, samt retningslinjer og anbefalinger NILU vurderer som relevante referanser.

Undersøkelsen karakteriseres som en stikkprøveundersøkelse basert på et begrenset antall baner. Måleprogrammet var forhåndsbestemt.

Resultatene viser at bruk av gummigranulat fra oppmalte bildekk (SBR-gummi) medfører en betydelig belastning på innemiljøet. Manglerudhallen og Valhall har denne type gummigranulat. Gummigranulat produsert av termoplast elastomer genererer mindre forurensning av de målte parametrene enn det man finner generert av SBR-gummi. Østfoldhallen har gummigranulat av termoplast elastomer. Undersøkelsen viser i alle tre hallene forekomst av organiske kjemikalier som ikke er identifisert og rapportert.

Rapporten inneholder metodebeskrivelse, måleresultater og noen resultater fra laboratorieundersøkelser av gummigranulatet. Resultatene drøftes og oppsummeres.

Rapporten er utarbeidet av Norsk institutt for luftforskning (NILU) på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT). NILU er ansvarlig for resultater, vurderinger og konklusjoner.

1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) fikk oktober 2005 i oppdrag av Statens forurensningstilsyn (SFT) å måle konsentrasjonen av svevestøv og gassfaseforbindelser i innendørs kunstgressbaner. Måleprogrammet er beskrevet i tabell 1.

Tabell 1: Måleprogram for innendørs kunstgressanlegg på oppdrag fra SFT.

Fraksjon	Parameter
Svevestøv (PM ₁₀)	Konsentrasjon Andel gummi Vulkaniseringsforbindelser, konserveringsforbindelser Ftalater Tjærestoffer (PAH)
Svevestøv (PM _{2,5})	Konsentrasjon Andel gummi Vulkaniseringsforbindelser, konserveringsforbindelser Ftalater
Gassfase	Flyktige organiske forbindelser (VOC) Tjærestoffer (PAH)

Målingene skulle foretas i ett anlegg med nylagt gummigranulat (SBR gummi), ett anlegg med gummigranulat (SBR gummi) som hadde vært i bruk ett år, og ett anlegg som hadde granulat produsert av termoplast elastomer.

I litteraturen er det få data fra tilsvarende luftundersøkelser. Det finnes heller ingen kriterier eller retningslinjer for hvordan luftkvaliteten bør være i innendørs idrettsanlegg. I NILUs resultatvurdering legges det derfor til grunn egne erfaringer med innemiljø gjennom mange år, samt retningslinjer og anbefalinger NILU vurderer som relevante referanser.

2. Materialer og metoder

2.1 Prøvetaking

Svevestøv ble samlet opp på 47 mm kvartsfiberfilter med en gjennomstrømningshastighet på 2,3 m³/time. Det ble benyttet separate filtre til PM₁₀ (partikulært materiale med ekvivalent aerodynamisk diameter <10 µm) og PM_{2.5} fraksjonen (partikulært materiale med ekvivalent aerodynamisk diameter <2.5 µm). Prøvetakingssystemet var av typen Kleinfiltergerät, med inntak som tilfredsstillende prEN12341.

Svevestøvet (PM₁₀) som skulle analyseres med hensyn på PAH, ble samlet på et 150 mm glassfiberfilter med en gjennomstrømningshastighet på 30 m³/time, og gassfaseforbindelsene ble samlet på polyuretan-propper. Prøvetakingssystemet var Digital Automatic High Volume Aerosol Sampler (DHA-80) med inntak som tilfredsstillende prEN12341.

Flyktige organiske forbindelser (VOC) ble samlet på en Tenax-adsorbent ved hjelp av aktiv prøvetaking etter prEN ISO 16017. Karbonylforbindelsene med ett til tre karbonatomer ble samlet på en silica-adsorbent impregnert med 2,4-dinitrofenylhydrazin, ved hjelp av aktiv prøvetaking (Brombacher et al., 2002).

2.2 Kjemisk analyse

Den kjemiske analysen av svevestøvet består i at deler av filteret ekstraheres i et løsemiddel i et ultralydbad i 30 minutter. Dette gjøres to ganger for å optimalisere ekstraksjonsutbyttet, og ekstraktene slås sammen og bearbeides videre. En rekke av analyttene som ble analysert finnes det ikke kommersielt tilgjengelige isotopmerkede standarder av. Derfor er prøveopparbeidelsene basert på skånsom håndtering og beregningene basert på ekstern standard. Valideringsstudier som er gjennomført på laboratoriet viser at man da oppnår bedre enn 90% gjenfinning for de fleste analyttene.

Karbonanalysen utføres ved å varme opp filteret etter EGA (evolved gas analysis) prinsippet. Alt karbon konverteres til CO₂ og deretter metan hvor metan kvantifiseres ved hjelp av en FID (flamme ionisasjons detektor) (Birch et al., 1996)

Metodikken som ble benyttet til PAH i svevestøv og gassfase er basert på arbeidet til Thrane et al. (1985). Resultatene er korrigert for eventuelle tap under ekstraksjon og opparbeidelse ved tilsettelse av internstandard. De mest relevante analytiske parametere er gitt i tabell 2.

Bestemmelse av alle typer flyktige organiske forbindelser ble utført etter prEN ISO 16017.

Tabell 2: De mest relevante analytiske parametrene.

Parameter	Ekstraksjon	Opparbeidelse	Kvantifisering	Ioniserings- teknikk	Kolonne	Måle- usikkerhet
Karbon EC/OC	Ingen	Termo-optisk- transmisjon	Metan- Internstand.	Ingen	Ingen	± 10 %
Andel gummi	Væske	SPE	LC/MS-TOF	ESI(+)	Atlantis dC18, 3 µm 15 cm * 2,1mm	± 20 %
Vulk. og konserv. forbindelser	Væske	Sentrifugering	LC/MS-TOF	ESI(+), ESI (-)	ACE C18 3 µm 15cm * 2,1mm, Atlantis dC18, 3 µm 15 cm*2,1mm	± 25 %
Ftalater	Væske	Sentrifugering	LC/MS-TOF	ESI(+)	Atlantis dC18, 3 µm 15 cm*2,1mm	± 20 %
Tjærestoffer (PAH)	Soxhlet	Væske/væske, LC	GC/MS	EI	Cp Sil8 25m*0.25mm	± 30 %
Flyktige organiske forbindelser (VOC)		Termo- desorpsjon	GC/MS	EI	DB 1701, 1µm, 30m,0.5mm	± 25 %
Karbonyl- forbindelser	Væske	SPE	HPLC/UV		NovaPakC18, 15cm*3,9mm	± 14 %

EC betyr elementært karbon, OC betyr organisk karbon.

EI: Elektronstøt ionisering.

ESI (-/+): negativ/positiv elektrospøy.

GC/MS: Gasskromatografi koplet til massespektrometer

LC/MS-TOF: Væskekromatograf koplet til "time-of-flight" massespektrometer. Dette gir høyoppløsende massespektrometri i motsetning til vanlig LC/MS. (Instrument: Waters LCT).

SPE: Fast fase ekstraksjon. (OASIS MCX, Waters DNPH-silica).

Termo-optisk-transmisjon: Refererer til www.sunlab.com

2.3 Målesteder

I tabell 3 beskrives kunstgressbanene hvor det ble innhentet prøver. I tillegg har vi lagt ved bilder av hallene og gummigranulatet i appendix 2. I tabell 4 beskrives prøvetypene som ble innhentet.

Tabell 3: Beskrivelse av målesteder.

	Manglerudhallen (Oslo)	Manglerudhallen (Oslo)	Valhall (Oslo)	Østfoldhallen (Østfold)
Dato	17.10.05	19.10.05	19.10.05	18.10.05
Klokkeslett	1620-2235	1733-1817	1645-2155	1705-2240
Temperatur start (°C)	18	15	15	17
Temperatur stopp (°C)	10	15	15	17
Relativ luftfuktighet (%)	53	Ikke målt	42	34
Lufttrykk (hPa)	Ikke målt	Ikke målt	1009	1028
Banedimensjon (meter)			68X105	68X105
Gummigranulat (type)	Oppmalte bildekk (sort) og en ukjent type (grønn)	Oppmalte bildekk (sort) og en ukjent type (grønn)	SBR-gummi	Termoplast elastomer
Vekt/volum av gummigranulat (kg/m ³)	489	489	395	790
Vekt pr. granul med standard avvik (mg)	10 (±2.2) sort 15 (±4.1) grønn	10 (±2.2) sort 15 (±4.1) grønn	13 (±2.8)	7 (±0.7)
Alder (antall måneder ved prøvetaking)			2	10

Tabell 4: Prøver som ble innhentet*.

Fraksjon	Sted	Typisk volum i liter
Svevestøv (PM ₁₀)	Manglerudhallen, Valhall, Østfoldhallen	12
Svevestøv (PM _{2,5})	Manglerudhallen, Valhall, Østfoldhallen	12
Flyktige organiske forbindelser (VOC)	Manglerudhallen, Valhall, Østfoldhallen	5-25
Tjærestoffer (PAH) i svevestøv og gassfase	Manglerudhallen, Valhall, Østfoldhallen	120 000-170 000
Lettflyktige karbonylforbindelser	Manglerudhallen, Valhall, Østfoldhallen	600

* I tillegg ble det tatt med prøver av granulat og gummimatter i banelegeme

3. Resultater

Resultatene fra målingene er presentert fra tabell 5 til tabell 7.

