

# **Støtdempende fallunderlag – vurdering av helserisiko ved bruk av støtdempende underlag på lekeplasser i barnehager og skolegårder**

**Utført av:**

**Nasjonalt folkehelseinstitutt**

Nur Duale og Gunnar Brunborg

**Oslo, desember 2011**

<b>1</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>METODER.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>EKSPONERINGSSCENARIER .....</b>	<b>4</b>
3.1	SVELGING .....	4
3.2	HUDKONTAKT.....	5
<b>4</b>	<b>MÅLINGER OG BEREGNINGER.....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>VURDERING AV SKADELIGE EFFEKTER.....</b>	<b>6</b>
5.1	ALKYLFENOLER.....	7
5.2	PCB-ER.....	8
5.3	FTALATER.....	9
5.4	THC-ER .....	11
5.5	PAH-ER .....	12
5.6	ALLERGI .....	13
<b>6</b>	<b>KONKLUSJON .....</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>REFERANSE .....</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>VEDLEGG .....</b>	<b>15</b>

# Støtdempende fallunderlag – vurdering av helserisiko ved bruk av støtdempende underlag på lekeplasser i barnehager og skolegård

## 1 Innledning

Støtdempende matter (gummiheller og helstøpt gummibelegg) brukes på mange lekeplasser i barnehager og på skole, som alternativ til støtdempende sand. De fleste støtdempende matter er laget av gummigranulat fra resirkulerte bildekk og mange produsenter bruker slikt gummigranulat i disse produktene. Bildekk inneholder en hel rekke ulike helse- og miljøskadelige stoffer som resirkuleres sammen med dekkene. Det er flere typer gummigranulat: resirkulert gummi (oppmalte bildekk), termoplast-elastomer og EPDM-gummi. EPDM-gummi har et lavt innhold av helse- og miljøskadelige stoffer [1]. Når det gjelder resirkulert gummigranulat kan denne forekomme i ulike kvaliteter (grovkornet/finkornet, forskjellig kjemisk sammensetning/ulike tilsetningsstoffer). Støtdempende matter laget av gummigranulat har et overflatesjikt med finkornet granulat som gir en kraftig sammenbinding med grovt granulat i bunnsjiktet. Gummiheller inneholder omtrent 90 % granulat som limes sammen med omtrent 10 % polyuretan (isocyanater). Helstøpte gummibelegg leveres ofte med ny syntetisk gummi som overflatesjikt, og resirkulerte dekk i bunnsjiktet. Levetiden på et fallunderlag av gummi er rapportert til 5-7 år. Komprimert puk brukes ofte som fundament[2]. Opplysninger angående forekomst og konsentrasjoner av kjemiske stoffer i gummigranulat bygger på Trondheim kommunes (TK) og Norges Geologiske Undersøkelses (NGU) [2]. Tidligere undersøkelser, utført av NIVA [3], NILU [4] og Byggforsk [1], viser at gummigranulat av resirkulerte bildekk på kunstgressbaner inneholder enkelte miljøgifter.

**Hensikten med denne rapporten er å vurdere helserisiko knyttet til bruk av gummigranulat fra resirkulerte bildekk som støtdempende underlag på lekeplasser, i barnehager og på barneskoler.**

Helserisikovurderingen i denne rapporten bygger på Nasjonalt folkehelseinstituttets rapport fra 2006 [5]. I dette notatet benyttes worst case-eksponeringsscenarioer. I denne rapporten skal vi spesielt relatere vurderingene til utendørs aktiviteter for små barn (1 – 11 år). Scenariene for hudeksponering og oral eksponering (svelging) vil bli gjennomgått nedenfor.

## 2 Metoder

Ut fra det store antallet kjemiske stoffer som er identifisert i gummigranulatene er det valgt å benytte worst case-scenarier hvor man summerer mengder eller konsentrasjoner innen hver stoffkategori (PCBer, PAHer, ftalater, og alkylfenoler). Vi tar utgangspunkt i den laveste nulleffektverdien (No Observed Adverse Effect Level; NOAEL) (der slik verdi finnes) for det mest relevante biologiske endepunktet (for eksempel kreft, reproduksjonsskade, organskade), for det potensielt mest skadelige kjemiske stoffet innen stoffgruppen. **En slik tilnærming vil medføre en klar overestimering av helserisiko.** Vi har stort sett valgt de høyeste analyseverdiene som er rapportert for produktene.

Vi har valgt å benytte 4 eksponeringsscenarioer: barnehagebarn (alder 1 – <6 år) og barneskolebarn (alder 6 – 11 år).

- Oralksponering; barnehagebarn og barneskolebarn (scenario I – II).
- Hudeksponering; barnehagebarn og barneskolebarn (scenario III – IV)

Eksponeringsnivåer er basert på oral eksponering og hudeksponering (mg/cm<sup>2</sup> deponert på hud). Når det gjelder oral eksponering benytter vi **200 mg gummigranulat/dag** som er den standard (default) 95-percentile verdien for jord-inntak [6-8], og på denne måten tar vi hensyn til spesielt utsatte barn. For hudkontakt regnes **1 g gummigranulat /dag** [6]. Eksponering via

luft (inhalasjonsveien) ble ikke vurdert, p.g.a mangel på tilgjengelige måledata. For evaluering av helserisiko for denne eksponeringsveien viser vi til rapporten laget av Nasjonalt folkehelseinstitutt [5], hvor denne eksponeringsveien ble grundig vurdert.

### 3 Eksponeringsscenarier

Når det gjelder valg av ulike eksponeringer har vi benyttet to typer scenarier: barnehagebarn (1- <6 år), og barneskolebarn (6 -11 år). Eksponeringstider bygger på at et vanlig skoleår varer i omtrent 10 mnd. Bruksmønsteret vil kunne variere med årstiden (i vinterhalvåret vil det være kortere oppholdstid på lekeplassene enn på sommerhalvåret) og med geografisk beliggenhet. Eksponering vil finne sted ved at partikler/støv fra gummigranulat (hovedsakelig ved bruk) kommer i kontakt med huden og ved svelging.

Ut fra disse opplysningene og de høyeste analyseverdiene har vi valgt worst case-scenarier for de to forskjellige aldersgruppene.

#### 3.1 Svelging

Det antas at barn som leker på støtdempende matter kan eksponeres for det gummimaterialet som benyttes ved at dette puttes i munnen og så tygges eller muligens også svelges. Vi har ikke kunnskap om hvor mye dette kan dreie seg om, men vi skal benytte den standard (default) 95-percentile verdien for inntak av jord per dag som er 200 mg jord/dag per barn. Dette er antagelig et høyt anslag særlig for gummigranulatene og det virker noe urealistisk på grunn av den ubehagelige smaken av gummi, men likevel fungerer estimatet som worst case-scenario. Vi antar også at 100 % av det som svelges tas opp via magetarmkanalen (se også vedlegg tabell 1).

- **Scenario I:** Barnehagebarn (1 – < 6 år) leker på lekeplasser utendørs:
  - Kroppsvekt = 15 kg
  - Svelget mengde per dag = 200 mg
  - Antatt opptak = 100 %
  - Antall dager per uke = 5
  - Varighet i mnd. = 4.3 uker i mnd. x 5 dager = 21,5 dager/mnd.
  - Totalt antall dager per år = 21,5 dager/mnd. x 10 mnd./år = 215 dager/år

Dette tilsier en gjentatt eksponering per dag på: **13,3 mg/kg kroppsvekt/dag** med en varighet på 5 år.

- **Scenario II:** Barneskolebarn (6 – 11 år) leker på lekeplasser utendørs:
  - Kroppsvekt = 30 kg
  - Svelget mengde per dag = 200 mg
  - Antatt opptak = 100 %
  - Antall dager per uke = 5
  - Varighet i mnd. = 4.3 uker i mnd. x 5 dager = 21,5 dager/mnd.
  - Totalt antall dager per år = 21,5 dager/mnd. x 10 mnd./år = 215 dager/år.