Tabell 5: Konsentrasjon av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i gassfase og svevestøv (PM_{10}).

Sted	Manglerudh.	Manglerudh.	Valhall	Valhall	Østfoldh.	Østfoldh.
Prøvetype	Gassfase	PM_{10}	Gassfase	PM_{10}	Gassfase	PM_{10}
Midlingstid	1626-2231	1626-2231	1647-2155	1647-2155	1707-2237	1707-2237
Enhet	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3
Parameter						
Naftalen	20.9	0.13	56.4	0.17	11.1	0.04
2-Metylnaftalen	22.3	0.13	57.7	0.13	24.7	0.06
1-Metylnaftalen	16.1	0.16	42.5	0.07	16.5	0.10
Bifenyl	16.6	0.08	32.7	0.05	13.4	0.03
Acenaftalen	32.4	0.19	78.1	0.04	6.24	0.07
Acenaften	5.82	0.06	14.2	0.02	4.77	0.02
Dibenzofuran	10.8	0.10	17.0	0.04	10.2	0.05
Fluoren	10.2	0.10	19.2	0.04	7.86	0.06
Dibenzotiofen	1.76	0.03	2.74	0.01	0.88	0.03
Fenantren	19.7	0.52	25.0	0.33	14.0	0.44
Antracen	1.86	0.05	1.33	0.04	0.77	0.04
3-Metylfenantren	2.02	0.09	2.82	0.08	1.54	0.09
2-Metylfenantren	2.12	0.12	3.03	0.12	1.78	0.12
2-Metylantracen	0.39	0.02	0.22	0.02	0.12	0.01
9-Metylfenantren	1.89	0.10	2.75	0.09	1.37	0.12
1-Metylfenantren	1.52	0.09	2.11	0.08	1.08	0.09
Fluoranten	2.81	0.67	2.20	0.48	1.66	0.62
Pyren	3.54	0.81	3.09	0.64	1.80	1.17
Benz(a)fluoren	0.05	0.06	0.12	0.02	0.05	0.05
Reten	0.67	0.36	0.42	0.12	0.49	0.20
Benz(b)fluoren	0.11	0.10	0.03	0.08	0.07	0.06
Benz(ghi)fluoranten	0.17	0.29	0.11	0.23	0.08	0.28
Syklopenta(cd)pyren	0.15	0.58	0.07	0.35	0.07	0.23
Benz(a)antracen	0.15	0.56	0.07	0.36	0.05	0.14
Krysen / Trifenylene	0.19	0.76	0.11	0.53	0.10	0.38
Benz(bjk)fluoranten	0.04	2.24	0.01	1.23	0.04	0.72
Benz(a)fluoranten	0.02	0.44	0.01	0.23	0.03	0.35
Benz(e)pyren	0.03	0.78	<0.01	0.48	0.02	0.39
Benz(a)pyren	0.02	1.15	<0.01	0.56	0.01	0.38
Perylen	0.02	0.20	<0.01	0.09	0.01	0.08
Indeno(123-cd)pyren	<0.02	1.11	<0.01	0.73	<0.01	0.42
Dibenzo(ac/ah)antracen	<0.02	0.13	<0.01	0.07	<0.01	0.06
Benzo(ghi)perylene	<0.02	1.11	<0.01	0.84	<0.01	0.69
Antantren	<0.02	0.39	<0.01	0.22	<0.01	0.21
Coronen	<0.01	0.61	<0.01	0.51	<0.01	0.38
Dibenz(ae)pyren	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenz(ai)pyren	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Dibenz(ah)pyren	<0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01
Sum	174.17	10.84	363.74	6.46	120.64	4.89

Tabell 6a: Forenklet presentasjon av konsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser (VOC). Typiske gummikomponenter er vist. En mer detaljert liste fra hver prøve finnes i appendix 1.

Målested	Midlingstid	Benzothiazol µg/m ³	Toluen µg/m ³	4-metyl-2-pentanon µg/m ³	Total VOC µg/m ³
Manglerudh. A	1631-1850	15.7	85.0	12.7	715.5
Manglerudh B	1855-2200	8.9	51.2	3.4	233.8
Manglerudh C	2026-2206	4.5	30.0	2.0	150.5
Manglerudh D (19.10.05)	1733-1817	20.4	39.4	11.5	255.3
Valhall A	1653-2200	29.1	15.0	11.3	233.9
Valhall B	1935-2200	31.7	15.3	12.7	289.8
Østfoldhallen A	1715-2010	3.4	17.2	<0.9	136.3
Østfoldhallen B	2013-2235	3.9	19.4	<1.2	161.3

Tabell 6b: Konsentrasjonen av ftalater i gassfase*. Konsentrasjonene er inkludert i TVOC.

Målested	Midlingstid	Dietylftalat (DEP) µg/m ³	Diisobutylftalat (DiBP) µg/m ³	Dibutylftalat (DBP) µg/m ³
Manglerudh. A	1631-1850	0.04	0.07	0.20
Manglerudh B	1855-2200	0.06	0.10	0.20
Manglerudh C	2026-2206	0.03	0.13	0.38
Valhall A	1653-2200	0.01	0.02	0.07
Valhall B	1935-2200	0.02	0.01	0.07
Østfoldhallen A	1715-2010	0.06	0.03	0.06
Østfoldhallen B	2013-2235	0.09	0.05	0.18

*Ftalater som ikke er nevnt i tabellen har gassfasekonsentrasjoner <0.005 µg/m³

Tabell 7: Resultater fra fysisk og kjemisk analyse av svevstøv.

Sted		Mangl.	Mangl.	Valh.	Valh.	Østf.	Østf.
Prøvetype		PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Midlingstid		1626- 2231	1626- 2231	1647- 2155	1647- 2155	1707- 2237	1707- 2237
Parameter	Enhet						
Vekt	µg/m ³	40.10	17.32	31.72	18.83	31.26	10.31
Organisk karbon (OC)	µg/m ³	14.72	8.24	10.95	9.70	11.41	7.70
Elementært karbon (EC)	µg/m ³	2.73	1.86	3.51	3.40	0.93	0.83
Total karbon (EC+OC)	µg/m ³	17.45	10.10	14.47	13.10	12.33	8.53
Dimetylftalat (DMP)	ng/m ³	39.1	11.6	50.3	7.6	17.9	5.4
Dietylftalat (DEP)	ng/m ³	24.4	2.8	10.4	5.7	27.9	19.8
Dibetylftalat (DBP)	ng/m ³	31.4	15.1	51.7	53.7	45.4	44.0
Diametylftalat	ng/m ³	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Dietylhexylftalat (DEHP)	ng/m ³	31.3	5.5	17.7	11.6	22.1	13.2
Dioktylftalat (DOP)	ng/m ³	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
bis (2-n-etoksietyl) ftalat	ng/m ³	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Benzylbutylftalat (BBP)	ng/m ³	5.2	2.3	4.3	2.5	3.9	2.6
bis (2-n-butoksietyl) ftalat	ng/m ³	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sum ftalater	ng/m ³	131.4	37.3	134.4	81.2	117.1	84.9
Gummistøv*	µg/m ³	9.3	8.8	8.8	6.6	1.0	0.5
Andel gummistøv av total PM	%	23.2	50.1	27.7	35.1	3.2	4.9
2-aminobenzotiazol***	pg/m ³	54	51	28	21	<0.4	<0.2
2-metylthiobenzotiazol***	pg/m ³	153	145	137	102	<5	<3
N-isopropyl-N'-fenyl-p-fenylendiamin***	pg/m ³	887	839	267	201	<0.08	<0.04
N-sykloheksyl-2-benzotiazolsulfenamid***	pg/m ³	23	21	3	2	<0.03	<0.02
2-(4-morfolinyl)benzotiazol***	pg/m ³	48	45	38	28	<0.2	<0.1
2-morfolinotiobenzotiazol***	pg/m ³	171	162	63	47	<0.3	<0.2
N-phenyl-1,4-phenylenediamin***	pg/m ³	158	149	150	112	<0.1	<0.05
2-merkaptobenzo-tiazylsulfid***	pg/m ³	22	21	27	20	<0.2	<0.1
N-sykloheksyl-2-benzotiazolamin (NCBA)***	pg/m ³	36	35	60	45		<0.002
2-merkaptobenzotiazol***	pg/m ³	287	272	352	264	<0.003	<0.02
2-hydroksibenzotiazol***	pg/m ³	346	328	566	425	<0.05	<0.03
Sum utvalgte vulkaniserings- og konserveringsforbindelser	pg/m ³	2185	2068	1691	1268		

*: I Manglerudhallen og Valhall ble gummimengde bestemt ved hjelp av NCBA som sporstoff (Kumata et al. 2000). I Østfoldhallen ble det benyttet sporstoff med molekylvekt 312 ionisert med negativ APCI (Atmospheric Pressure Chemical Ionisation).

***: Beregnet ved hjelp av målinger utført på oppmalt granulat og målte konsentrasjoner av gummi i svevestøvet.

4. Vurdering

4.1 Grenseverdier

I forbindelse med miljøaspekter knyttet til gummigranulat benyttes ofte normene prEN12457 og DIN 18035-7. Disse normene er opprinnelig designet for å studere utlekking av kjemikalier til vann og omhandler ikke luft. Derfor anses normene som lite relevante for denne undersøkelsen.

I dag har man ingen grenseverdier som spesifikt regulerer innemiljø i idrettsanlegg. Nasjonal anbefalt faglig norm for inneklimate er normen som skal dekke denne type innemiljø. I tabell 8 er det sammenfattet normer og grenseverdier, hvor normer for uteluft er tatt med som en orientering.

Tabell 8: Normer, grenseverdier og nasjonale mål for relevante parametre.

Parameter	Midlingstid	24 timer	Kalenderår	Uspesifikk
PM ₁₀	Bindende grenseverdier for uteluft	50 µg/m ³ , kan overskrides 35 ganger pr.år	40 µg/m ³	
PM ₁₀	Nasjonalt mål for uteluft	50 µg/m ³ A) kan overskrides 7 ganger pr.år		
PM ₁₀	Nasjonalt anbefalt faglig norm for uteluft	35 µg/m ³		
PM _{2,5}	Nasjonalt anbefalt faglig norm for inneklimate B) /uteluft	20 µg/m ³		
Benzen	Nasjonalt mål		2 µg/m ³ A,C)	
Benzen	Bindende grenseverdi for uteluft		5 µg/m ³	
Benzo(a)pyren	EUs målsettingsverdi for uteluft ⁴⁾	1 ng/m ³ D)		
Flyktige organiske forbindelser (VOC)	Nasjonalt anbefalt faglig norm for inneklimate	B)		Basert på et praktisk hygienisk skjønn bør unødvendig eksponering unngås. Tilstedeværelse av spesielt irriterende/reaktive stoffer må vurderes særskilt.

A): Skal overholdes innen 1.1.2010

B): Rapport fra Statens institutt for folkehelse (1998) Anbefalte faglige normer for inneklimate, ISBN:82-7364133-3

C): Gjelder for bybakgrunn

D): Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council, 15 December 2004, Brussels

4.1.1 Erfaring

NILUs erfaring fra bestemmelse av flyktige organiske forbindelser, VOC (Volatile Organic Compounds), i innemiljø viser at man i godt ventilert bomiljø sjelden finner enkeltkomponenter med en konsentrasjon over 10 µg/m³. Totalkonsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser (TVOC) i vanlig forekommende innemiljø ligger normalt lavere enn 100 µg/m³, men i en dårlig ventilert enebolig vinterstid vil man typisk finne nivåer fra

100-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Klager på luftkvaliteten forekommer ved konsentrasjoner så langt ned som mot 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Fagmiljøene har imidlertid gått bort fra ensidig fokusering på konsentrasjonsnivå fordi man ikke har kunnet påvise entydig sammenheng mellom nivå og helseeffekter. I dårlig innemiljø er det NILUs erfaring at forekomst av problemkomponenter ofte er mer utslagsgivende enn det totale forurensningsnivå, og forurensninger i gassfase må vurderes sammen med forekomst av svevestøv. Dette fordi svevestøvet i seg selv kan medføre økt sykkelighet og økt dødelighet, men også fordi finpartikulært svevestøv fungerer som transportør av halvflyktige organiske forbindelser SVOC (Semi Volatile Organic Compounds) ned i lungene.

Forekomst av svevestøv i innemiljø påvirkes av faktorer som aktivitetsnivå, rommets beskaffenhet, lufting og bygningsmateriale. Det er derfor vanskelig å gi et enkelt bilde av hva konsentrasjonen av svevestøv forventes å være. Det eksisterer ingen grenseverdi for boligmiljø, idrettshaller eller andre sammenlignbare bygg. I resultatdrøftingen vises det derfor til eksempel på tilsvarende målinger (parametre) som er utført i innemiljø i Oslo-regionen. Sammendrag av disse undersøkelsene er vist i tabell 9.

Tabell 9: Sammendrag av undersøkelser av svevestøv i 14 forskjellige innemiljø i Oslo. Studien omfatter skoler, barnehager og privatboliger.

	OC $\mu\text{g C}/\text{m}^3$	EC $\mu\text{g C}/\text{m}^3$	TC $\mu\text{g C}/\text{m}^3$	Vekt $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM ₁₀				
Aritm Gj.snitt	6.3	0.8	7.1	21.1
Min	1.3	0.3	1.7	3.8
Max	17.6	1.3	18.6	83.5
PM _{2,5}				
Aritm Gj.snitt	2.9	0.7	3.5	7.2
Min	1.1	0.2	1.4	0.9
Max	5.8	1.5	7.3	14.9

4.2 Flyktige organiske forbindelser (VOC)

Resultatene gir uttrykk for et gjennomsnitt i måleperioden. Forekomsten av flyktige organiske forbindelser dannes av dynamiske prosesser som påvirkes av temperatur, lufttrykk, luftfuktighet, luftskifte, konsentrasjon av svevestøv og kildestyrke. Eksempelvis vil bruk av parfyme, spraymaling, vasking, diverse maskinbruk mm. kunne endre sammensetningen fra minutt til minutt.

4.2.1 Manglerud kunstgresshall, Oslo

Prøvetakingen startet klokken 1631 og ble avsluttet klokken 2206. Prøvetakingsstedet ble valgt ved midtlinjen utenfor banelegemet for ikke å hindre planlagte fotballaktiviteter (se foto i appendix II). Etter en halv times prøvetaking ble 8 takluker og 16 vinduer åpnet for lufting. Utendørs var temperaturen rundt 0°C og i hallen var den 18°C. Dette skapte en betydelig luftgjennomstrømning og klokken 2000 var temperaturen inne sunket til 10°C. Derfor ble prøvetakingen utført sekvensielt for å påvise en eventuell konsentrasjonsgradient i løpet av lufteperioden. Luftingen ble avsluttet når prøvetakingsutstyret ble pakket ned ca klokken 2215.

Første prøve tatt ved midtlinjen (1631-1850) viser TVOC konsentrasjon på $716 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 6a, appendix I). Dette vurderes som svært høye konsentrasjoner sett på bakgrunn av at 4/5 av prøvetakingstiden er utført med full lufting i hallen. Andre prøve ved midtlinjen (1855-2200) viser TVOC konsentrasjon på $234 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er også en høy konsentrasjon, men betydelig lavere enn første prøve. Vurdert ut i fra luftingseffektiviteten, det vil si forskjellen mellom første og andre prøve, er det rimelig å anta at TVOC var nærmere $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved oppstart av prøvetaking og ned mot $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved stopp. Prøve tre med TVOC på $151 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ble tatt ved inngangspartiet i hallen (2026-2206) og kan karakteriseres som noe høyt, men ikke uvanlig forekommende verdi.

Analysene av luften viser svært mange forbindelser som erfaringsmessig kan bidra til ubehag. Kjemikaliespekteret viser godt samsvar med NILUs avgassingsanalyser av gummigranulatet fra banelegemet og gummimattene (Dye et al., 2005) som ligger underst i banelegemet med typiske gummikomponenter som benzothiazol, 4-metyl-2-pentanon, diverse alkylbenzener (f.eks. styren) samt formaldehyd. Samsvaret er så tydelig at det må konkluderes med at gummigranulatet er den vesentligste kilden til de målte TVOC verdiene. Resultatene viser at selv med betydelig lufting og lav temperatur, vil man neppe komme særlig lavere enn $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med en klar dominans av kjemikalier fra gummigranulatet. Dette indikerer en betydelig kildestyrke i gummigranulatet, noe som krever stort luftskiftebehov.

Totalkonsentrasjon av PAH i gassfase var $174 \text{ ng}/\text{m}^3$ (tabell 5). Dette tilsvarer en uteluftprøve fra Oslo om sommeren (Larssen, 1988)

Inne i hallen målte vi i dette tidsrommet en konsentrasjon av benzen på $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (appendix I). Basert på jevnlig utendørsmåling av BTEX (Benzen, Toluen, Etylbenzen og Xylen) ved E6 på Manglerud ble glidende 12 mnd.-middel av benzenkonsentrasjonen målt til $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i oktober 2005. Ved Manglerudhallen var det vindretning fra bakgrunnsområde når siste VOC-prøve ble tatt (øst, sørøst). I tillegg var dette et tidspunkt hvor biltrafikken normalt har avtatt en del. Derfor anslår vi utendørskonsentrasjonen av benzen til å ha vært $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Netto bidrag av benzen fra innendørskilder i Manglerudhallen estimeres derfor til $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

På grunn av luftingen ble det innhentet ny prøve 19.10.05 klokken 1733-1818, to dager etter første runde. Takluker og vinduer var lukket og temperaturen i hallen var 15°C , TVOC konsentrasjonen ble da målt til $255 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 6a, appendix I).

4.2.2 Østfoldhallen kunstgressbane, Fredrikstad

Prøvetakingen ble utført 1715-2010 og 2013-2235. Prøvetakingen ble utført på midtbanen (se foto i appendix II). Det var normal aktivitet og normale driftsforhold på banen under hele prøvetakingsperioden. Første prøve viser TVOC konsentrasjon på $136 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og andre prøve viser $161 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 6a, appendix I). Nivået indikerer at miljøet påvirkes av en eller flere kilder, men nivået er ikke uvanlig å finne i innemiljø. TVOC-nivået stiger noe med bruken og kan forklares med mekanisk bearbeiding av granulatet som gir økt avgassing. Det er uklart om konsentrasjonene av benzotiazol i hovedsak stammer fra gummimatten under kunstgresset eller om gummigranulatet er kilden. Analyser av gummigranulatet (NILU rapport) viser fravær av tradisjonelle vulkaniseringskjemikalier som finnes i SBR gummi, men tilstedeværelse av benzotiazol. Kjemikaliespekteret i luften har for øvrig signatur fra treverket i hallen (α -pinen) og biltrafikk fra utsiden (BTEX).