Dette tilsier en gjentatt eksponering per dag på: **6,7 mg/kg kroppsvekt/dag** med en varighet på 5 år.

### 3.2 Hudkontakt

Vi benytter hudeksponeringsscenarier fra Nasjonalt folkehelseinstituttets rapport [5], men vi skal her relatere dem til utendørsaktiviteter for små barn. Ved lek på lekeplasser hvor støtdempende matter er installert, særlig i barnehager og på skolegård, kan det også foreligge et visst opptak via hud. Støv/partikler som frigis fra gummigranulatet kan komme i kontakt med bar hud. Noe eksponering av tildekket hud kan også forventes, men denne vil være en god del lavere enn for bar hud.

Det hudarealet som forventes eksponert hos et barn (1 – <6 år) er ~2704 cm<sup>2</sup>, mens arealet er ~3408 cm<sup>2</sup> for barn i alderen 6 – 11 år [8]. Vi benytter et opptak på 100 % som worst case, med mindre det finnes klare holdepunkter for lavere hudopptak.

Å bestemme eller beregne hvilken mengde kjemikalier i partikler/støv som avsettes på huden (angitt i mg/cm<sup>2</sup>) kan være problematisk. Vi har valgt å benytte 1,0 mg/cm<sup>2</sup> for antatt hudeksponering (vedlegg tabell 2). I tillegg er det benyttet 100 % hudabsorpsjon for de kjemikalier hvor det ikke foreligger konkret informasjon om hudopptaket. Et realistisk opptak er nok i størrelsesorden < 1 % til 10 % avhengig av stoffet. *Dette medfører at det opptaket som her er beregnet klart er høyere enn det som er reelt.*

- **Scenario III:** Barnehagebarn (1 – < 6 år) leker på lekeplasser utendørs:
  - Kroppsvekt = 15 kg
  - Hudoverflate som eksponeres = 2704 cm<sup>2</sup>
  - Antall dager per uke = 5 dager
  - Varighet i måneder = 10 måneder

Total hudeksponering per uke: 13 520 mg gummigranulat/uke og 901 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/uke, **129 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/dag** i ~ 5 år.

- **Scenario IV:** Barneskolebarn (6 – 11 år) leker på lekeplasser utendørs:
  - Kroppsvekt = 30 kg
  - Hudoverflate som eksponeres = 3408 cm<sup>2</sup>
  - Antall dager per uke: 5 dager
  - Varighet i måneder: 10 måneder

Total hudeksponering per uke: 17 040 mg gummigranulat/uke og 568 mg gummigranulat/ kg kroppsvekt/uke, **81 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/dag** i ~ 5 år.

## 4 Målinger og beregninger

Det er i analyseprøver av gummigranulat påvist en rekke ulike kjemiske stoffer, som er klassifisert som helse- og miljøskadelige. Det foreligger resultater fra analyser av 14 prøver av gummiheller, 3 helstøpte gummibelegg, 1 ringmatte (gressforsterkningsmatte) og 7 jord/pukk-prøver.

Vurderingen av helserisiko er relatert til eksponering som skyldes partikler/støv fra selve gummigranulatet. *Ved vurdering av helserisiko er det benyttet måledata fra den prøven av resirkulert gummigranulat som har vist de høyeste konsentrasjoner av helsefarlige stoffer.*

Analyser av gummigranulatene er utført av Eurofins (analyse av organiske miljøgifter: THC (C<sub>5</sub>-C<sub>35</sub>), PAH- og PCB-forbindelser, ftalater, bromerte flammehemmere og isocyanater) og av NGU (analyse av utvalgte metaller). Vedlegg tabell 3 – 7 viser summen av totalt innhold av ovennevnte kjemikaliegrupper i gummigranulat fra TK & NGU-rapport [2].

Det foreligger analysedata fra kun en gressforsterkningsmatte og måleresultatene fra denne prøven viser høye mengder av helse- og miljøskadelige stoffer. Siden det foreligger måledata fra kun en gressforsterkningsmatteprøve, vil vi legge mindre vekt på denne prøven i helserisikovurderingen.