4.2.3 Valhall kunstgressbane, Oslo

Prøvetakingen ble utført 1653-2200 og 1935-2200. Det var normal aktivitet og normale driftsforhold på banen under hele prøvetakingsperioden. En stor hallport ble åpnet to ganger tidlig i prøvetakingsperioden for å slippe ut to biler. Dette kan ha senket konsentrasjonene noe. Prøvetakingsstedet ble valgt utenfor banelegemet for ikke å hindre planlagte fotballaktiviteter (se foto i appendix II). Gjennomsnittlig TVOC konsentrasjon for hele perioden er $234 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens siste halvdel av prøvetakingsperioden var $290 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 6a, appendix I). Denne økningen kan forklares med mekanisk bearbeiding av granulatet som gir økt avgassing. TVOC konsentrasjonene er relativt høye og analysene av luften viser svært mange forbindelser som kan bidra til ubehag. Kjemikaliespekteret viser godt samsvar med NILUs avgassingsanalyser av gummigranulatet fra banelegemet og gummimattene (sammenlimt gummigranulat) som ligger underst i banelegemet (NILU rapport), med typiske gummi-komponenter som benzothiazol, 4-metyl-2-pentanon, diverse alkylbenzener (f.eks styren) samt formaldehyd. Samsvaret er så tydelig at det må konkluderes med at gummigranulatet er den vesentligste kilden til de målte TVOC verdiene.

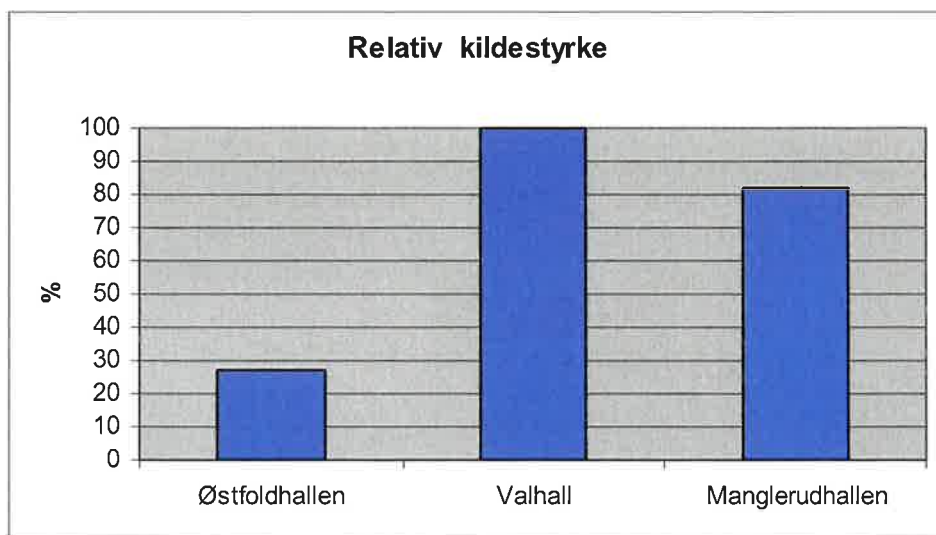
Totalkonsentrasjon av PAH i gassfase var $363 \text{ ng}/\text{m}^3$ (tabell 5). Dette er mer enn dobbelt så mye som Manglerudhallen. Nivået kan tilsvare en sterkt forurenset dag utendørs i Oslo i den varme årstiden (Larssen, 1988).

Inne i hallen målte vi i dette tidsrommet en konsentrasjon av benzen på $2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (appendix I). Den dominerende utendørs vindretningen var under prøvetakingen øst-nord-øst, det vil si parallelt med E6. Prøvetakingen foregikk i et tidsrom hvor biltrafikken normalt er redusert. Basert på jevnlig utendørsmåling av BTEX i Oslo anslår vi bakgrunnsnivået av benzen til å ha vært $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Netto bidrag av benzen fra innendørskilder estimeres derfor til å ha vært $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2.4 Laboratorieforsøk

4.2.4.1 Relativ kildestyrke

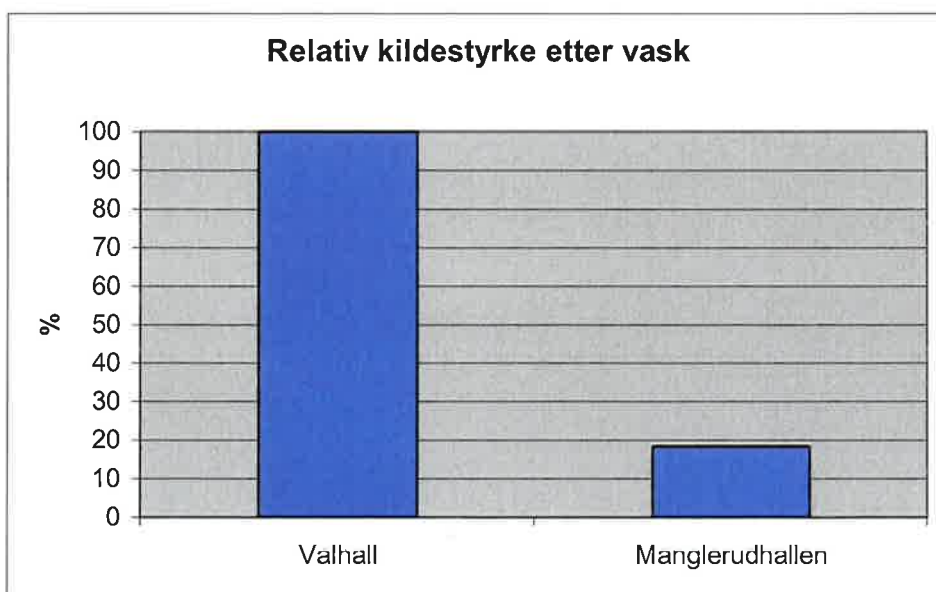
Det ble gjennomført et avgassingsforsøk med tanke på å sammenligne kildestyrken til gummigranulatene. Gummigranulat (2g) fra hver av banene ble oppbevart i en 100 ml Pyrex glassflaske i like lang tid ved 23°C . I hver av flasken ble det plassert et adsorpsjonsrør for å ta prøve av de avgassede forbindelsene. Hver enkelt flyktige forbindelse vil opptre i henhold til egne fysiske og kjemiske egenskaper i et slikt forsøk. For å få en enkel oversikt ble benzotiazol valgt som indikatorkomponent fordi dette er en typisk gummikomponent, og resultatene er vist i figur 1. Verdiene er normert i forhold til Valhall som var høyest. Manglerudhallen avgir 82% i forhold til Valhall og granulatet i Østfoldhallen avgir 27%. Resultatene samsvarer godt med de reelle målingene som er vist i tabell 6a.



Figur 1: Relativ kildestyrke for benzotiazol i kunstgressgranulatet.

4.2.4.2 Belegg på granulatoverflaten

Granulatet i Valhall var mer blankt og glinsende enn i Manglerudhallen. Undersøkelse i et binokular (visuell forstørrelse) bekreftet at granulatet i Valhall så ut til å ha et belegg eller en film på overflaten hvor det satt klebet fast partikulært materiale. Granulatet fra Manglerudhallen så ut til å ha en tørrere overflate som også var betydelig mer dekket med partikler. Med bakgrunn i disse observasjonene ble begge granulatene vasket med sykloheksan. Sykloheksan løste belegget lett noe som indikerer lipide (fettlignende eller oljelignende) egenskaper. Etter vask var begge granulatene visuelt like på overflaten, og for begge granulattypene førte vaskeprosessen til at betydelige mengder sort finpartikulært materiale ble liggende tilbake i løsemidlet etter dekantering. Etter tørking ble ny avgassingsundersøkelse gjennomført.

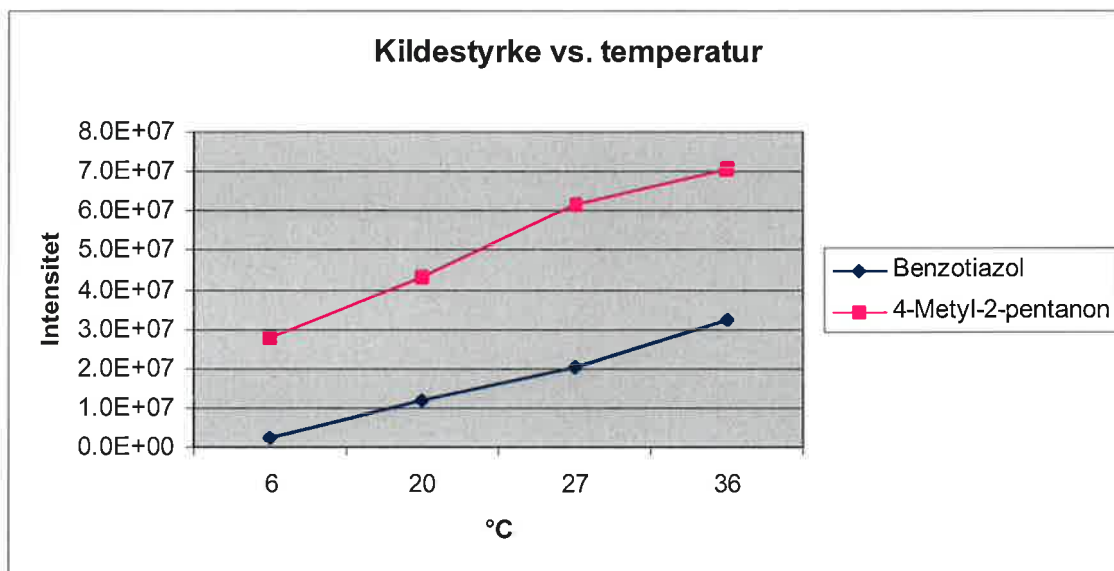


Figur 2: Relativ kildestyrke for benzotiazol i kunstgressgranulatet etter vask med sykloheksan.

Resultatene er vist i figur 2 og viser at forskjellen i kildestyrken med hensyn på benzotiazol økte betydelig sammenlignet med resultatene i figur 1 (før vask). En rimelig forklaring (hypotese) på fenomenet kan være at den observerte filmen er mettet med benzotiazol og dermed fungerer som diffusjonssperre. Når diffusjonssperren etterhvert tørker eller fjernes mekanisk med slitasje, vil kildestyrken øke. Hvor stor økningen blir over tid (år) er vanskelig å estimere fordi granulatet også vil tømmes for kjemikalier. Ut fra dette forsøket er det grunn til å anta at TVOC-nivået i Valhall vil stige mot et maksimum etter en tid (år), for deretter å avta ettersom granulatet "tømmes".

4.2.4.3 Kildestyrke og temperaturpåvirkning

Luftingen i Manglerudhallen genererte et behov for å vite hvordan temperaturen påvirker kildestyrken. Dette ble testet i headspace-undersøkelser ved 6°C, 20°C, 27°C og 36°C. Resultatene er presentert for benzotiazol og 4-metyl-2-pentanone i figur 3. Figuren viser at kildestyrken for de to komponentene fra 18°C til 10°C avtok med 50% og 22 % for henholdsvis benzotiazol og 4-metyl-2-pentanone. Effekten fra kildestyrkereduksjonen kommer altså i tillegg til utskiftingen av luft i Manglerudhallen. Temperaturforsøket i figur 3 vil i prinsippet ha relevans både for Valhall og Østfoldhallen, verdiene og stigningskoeffesientene på kurvene kan imidlertid være noe annerledes.



Figur 3: Endring i kildestyrke med endring i temperatur for gummigranulat i Manglerudhallen.

Det antas at temperaturer over 25°C i granulatet er sjeldne innendørs, men på ingen måte urealistisk utendørs med direkte sollys.

4.3 Svevestøv

Det har blitt bestemt EC/OC (forholdet mellom elementært karbon (EC)/sot og organisk karbon (OC)) i partikkelprøvene. Hensikten med dette er å se hvor stor andel av partiklene som er uorganiske og organiske. Relevansen for kunstgressbaner ligger i at gummi fra bildekk inneholder fra 26% (Edeskär, 2004) til 33% (Dye et al., 2005) carbon black. Sammen med

sporstoffmålinger kan man derfor si noe om svevestøvets kilder. Det gjør det eksempelvis enklere å vurdere eventuelle tiltak i forhold til kildene til svevestøvet.

Et generelt trekk med svevestøv er at tilstedeværelsen av organiske enkeltkomponenter ofte kan synes beskjeden i forhold til hva som finnes i gassfase. Det betyr ikke at den kjemiske sammensetningen av svevestøvet er uten betydning, men virkningsmekanismene er kompliserte og vil ikke bli berørt i denne rapporten.

4.3.1 Manglerud kunstgresshall, Oslo

Måleverdiene i hallen representerer et gjennomsnitt over måleperioden. På grunn av luftingen som er beskrevet i kapittel 4.2.1, må det antas at resultatene representerer noe av det laveste hallen kan oppnå. PM_{10} nivået er på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $PM_{2,5}$ nivået er $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 7). Basert på diskusjonen i 4.2.1 er det rimelig å anta at svevestøvverdiene kan ha vært mer enn dobbelt så høye fordi kildestyrken til svevestøvet neppe er så kraftig som den er for flyktige organiske forbindelser. Av dette følger at svevestøvnivåene sannsynligvis var i størrelsesorden det dobbelte av normer og nasjonale mål for døgnmiddelverdier.

De målte konsentrasjonene er høyere enn aritmetisk middel i Oslostudien (tabell 9) som viser henholdsvis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Karbonandelen er også høyere enn i Oslostudien med EC/ PM_{10} ratio på 0,07. I Oslostudien var aritmetisk middelvei for EC/ PM_{10} ratio på 0,04. Andel gummistøv i PM_{10} er 23,2% og i $PM_{2,5}$ 50,1%. Dette viser et sterkt bidrag fra granulatet. Tilstedeværelse av utvalgte vulkaniserings- og konserveringsforbindelser er gitt i tabell 7 og indikerer at granulatet inneholder de samme forbindelsene som man finner i bildekk. Luftkonsentrasjonen av PAH i svevestøvet kan sammenlignes med en uteluftprøve fra Oslo i den varme årstiden (Larssen, 1988). Basert på kjemiske analyser av granulatet (Dye et al., 2005) og den målte konsentrasjon av gummi i svevestøvet er granulatet en ubetydelig kilde til Benzo(a)pyren i svevestøvet.

4.3.2 Østfoldhallen kunstgressbane, Fredrikstad

Måleverdiene i hallen representerer et gjennomsnitt over måleperioden. PM_{10} -nivået er på $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $PM_{2,5}$ -nivået er $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 7). Dette er høyere enn aritmetisk middel i Oslostudien som viser henholdsvis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 9). Karbonandelen er også høyere i Østfoldhallen med EC/ PM_{10} ratio på 0,03. I Oslostudien var EC/ PM_{10} ratio på aritmetisk middelvei 0,04. Dette indikerer en noe svakere EC-kilde enn Oslostudien viser. Gummigranulatet i Østfoldhallen inneholder ikke Carbon Black. Andelen gummi i PM_{10} og $PM_{2,5}$ er henholdsvis 3,2% og 4,9 %. Verdiene er ikke unormalt høye, men gummien som er funnet stammer fra granulatet. Granulatet inneholder ikke vulkaniserings- og konserveringsforbindelser som man normalt finner i bildekk. Luftkonsentrasjonen av PAH i svevestøvet kan sammenlignes med en uteluftprøve nær trafikkert vei.

4.3.3 Valhall kunstgressbane, Oslo

Måleverdiene i hallen representerer et gjennomsnitt over måleperioden. PM_{10} -nivået er på $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $PM_{2,5}$ -nivået er $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 7). Nivåene er lavere enn i Manglerudhallen og kan forklares med at filmen på overflaten av granulatet fungerer som en partikkelfelle. Denne effekten antas å avta over tid når filmen tørker, og luftkonsentrasjonen av partikulært materiale kan dermed forventes å øke.

Konsentrasjonen av PM_{10} og $PM_{2,5}$ er høyere enn aritmetisk middel i Oslostudien som viser henholdsvis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 9). Karbonandelen er også høyere i Valhall med

EC/PM₁₀ ratio på 0,11. I Oslostudien var EC/PM₁₀ ratio 0,04. Dette indikerer en betydelig sterkere EC-kilde enn Oslostudien viser. Andel gummistøv i PM₁₀ er 27,8% og i PM_{2,5} 35,1%. Dette viser et sterkt bidrag fra granulatet. Tilstedeværelse av utvalgte vulkaniserings- og konserverings-forbindelser er gitt i tabell 7 og indikerer at granulatet inneholder de samme forbindelsene som man finner i bildekk. Luftkonsentrasjonen av PAH i svevestøvet var 6,5 ng/m³ og er halvparten av funnene i Manglerudhallen. Basert på kjemiske analyser av granulatet (Dye et al., 2005) og den målte konsentrasjon av gummi i svevestøvet er granulatet en ubetydelig kilde til Benzo(a)pyren i svevestøvet.

4.3.4 Forekomst av gummipartikler i svevestøvet

I Manglerudhallen er andelen av gummistøv i PM₁₀ 23,2% og i PM_{2,5} 50,1% (tabell 7). I Valhall er andelen av gummistøv i PM₁₀ 27,8% og i PM_{2,5} 35,1%. Det er ikke funnet gode referanser i litteraturen med hensyn på forekomst av gummipartikler i innendørs svevestøv. Dannelse av svevestøv fra bildekkslitasje er imidlertid et velkjent fenomen utendørs. Konsentrasjonen av svevestøvet fra bildekk samt størrelsesfordeling av partiklene varierer med plassering av prøvetakssted i forhold til kilden (biltrafikk). Et generelt trekk er at ved steder med høy slitasjegrad (skarpe svinger) dannes store gummipartikler som ikke blir til svevestøv mens ved veier med høy hastighet dannes mindre gummipartikler som man finner i svevestøvet. Flere studier viser andel bilgummipartikler i PM₁₀ rundt 1%, Cadle et al. (1979), Rogge et al (1993) og Fishman et al. (1996). Langs sterkt trafikkerte veier og urbane bakgrunnsområder fant Hüglin (2000) henholdsvis 7,5% og 2% gummi i PM₁₀-fraksjonen. Kumata et al. (1996) fant et svært lite bidrag av bilgummi (0,001 µg/m³) i TSP (totalmengde svevestøv) 500 meter fra en vei i en forstad til Tokyo. Sammenlignet med eksisterende litteratur har både Manglerudhallen og Valhall uvanlig høye konsentrasjoner (µg/m³) av partikler fra bilgummi (granulatet). Andelen partikler fra bilgummi (granulatet) i svevestøvet er også uvanlig høy både i PM₁₀- og PM_{2,5}-fraksjonen.