Resultatene fra utlekking fra gummigranulat som er utført av Byggforsk vil bli benyttet i hudopptaksvurderingen[1]. Ved måling av utlekking av organiske forbindelser ble det benyttet 1 liter vann og 100 gram gummigranulat, og kontakttiden mellom vann og granulat var 48 timer. Dersom man antar at den mengde kjemiske stoffer som er tilgjengelig for opptak via huden er tilsvarende den man finner ved utlekking til vann, er det mulig å grovt anslå hvor mye som antas å være tilgjengelig for hudopptak. Graden av utlekking vil være avhengig av hvorledes stoffet er bundet til gummigranulatet (sterkt bundet eller ikke) og stoffets fysikalsk-kjemiske egenskaper (vannløslighet). Vi har i vår beregning av hudeksponering valgt å benytte den utlekkingsfaktor som gir den største utlekkingen. Basert på analyser utført av Byggforsk og resultater for totalt organisk karbon velges det å benytte en utlekking på 60 mg/L/100 g gummigranulat. Dette tilsvarer 0,06 % av vekten av gummigranulatet. For ytterligere opplysninger om utlekkingsanalysene henvises det til Byggforsk-rapporten[1].

## 5 Vurdering av skadelige effekter

I dette avsnittet skal vi vurdere de potensielle helseeffektene av de identifiserte stoffene. Vurderingene er basert på worst case-scenarier for små barn som leker på lekeplasser dekket med støtdempende fallunderlag. En gjennomgang av tilgjengelig litteratur fra internasjonale og nasjonale studier om gummigranulat-helseeffekter viser at helseeffekter forårsaket av innånding av avgassing fra gummigranulat (via luftveien), oraleksponering (svelging) eller via hudopptak av gummigranulat fra resirkulert bildekk er ubetydelige [5, 9-11]. Generelt konkluderer disse studiene med at det er ingen helsemessige problemer for brukere av kunstgressbaner eller støtdempende matter laget av resirkulert gummigranulat fra bildekk, verken innendørs eller utendørs, men disse studiene kommer ikke med en felles anbefaling når det gjelder bruken av resirkulert gummigranulat i kunstgressbaner eller støtdempende matter på lekeplasser [5, 9-11]. I denne studien vil vi derfor fokusere på effekter forårsaket av hudopptak eller oralt inntak.

### Risikovurdering

I vurderingen av helserisiko må beregnet eksponering, dvs. opptak, sammenlignes med NOAEL (nulleffektnivået) eller andre relevante verdier for toksisitet. NOAEL er vanligvis basert på dyreforsøk, for eksempel mus eller rotter. Eksponeringen sammenlignes med NOAEL/LOAEL (Lowest Observable Adverse Effect Level) - verdiene for de utvalgte stoffene, og man kan fra dette beregne en sikkerhetsmargin (Margin of Safety, MOS).

Når dyreforsøkene som NOAEL-verdien er utledet fra gjelder en kronisk langtidsstudie av høy kvalitet, legges det inn en sikkerhetsfaktor i risikovurderingen som vanligvis er 10. En faktor på 10 benyttes for eksempel ved ekstrapolering mellom forskjellige arter (for eksempel mus - menneske); i tillegg brukes en faktor på 10 for å beskytte følsomme individer av arter, for eks. barn. Hvis dataene er basert på LOAEL eller sub-kroniske studier, vil en ekstra sikkerhetsfaktor legges til (vanligvis 10). Den totale sikkerhetsfaktoren er produktet av de enkelte sikkerhetsfaktorene (dvs totalt 100, eller 1000). Når MOS er beregnet, er det mulig å vurdere om sikkerhetsfaktoren er tilstrekkelig høy til at stoffet ikke har en potensiell negativ helseeffekt.

## 5.1 Alkylfenoler

Alkylfenoler som 4-nonylphenol og 4-t-oktylphenol er i eksperimentelle dyreforsøk vist å kunne ha egenskaper tilsvarende det kvinnelige kjønnshormonet østrogen. Det vil si at de kan forstyrre hormonbalansen i forsøksdyr, noe som videre kan virke inn på utvikling av forsøksdyrenes evne til å formere seg. I EU er 4-nonylphenol klassifisert i kategori 3 for effekter på reproduksjonen, mens 4-t-oktylphenol ikke er klassifisert i EU med hensyn på mulige effekter på reproduksjon. Klassifisering i kategori 3 betyr at bruken av alkylfenoler i forbrukerprodukter ikke er regulert. Siden 4-nonylphenol er den alkylfenolen som det er knyttet mest betenkeligheter til, vil NOAEL-verdien for denne alkylfenolen bli benyttet i risikovurderingen.

Tabell 1.

	Mengde Alkylfenol i gummigranulat [ng/mg gummigranulat]	Scenario I: Barnehagebarn (1 - 6 år)	Scenario II: Barneskolebarn (6 - 11 år)	NOAEL* [mg/kg kroppsvekt/dag]	MOS for scenario I	MOS for scenario II
		ng alkylfenoler/ kg kroppsvekt/ dag				
Gummiheller	23	306.7	153.3	1.5	4891	9783
Helstøpte gummibelegg	10.45	139.3	69.7	1.5	10766	21531
Gressforsterkningsmatte	30.93	412.4	206.2	1.5	3637	7274
Jord/Pukk	0.5	6.7	3.3	1.5	225000	450000

\* NOAEL -verdien for 4-nonylphenol benyttes og er på 1.5 mg/kg kroppsvekt/dag. Verdien er basert på observasjon av forstyrrelser i utvikling av kjønnsorganer. Alkylfenol mengden er hentet fra Vedlegg tabell 3.

### For oralt inntak:

Scenario I: barn som leker kan svelge 13,3 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/dag. Mengde alkylfenoler i gummigranulat er 31 ng/mg gummigranulat (se tabell 1 & vedlegg tabell 3). Barn kan derfor eksponeres med opptil **0,41 µg alkylfenoler/kg kroppsvekt/dag** ved å leke på støtdempende matter.

Scenario II: barn som leker kan svelge 6,7 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/dag. Mengde alkylfenoler i gummigranulat er 31 ng/mg gummigranulat (se tabell 1 & vedlegg tabell 3). Barn kan derfor eksponeres med **0,21 µg alkylfenoler/kg kroppsvekt/dag** ved å leke på støtdempende matter.

### For hudopptak:

Dersom man antar at den mengde kjemiske stoff som er tilgjengelig for opptak via huden er tilsvarende den man finner ved utlekking til vann, er det mulig å anslå hvor mye som antas å være tilgjengelig for hudopptak. Basert på analyser utført av Byggforsk, er den beregnede utlekkingen av total-alkylfenoler **4113 µg/l fra 100 g gummigranulat** målt etter kontakt i 48 timer med 1 liter deionisert vann.

Scenario III: Barnehagebarn (1 – 6 år)

Total hudeksponering per dag: **0,129 g gummigranulat/kg kroppsvekt/dag** i ~ 5 år.

Hudopptak = 0,129 g/kg kroppsvekt/dag \* 0,1 \* 41,31 µg alkylfenoler /g = **0,53 µg alkylfenoler / kg kroppsvekt / dag**.

Scenario IV: Barneskolebarn (6 – 11 år)

Total hudeksponering per uke: **0,081 g gummigranulat/kg kroppsvekt/dag** i ~ 5 år.

Hudopptak = 0,081 g /kg kroppsvekt/dag \* 0,1 \* 41,31 µg alkylfenoler /g = **0,33 µg alkylfenoler / kg kroppsvekt / dag**.

### Vurdering av helserisiko

Siden 4-nonylphenol er den alkylfenolen som det er knyttet flest betenkeligheter til, vil NOAEL-verdien for 4-nonylphenol bli benyttet i risikovurderingen. I henhold til EUs risikorapport for 4-nonylphenol er NOAEL-verdien for forstyrrelser i utvikling av reproduksjonsorganer 15 mg/kg kroppsvekt/dag. I dyreforsøk er det antatt at bare 10 % av 4-nonylphenol som tas opp er biotilgjengelig; derfor er NOAEL-verdien som benyttes i risikovurderingen for eksponering for alkylfenoler **1,5 mg/kg kroppsvekt/dag**.