Gummipartikler har den egenskapen at de avgir kjemikalier til omgivelsene. Dette vil skje direkte til luft og væsker som partiklene kommer i kontakt med. Et utvalg av slike kjemikalier er rapportert i tabell 7. Desto mindre partiklene er desto større overflate vil partiklene ha per vektenhet. Mindre partikler vil ha en mer effektiv utskillelse av kjemikalier per vektenhet gummi enn større partikler. Større partikler vil totalt avgi mer kjemikalier men over lengre tid og ved en langsommere hastighet per vektenhet.

Et gjennomsnittlig europeisk bildekk består av 42% gummi. Gummien er sammensatt av 58,3% syntetisk gummi og 41,7 % naturgummi, Blic (2001). Naturgummien er produsert med basis i lateks (melkesaft) fra gummitreet *Hevea Brasiliensis*. Williams et al. (1995) påviste forekomst av lateksallergen fra bildekk i svevestøv fra Denver i Colorado. Williams konkluderte med at dette funnet måtte tas i betraktning når man skulle beregne endring i sykkelighet og dødelighet som følge av eksponering av partikler fra bildekk. Lateksallergen er også påvist i svevestøv (PM₁₀) langs veier i Oslo, Namork (2004). I litteraturen gis det ikke noe entydig svar på om lateksallergen fra bildekkpartikler i svevestøv medfører økt forekomst av astma. Det antas at variasjoner i valg av metodikk og eksperimentelt oppsett kan medvirke til mangel på entydighet. Nå er imidlertid konsentrasjonen av gummipartikler i inneluften i Manglerudhallen og Valhall betydelig høyere enn det som har vært rapportert i disse studiene. Det anbefales derfor at mulige problemstillinger knyttet til eksponering av lateksallergener via luftveiene vurderes av spesialister på fagfeltet.

Det er ikke uvanlig å observere fotballspillere som sitter på banen med hendene i kontakt med granulatet. Ved hudkontakt med granulatet i Manglerudhallen og Valhall vil man kunne

observere sotlignende rester på huden som blant annet består av veldig små gummipartikler. Dette betyr at huden er en mulig eksponeringsvei for kjemikaliene som finnes i svevestøvet forutsatt direkte hudkontakt med gummigranulatet. Det anbefales at mulige problemstillinger knyttet til hudkontakt med lateksallergener vurderes av spesialister på fagfeltet.

4.4 Andre forhold

4.4.1 Svelging av granulat

En rekke brukere har muntlig uttrykt at det fra tid til annen skjer at man ved uhell svelger gummigranulat. I tabell 10 presenteres vekten for hver enkelt gummikule eller granul for hallene i denne undersøkelsen. Ved å krysspeile funnene i tabell 9 med resultatene i tabell 7 vil man kunne få svar på potensiell kjemisk eksponering.

Regneeksempel:

N-isopropyl-N'-fenyl-p-fenylendiamin finnes i 887 pg/m³ i PM₁₀ i Manglerudhallen. Dette kommer fra 9.3 µg gummi /m³. 887 dividert på 9.3 gir 95,4 pg kjemikalie/µg gummi. Dette gir en potensiell eksponering på 954 ng for det sorte granulatet.

Tabell 10: Vekt av gummigranulatene.

	Østfoldhallen	Valhall	Manglerudhallen svart	Manglerudhallen grønn
Gjennomsnittlig vekt av 10 granuler (mg)	7	13	10	15
Standard avvik (mg)	0,7	2,8	2,2	4,1
Relativt standard avvik (%)	10,6	22,2	21,5	27,3

Generelt vil det ved svelging være slik at man eksponeres i intervallet 0.1-1000 ng for hver kjemikalie avhengig av kjemikalie og granulatype. Basert på laboratorieforsøk som viser at kjemikaliene frigis over lang tid (til det er tomt) er det rimelig å anta kjemikalier vil kunne frigis gjennom hele fordøyelsen.

Norges byggforskningsinstitutt (Plesser et al., 2004) har nylig utgitt en rapport hvor kjemikalieinnholdet i gummigranulatet er undersøkt. Denne undersøkelsen samsvarer i hovedtrekk med funnene NILU har gjort i granulatet fra Manglerudhallen, Valhall og Østfoldhallen. Ved å sammenholde resultatene i tabell 10 med resultatene i Byggforsk-rapporten vil man kunne få flere svar med hensyn på potensiell eksponering ved svelging.

5. Konklusjon

Basert på målinger og observasjoner i denne undersøkelsen er det grunnlag for å konkludere på følgende måte:

Mengde svevestøv: Østfoldhallen har svevestøvkonsentrasjoner man må forvente i et innemiljø både for PM₁₀ og PM_{2.5}. Manglerudhallen (med full lufting) og Valhall har forhøyede nivå av PM_{2.5} og ligger tett opptil nasjonal anbefalt faglig norm på 20 µg/m³. Manglerudhallen (med full lufting) og Valhall ligger innenfor det man normalt finner i et innemiljø for PM₁₀. Uten full lufting (med lav utetemperatur) vil Manglerudhallen sannsynligvis ha høye verdier av svevestøv og overskride normer, anbefalinger og grenseverdier for PM₁₀ og PM_{2.5}. Forsøk som er utført på laboratoriet indikerer at konsentrasjonen av svevestøv i Valhall vil stige over tid (år).

Sammensetning av svevestøv: Svevestøvet i Manglerudhallen og Valhall inneholder mye gummi fra granulatet, mens i Østfoldhallen er andelen gummi fra granulatet betydelig mindre. I alle tre hallene er andelen organisk materiale betydelig. Svevestøvet inneholder polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), ftalater, halvflyktige organiske forbindelser, benzotiazoler og aromatiske aminer. Det inneholder også organiske og uorganiske forurensninger som ikke er spesielt i denne undersøkelsen. Mulige problemstillinger knyttet til latekseksposering via hud og luftveier bør vurderes av spesialister.

Flyktige organiske forbindelser (VOC): Totalkonsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser i Manglerudhallen kan, uten lufting, bli svært høye. Selv med lang tids lufting kan konsentrasjonen av TVOC karakteriseres som høyere enn normalt. Komponentspekteret har en klar signatur fra gummigranulatet og inneholder et betydelig antall komponenter som er assosiert med negative effekter på helsen, men betydningen i dette konkrete tilfellet må vurderes av andre fagmiljø.

I Valhall karakteriseres konsentrasjonen av TVOC som høy, og nivået stiger noe ved bruk i løpet av en kveld. Laboratorieforsøk tyder på at TVOC-nivået vil stige over tid (år). Komponentspekteret har en klar signatur fra gummigranulatet og inneholder et betydelig antall komponenter som er assosiert med negative effekter på helsen, men betydningen i dette konkrete tilfellet må vurderes av andre fagmiljø.

I Østfoldhallen tyder det på at hallen har kilder som bidrar til noe forhøyet TVOC. Nivået ligger i øvre normalsjikt og stiger noe ved bruk i løpet av en kveld. Komponentspekteret har signatur fra banelegemet sammen med flere vanlig forekommende kilder. Komponentspekteret inneholder flere komponenter som er assosiert med negative effekter på helsen, men betydningen i dette konkrete tilfellet må vurderes av andre fagmiljø.

Målingene i denne undersøkelsen viser at TVOC-konsentrasjonene i Manglerudhallen og Valhall er høyere enn i Østfoldhallen. Det betyr at det finns alternative gummigranulat som gir lavere TVOC enn SBR-gummi. Derfor kan man konkludere med at Nasjonal anbefalt faglig norm for TVOC i inneklime ikke følges i Manglerudhallen og Valhall. I denne konklusjonen ligger det imidlertid ingen generell anbefaling av granulatet som er benyttet i Østfoldhallen fordi undersøkelsen ikke har vært bred nok til kunne gi en slik anbefaling.

Uavklarte forhold: De kjemiske analysene i denne undersøkelsen er utført med hensyn på kjemikalier som man med basis i litteraturen vet er vanlig forekommende i SBR-gummi

(bildekk). Den kjemiske sammensetningen til termoplast elastomeren som er benyttet i Østfoldhallen er veldig ulik SBR-gummi, og det finnes lite informasjon om den i litteraturen. Derfor burde flere undersøkelser vært gjennomført av termoplast elastomerer for å kartlegge forekomst av andre komponenter. I alle tre hallene ser man av de kjemiske analysene av svevestøvet at det er forekomst av organiske kjemikalier som ikke har blitt identifisert i denne undersøkelsen. Nivåene vil antydningvis være i størrelsesorden ng/m^3 (for hver enkelt forbindelse) og lavere, identiteten på forbindelsene er ikke bestemt. Tilstedeværelse av uorganiske forbindelser er ikke dekket i denne undersøkelsen.

På grunn av dimensjonene på en fotballbane vil man med mangelfull produktundersøkelse i forkant stå i fare for at det dukker opp situasjoner med uønsket eksponering av kjemikalier med negative helseeffekter. Derfor anbefales det en aktiv holdning overfor fremtidige leverandører og produsenter i kombinasjon med uavhengige produkttester før nye baner bygges.

6. Referanser

- Birch, M.E. and Cary, R.A. (1996) Elemental carbon-based method for monitoring occupational exposures to particulate diesel exhaust. *Aerosol Sci. Technol.*, 25, 221-241.
- Brombacher, S., Oehme, M. and Dye, C. (2002) Qualitative and quantitative analysis of carbonyl compounds in ambient air samples by use of an HPLC-MSn method. *Anal. Bioanal. Chem.*, 372, 622-629.
- Cadle, S.H. and Williams, R.L. (1979) Characterization of tire emissions using an indoor test facility. *Rubber chemistry and technology*, 51, 7-25.
- Dye, C., Bjerke, A., Schmidbauer, N. og Manø, S. (2005) Kjemisk karakterisering av kunstgress-granulat. Kjeller (NILU TR 5/2005).
- Edeskär, T. (2004) Technical and environmental properties of tyre shreds focusing on ground engineering applications. Luleå University of Technology (Technical report 2004:05).
- Fishman, R.L. and Turner, J.R. (1999) Tyre wear contributions to ambient particulate matter. St. Louis, Washington University (Air Quality Laboratory Report No. WUAQL-0399-03).
- Hüglin, C. (2000) Anteil des Strassenverkehrs an den PM₁₀- und PM_{2,5}-Immissionen, NFP41 Verkehr und Umwelt. Bern, BBL/EDMZ.
- Kumata, H., Hideshige, T. and Ogura, N. (1996) Determination of 2-(4-Morpholinyl) benzothiazole in environmental samples by a gas chromatograph equipped with a flame photometric detector. *Anal. Chem.*, 68, 1976-1981.
- Kumata, H., Sanada, Y., Takada, H. and Ueno, T. (2000) Historical trends of N-Cyclohexyl-2-benzothiazolamine, 2-(4-Morpholinyl)benzothiazole, and other anthropogenic contaminants in the urban reservoir sediment core. *Environ. Sci. Technol.*, 34, 246-253.
- Larssen, S. (1988) Overvåking av luftforurensinger fra biltrafikk. Målinger i Oslo 1980-86. Lillestrøm (NILU OR 8/88).
- Namork, E., Kurup, V.P., Aasvang, G.M., Johansen, B.V. (2004) Detection of latex allergens by immunoelectron microscopy in ambient air (PM₁₀) in Oslo, Norway (1997-2003). *J. Environ. Health*, 67, 4, 20-26.
- Plesser, T.S.W og Lund, O.J. (2004) Potensielle helse- og miljøeffekter tilknyttet kunstgresssystemer – sluttrapport. Oslo, Norges byggforskningsinstitutt.
- ISO (2000/03) Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography. Geneva, International Organization for Standardization (ISO, 16017-1:2000, ISO 16017-2:2003).
- Rogge, W.F., Hildemann, I.M., Mazurek, M.A. and Cass, G.R. (1993) Sources of fine organic aerosol. 3. Road dust, tyre debris, and organometallic brake lining dust: Roads as sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.*, 27, 1892-1904.
- Thrane, K.E., Mikalsen, A. and Stray, H. (1985) Monitoring method for airborne polycyclic aromatic hydrocarbons. *Intern J. Environ. Anal. Chem.*, 23, 111-134.

Williams, P., Buhr, M., Volz, M., Koepke, J. and Selner, J. (1995) Latex allergen in respirable particulate air pollution. *J. All. Clin. Immunol.*, 95, 88-95.

Appendix I

customer
sample idManglerudhallen
rør142 kl 16.31-18.50
17.okt.2005

Compound	Concentration (µg/m ³)
toluene	85.0
butenyl benzene (isomere)	82.5
benzoic acid	81.0
di ethenyl benzene (isomere)	41.0
butenyl benzene (isomere)	39.3
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	25.5
di ethenyl benzene (isomere)	24.7
ethylbenzaldehyde (isomere)	19.7
benzothiazole	15.7
1,1'-biphenyl	15.6
acetone	15.3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	13.1
4-methyl-2-pentanone	12.7
3-phenyl-2-propenal	10.2
ethylbenzaldehyde (isomere)	8.0
pentenyl benzene (isomere)	7.3
pentanedioic acid dimethylester	6.8
ethylbenzaldehyde (isomere)	6.7
ethylbenzene	6.7
styrene (ethenylbenzene)	6.1
hexenyl benzene (isomere)	6.1
ethylcyclohexane	5.6
formaldehyde	5.5
2-butoxyethanol	5.3
unidentified naphthalene derivat	5.0
hexenyl benzene (isomere)	4.8
hexenyl benzene (isomere)	4.6
octane	4.6
undecane	4.6
acetaldehyde	4.3
unidentified naphthalene derivat	4.3
nitromethane	4.1
1-propynylbenzene	4.0
Total concentration of identified compounds	585.6
number of identified compounds	33.0
Total concentration of volatile organic compounds (TVOC)	715.5
number of compounds included in TVOC (conc.> 0.1µg/m ³)	218.0

customer Manglerudhallen
 sample id rør4 kl 18.55-22.00
 17.okt.2005

Compound	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
toluene	51.2
benzoic acid	20.9
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	17.4
acetone	9.3
benzothiazole	8.9
acetonitrile	8.3
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	7.7
ethylbenzene	4.1
formaldehyde	3.4
4-methyl-2-pentanone	3.4
acetaldehyde	3.2
2-butoxyethanol	3.2
dodecane	3.0
ethylcyclohexane	2.9
octane	2.7
pentanedioic acid dimethylester	2.2
2-methylnaphthalene	2.2
nonane	2.1
decane	2.1
tetrahydrofurane	2.0
cis 1,3-dimethyl cyclohexane	1.9
2-methyloctane	1.9
undecane	1.8
benzene	1.7
benzoic acid ethylester	1.6
heptadecane	1.6
1-ethyl-4-methylbenzene	1.5
3-methyloctane	1.4
TXIB	1.4
junipene (longifolene)	1.4
5-methyltetradecane	1.3
hexanedioic acid dimethylester	1.3
1,2,4-trimethylbenzene	1.2
Total concentration of identified compounds	180.3
number of identified compounds	33.0
Total concentration of volatile organic compounds (TVOC)	233.8
number of compounds included in TVOC (conc.> 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	219.0

customer
sample idManglerudhallen
rør420 kl 2026-2206
17.okt.2005

Compound	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
toluene	30.1
acetonitrile	16.8
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	10.1
acetone	6.5
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	4.7
benzothiazole	4.5
tetrahydrofurane	3.6
formaldehyde	3.5
ethylbenzene	2.6
benzene	2.2
acetaldehyde	2.0
4-methyl-2-pentanone	2.0
dodecane	1.9
acetic acid ethylester (ethylacetate)	1.7
undecane	1.6
decane	1.5
ethylcyclohexane	1.5
benzoic acid	1.4
octane	1.3
1-ethyl-4-methylbenzene	1.3
1,2,4-trimethylbenzene	1.2
1-methylnaphthalene	1.2
nonane	1.1
hexandioic acid dimethylester	1.0
cis 1,3-dimethyl cyclohexane	0.9
4-(1-methylethyl)-phenol	0.9
tridecane	0.9
pentanediacid dimethylester	0.9
2-methyloctane	0.9
2-methylnaphthalene	0.8
heptane	0.8
2-butoxyethanol	0.8
Total concentration of identified compounds	113.4
number of identified compounds	33.0
Total concentration of volatile organic compounds (TVOC)	150.5
number of compounds included in TVOC (conc.> 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	222.0

customer
sample idManglerudhallen
rør728
19.10.2005, 1733-1817

Compound	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
toluene	39.4
benzothiazole	20.4
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	17.4
4-methyl-2-pentanone	11.5
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	11.2
dodecane	6.0
pentanedioic acid dimethylester	5.1
ethylbenzene	4.2
undecane	3.7
ethylcyclohexane	3.3
benzoic acid	3.3
octane	3.3
decane	3.1
cyclohexanone	2.9
tridecane	2.8
nonanal	2.7
benzene	2.3
limonene	2.2
2-butanone	2.1
hexanal	2.0
nonane	2.0
2-butoxyethanol	1.9
hexanedioic acid dimethylester	1.8
pentadecane	1.8
decamethyl cyclopentasiloxane	1.8
tetradecane	1.8
junipene (longifolene)	1.7
Texanol B	1.7
butanedioic acid dimethylester	1.6
heptadecane	1.6
Total concentration of identified compounds	166.6
number of identified compounds	30.0
Total concentration of volatile organic compounds (TVOC)	255.3
number of compounds included in TVOC (conc.> 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	216.0

customer	Vallhall
sample id	rør722 16.53-22.00 19.okt.2005
Compound	Concentration (µg/m ³)
benzothiazole	29.1
toluene	15.0
4-methyl-2-pentanone	11.3
acetone	9.5
o-xylene (1,2-dimethylbenzene)	9.5
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	9.2
cyclohexanone	8.4
benzoic acid	8.2
formaldehyde	6.5
junipene (longifolene)	5.8
decane	4.8
dodecane	3.4
1,2,4-trimethylbenzene	3.1
styrene (ethenylbenzene)	3.0
acetaldehyde	2.9
undecane	2.9
ethylbenzene	2.9
naphthalene	2.7
hexanedioic acid dimethylester	2.6
1,2-propanediol	2.6
pentadecane	2.5
acetic acid	2.5
limonene	2.5
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	2.4
2-methylnaphthalene	2.1
tridecane	2.1
benzene	2.1
1-methoxy-2-propanol	2.1
2,6-bis-(1,1-dimethylethyl)-4-methylphenol (butylated hydroxytoluene)	1.9
butanoic acid butylester	1.9
3-carene	1.8
tetradecane	1.8
1-ethyl-2-methylbenzene	1.7
Total concentration of identified compounds	170.9
number of identified compounds	33.0
Total concentration of volatile organic compounds (TVOC)	233.9
number of compounds included in TVOC (conc.> 0.1µg/m ³)	209.0