NOAEL på 1,5 mg/kg kroppsvekt/dag gir en sikkerhetsmargin (MOS) på 3637 (for Scenario I) og 7274 (for Scenario II) for oralinntak. MOS-verdiene for hudopptak er 2830 (for Scenario III) og 4545 (for Scenario IV). **Med en usikkerhetsfaktor på 100 basert på NOAEL, anser vi at det ikke er helseeffekter forbundet med eksponering for disse mengdene med alkylfenoler.**

*I vår beregninger har vi benyttet worst case-eksponering for totale alkylfenoler i resirkulert gummigranulat, og den laveste NOAEL-verdien for reproduksjonstoksisitet i dyrestudier. På bakgrunn av dette kan det konkluderes at denne eksponeringen ikke medfører noen økt helserisiko.*

## 5.2 PCB-er

PCB (polyklorerte bifenyler) er en sammensatt gruppe kjemikalier hvorav et mindretall har dioksinlignende effekter. Eksponering for PCBer er assosiert med et bredt spekter av helseeffekter i dyr. Blant skadevirkningene av PCB-eksponering i dyr er kreft og effekter på immun-, reproduksjons-, nerve- og hormonsystemet. PCB er klassifisert som helseskadelig (Xn), og kan akkumuleres i kroppen ved gjentatt eksponering (R33). IARC (International Agency for Research on Cancer) klassifiserer PCB som mulig kreftfremkallende i mennesker (klasse 2A).

Tabell 2.

	Mengde PCB-er i gummigranulat [ng/mg gummigranulat]	Scenario I: Barnehagebarn (1 - ≤ 6 år)	Scenario II: Barneskolebarn (6 - 11 år)	NOAEL* [mg/kg kroppsvekt/dag]	MOS for scenario I	MOS for scenario II
		ng PCBer/ kg kroppsvekt/ dag				
<b>Gummi heller</b>	0.941	12.5	6.3	0.005	399	797
<b>Helstøpte gummibelegg</b>	0.193	2.57	1.29	0.005	1943	3886
<b>Gressforsterkningsmatte</b>	0.002	0.03	0.01	0.005	187500	375000
<b>Jord/Pukk</b>	0.0067	0.1	0.04	0.005	55970	111940

\* NOAEL -verdien for PCB benyttes og er på 5 µg/kg kroppsvekt/dag. Den er basert på formeringsevne. PCB mengden er hentet fra Vedlegg tabell 4.

### For oralinntak:

Scenario I: barn som leker kan svelge 13,3 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/dag. Mengde PCBer i gummigranulat er 0,94 ng/mg gummigranulat (se tabell 2 & vedlegg tabell 4). Barn eksponeres derfor med opptil **12,5 ng PCBer/kg kroppsvekt/dag** ved lek på støtdempende matter.

Scenario II: barn som leker kan svelge 6,7 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/dag. Mengde PCBer i gummigranulat er 0,94 ng/mg gummigranulat (se tabell 2 & vedlegg tabell 4). Barn eksponeres derfor med opptil **6,3 ng PCBer/kg kroppsvekt/dag** ved lek på støtdempende matter.

#### **For hudopptak:**

Dersom man antar at den mengde kjemisk stoff som er tilgjengelig for opptak via huden er tilsvarende den man finner ved utlekking til vann, er det mulig å anslå hvor stor mengde som antas å være tilgjengelig for hudopptak. Basert på analyser utført av Byggforsk, er den beregnede utlekking for total mengde PCBer **0,01 µg/l fra 100 g gummigranulat** målt etter kontakt i 48 timer med 1 liter deionisert vann.

Scenario III: Barnehage barn (1 – ≤ 6 år)

Total hudeksponering per dag: **0,129 g gummigranulat/kg kroppsvekt/dag** i ~ 5 år.

Hudopptak = 0,129 g /kg kroppsvekt/dag \* 1 \* 0,0001 µg PCBer /g = **1,3x10<sup>-5</sup> µg PCBer / kg kroppsvekt / dag**.

Scenario IV: Barneskole barn (6 – 11 år)

Total hudeksponering per uke: **0,081 g gummigranulat/kg kroppsvekt/dag** i ~ 5 år.

Hudopptak = 0,081 g /kg kroppsvekt/dag \* 1 \* 0,0001 µg PCBer /g = **8,1x10<sup>-6</sup> µg PCBer/ kg kroppsvekt / dag**.

#### **Vurdering av helserisiko**

Vi har valgt å sammenligne eksponeringsnivåene for PCB med et nulleffektsnivå som er basert på effekter på fertilitet (NOAEL = **5 µg/kg kroppsvekt/dag**).

Med en NOAEL på 5 µg /kg kroppsvekt/dag får man en sikkerhetsmargin (MOS) på 400 (for Scenario I) og 797 (for Scenario II) for oralinntak. MOS-verdier for hudopptak er 384 000 (for Scenario III) og 600 000 (for Scenario IV). **Med en usikkerhetsfaktor på 100 basert på NOAEL, anses det at det ikke er helseeffekter forbundet med eksponering for disse mengder med PCBer.**

*I vår beregninger har vi benyttet worst case-eksponering for total-PCB i resirkulert gummigranulat, og NOAEL-verdien for formeringsevne i dyrestudier. På bakgrunn av dette konkluderer vi at denne eksponeringen ikke medfører noen økt helserisiko.*

### **5.3 Ftalater**

Ftalatene som er potensielt mest helsekadelige er DEHP, DBP og BBP. Disse er i eksperimentelle dyreforsøk vist å kunne føre til skader på reproduksjon spesielt i unge hanndyr, og effektene gjelder både formeringsevne og fosterutvikling. DEHP, DBP og BBP er i EU klassifisert i kategori 2 for effekter på reproduksjon, hvilket er årsaken til at bruken av disse ftalater i forbrukerprodukter er regulert. Siden ftalater er til stede i mange forbrukerprodukter som benyttes innendørs, har man funnet en mulig sammenheng mellom eksponering for ftalater i husstøv og astma/allergisykdommer hos barn, men denne sammenhengen er foreløpig ikke avklart.

Tabell 3.

	Mengde ftalater i gummigranulat [ng/mg gummigranulat]	Scenario I: Barnehagebarn (1 - ≤ 6 år)	Scenario II: Barneskolebarn (6 - 11 år)	NOAEL* [mg/kg kroppsvekt/dag]	MOS for scenario I	MOS for scenario II
		ng ftalater/ kg kroppsvekt/ dag				
Gummiheller	520	6933.3	3466.7	4.8	692	1385
Helstøpte gummibelegg	520	6933.3	3466.7	4.8	692	1385
Gressforsterkningsmatte**	9220.0	122933.3	61466.7	4.8	39	78
Jord/Pukk	0.57	7.6	3.8	4.8	631579	1263158

\* NOAEL -verdien for ftalater som er benyttet er 4,8 mg/kg kroppsvekt/dag. Den er basert på effekter på formeringsevne. Mengden ftalater er hentet fra Vedlegg tabell 5.

\*\*Det foreligger analysedata fra kun en gressforsterkningsmatte og denne prøven har tilsynelatende høye mengder av helse- og miljøskadelige kjemikalier. Vi har valgt å legge lite vekt på måledataene fra denne prøven og en gummihelle som har høy mengde av DINP.

### For oralinntak:

Scenario I: barn som leker kan svelge 13,3 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/dag. Mengde ftalater i gummigranulat er 520 ng/mg gummigranulat (se tabell 3 & vedlegg tabell 5). Barn eksponeres derfor med opptil **6,93 µg ftalater/kg kroppsvekt/dag** ved å leke på støtdempende matter.