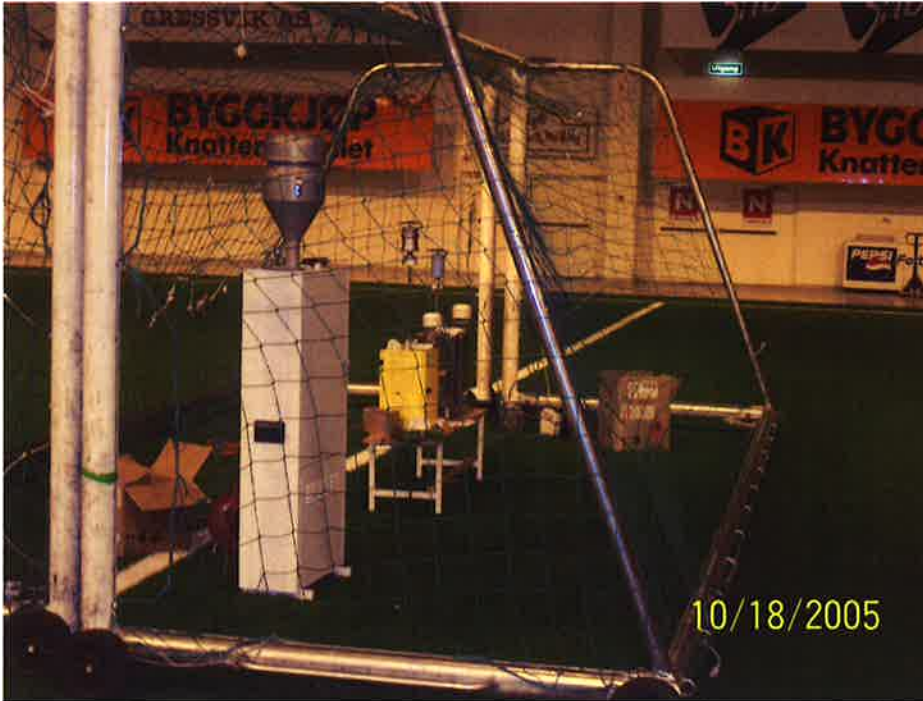
customer	Vallhall
sample id	rør700 19.35-22.00 19.okt.2005
Compound	Concentration (µg/m ³)
benzothiazole	31.7
benzoic acid	19.3
toluene	15.3
4-methyl-2-pentanone	12.7
alfa pinene	10.5
cyclohexanone	9.8
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	9.6
acetone	9.5
junipene (longifolene)	7.2
formaldehyde	6.5
decane	5.0
acetic acid	4.3
dodecane	3.7
ethylbenzene	3.3
1,2,4-trimethylbenzene	3.2
styrene (ethenylbenzene)	3.2
undecane	3.1
acetaldehyde	2.9
limonene	2.6
2-methylnaphthalene	2.5
benzene	2.4
3-carene	2.2
pentadecane	2.2
2,3-dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-1H-indene	2.1
naphthalene	2.1
hexanal	2.0
1,2-propanediol	2.0
1-methoxy-2-propanol	2.0
butanoic acid butylester	1.8
tridecane	1.8
nonanal	1.8
tetradecane	1.8
cyclohexane	1.7
Total concentration of identified compounds	191.7
number of identified compounds	33.0
Total concentration of volatile organic compounds (TVOC)	289.8
number of compounds included in TVOC (conc.> 0.1µg/m ³)	245.0

customer	Østfoldhallen
sample id	rør704 17.15-20.10 18.okt.2005
Compound	Concentration (µg/m ³)
toluene	17.2
acetone	8.9
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	6.8
alfa pinene	6.3
formaldehyde	5.1
benzothiazole	3.4
actealdehyde	3.0
decane	2.5
nonanal	2.3
limonene	2.1
2,2,4,6,6-pentamethyl heptane	2.1
undecane	2.0
ethylbenzene	2.0
dodecane	1.9
2,6-bis-(1,1-dimethylethyl)-4-methylphenol (butylated hydroxytoluene)	1.9
1,2,4-trimethylbenzene	1.9
benzene	1.8
TXIB	1.8
butanal	1.8
hexadecane	1.7
heptane	1.6
1-ethyl-4-methylbenzene	1.5
2-butanone	1.4
tetradecane	1.3
decamethyl cyclopentasiloxane	1.3
3-carene	1.2
5-Methyl-2-(1-methylethyl)-cyclohexanol	1.1
2-(2-butoxyethoxy)ethanol acetate	1.1
tridecane	1.1
2-ethyl-1-hexanol	1.1
5-methyl-2-isopropyl cyclohexanone	1.0
1-methyl-2-pyrrolidinone	1.0
nonane	0.9
Total concentration of identified compounds	92.0
number of identified compounds	33.0
Total concentration of volatile organic compounds (TVOC)	136.3
number of compounds included in TVOC (conc.> 0.1µg/m ³)	209.0

customer Østfoldhallen
 sample id rør709 20.13-22.35
 active sampling on Tenax adsorption tubes 18.okt.2005

Compound	Concentration (µg/m ³)
toluene	19.4
acetone	8.6
p-and m- Xylene (1,4 og 1,3 dimethylbenzene)	7.6
alfa pinene	6.8
formaldehyd	5.1
benzothiazole	3.9
2-hydroxybenzoic acid methylester	3.2
acetaldehyde	3.0
limonene	3.0
cyclohexane	2.9
nonanal	2.8
decane	2.7
2-methylhexane	2.7
2,2,4,6,6-pentamethyl heptane	2.6
2,6-bis-(1,1-dimethylethyl)-4-methylphenol (butylated hydroxytoluene)	2.3
heptane	2.3
undecane	2.3
TXIB	2.2
ethylbenzene	2.2
1,2,4-trimethylbenzene	2.1
dodecane	2.0
benzene	2.0
1-ethyl-4-methylbenzene	2.0
phenol	1.6
hexadecane	1.6
3-carene	1.5
tetradecane	1.5
5-methyl-2-isopropyl cyclohexanone	1.5
decamethyl cyclopentasiloxane	1.4
methylcyclohexane	1.4
acetic acid	1.3
tridecane	1.2
5-Methyl-2-(1-methylethyl)-cyclohexanol	1.2
Total concentration of identified compounds	108.1
number of identified compounds	33.0
Total concentration of volatile organic compounds (TVOC)	161.1
number of compounds included in TVOC (conc.> 0.1µg/m ³)	230.0

Appendix II



Prøvetaking i Østfoldhallen



Prøvetaking i Valhall



Manglerudhallen med lufteluker i taket



Prøvetaking i Manglerudhallen



Gummigranulat fra Valhall



Gummigranulat fra Manglerudhallen



Gummigranulat fra Østfoldhallen



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKSRAPPORT	RAPPORT NR. NILU OR 03/2006	ISBN 82-425-1716-9 ISSN 0807-7207	
DATO 20.01.06	ANSV. SIGN. Einar Jordfall	ANT. SIDER 41	PRIS NOK 150,-
TITTEL Måling av luftforurensning i innendørs kunstgresshaller		PROSJEKTLEDER Christian Dye	
		NILU PROSJEKT NR. O-105133	
FORFATTER(E) C. Dye, A. Bjerke, N. Schmidbauer, S. Manø		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Marit Kopangen	
OPPDRAKSGIVER Statens forurensningstilsyn (SFT) Postboks 8100 Dep 0032 Oslo			
STIKKORD Kunstgress	Svevestøv	Innemiljø	
REFERAT I denne rapporten beskrives luftkvaliteten i tre innendørs kunstgressbaner. Målingene ble foretatt i ett anlegg med nylagt gummigranulat (SBR gummi), ett anlegg med gummigranulat (SBR gummi) som hadde vært i bruk et år, og ett anlegg som hadde granulat produsert av termoplast elastomer. Parametre som inngår er mengde og kjemisk sammensetning av svevestøv samt konsentrasjon av flyktige organiske forbindelser (VOC) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Undersøkelsen skal brukes som grunnlag for eksponeringsberegninger og vurdering av helseeffekter. Resultatene viser at bruk av gummigranulat fra oppmalte bildekk (SBR-gummi) medfører et betydelig innemiljøproblem.			
TITLE Determination of air pollutants in indoor artificial turf areas			
ABSTRACT In this work the air pollution level has been measured in indoor artificial turf areas. The synthetic turf were made up of SBR-rubber and thermo plastic elastomer. The results revealed significant air pollution in the turf areas based on SBR-rubber.			

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