Scenario II: barn som leker kan svelge 6,7 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/dag. Mengde ftalater i gummigranulat er 520 ng/mg gummigranulat (se tabell 3 & vedlegg tabell 5). Barn eksponeres derfor med opptil **3,47 µg ftalater/kg kroppsvekt/dag** ved å leke på støtdempende matter.

### For hudopptak:

Dersom man antar at den mengde kjemisk stoff som er tilgjengelig for opptak via huden er tilsvarende den man finner ved utlekking til vann, er det mulig å anslå hvor mye som antas å være tilgjengelig for hudopptak. Basert på analyser utført av Byggforsk, er den beregnede utlekking for total mengde ftalater **27,2 µg/l fra 100 g gummigranulat** målt etter kontakt i 48 timer med 1 liter deionisert vann.

Scenario III: Barnehagebarn (1 – < 6 år)

Total hudeksponering per dag: **0,129 g gummigranulat/kg kroppsvekt/dag** i ~ 5 år.

Hudopptak = 0,129 g /kg kroppsvekt/dag \* 1 \* 0,272 µg ftalater /g = **0,035 µg ftalater/ kg kroppsvekt / dag**.

Scenario IV: Barneskolebarn (6 – 11 år)

Total hudeksponering per uke: **0,081 g gummigranulat/kg kroppsvekt/dag** i ~ 5 år.

Hudopptak = 0,081 g /kg kroppsvekt/dag \* 1 \* 0,272 µg ftalater /g = **0,22 µg ftalater/ kg kroppsvekt / dag**.

### Vurdering av helserisiko

Vi har valgt å sammenligne eksponeringsnivåene for ftalater med et nulleffektsnivå som er basert på testikkeltoksitet/formeringsevne (NOAEL = **4,8 mg/kg kroppsvekt/dag** for DEPH). NOAEL på 4,8 mg/kg kroppsvekt/dag gir en sikkerhetsmargin (MOS) på 692 (for Scenario I) og 1385 (for Scenario II) for oralinntak. MOS-verdier for hudopptak er 137 000

(for Scenario III) og 220 000 (for Scenario IV). **Med en usikkerhetsfaktor på 100 basert på NOAEL, anses det at det ikke er helseeffekter forbundet med eksponering for disse mengder med ftalater.**

*I vår beregninger har vi benyttet worst case- eksponering for total mengde ftalater i resirkulert gummigranulat og den laveste NOAEL-verdien for reproduksjonstoksisitet i dyrestudier. På bakgrunn av dette konkluderer vi med at denne eksponeringen ikke medfører noen økt helserisiko.*

## 5.4 THC-er

Høyaromatiske oljer er et restprodukt fra oljeraffinering og de tilsettes som mykgjørere i bildekkene. Støtdempende matter (resirkulert bildekk) inneholder betydelige mengder tunge hydrokarboner (THC >C5-C35). I risikovurderingen antar vi at THC >C5-C35 er alifatiske hydrokarboner. THC er vanligvis til stede som blandinger av flere fraksjoner. Vi har brukt THC >C19-C34 -fraksjonen som indikatorstoff for tunge hydrokarboner, siden analysedataene for THC viser høye nivåer av THC >C16-C35 -fraksjonen. Derfor har vi valgt å foreta beregning av helserisiko på basis av THC >C19-C34 -fraksjonen.

Tabell 4.

	Mengde THC >C5 - C35 i gummigranulat [ng/mg gummigranulat]	Scenario I: Barnehagebarn (1 - ≤ 6 år)	Scenario II: Barneskolebarn (6 - 11 år)	NOAEL* [mg/kg kroppsvekt/ dag]	MOS for scenario I	MOS for scenario II
		ng THC > C5-C35/ kg kroppsvekt/ dag				
<b>Gummiheller</b>	19613.6	261514.7	130757.3	200	765	1530
<b>Helstøpte gummibelegg</b>	18653	248706.7	124353.3	200	804	1608
<b>Gressforsterkningsmatte</b>	22635.0	301800.0	150900.0	200	663	1325
<b>Jord/Pukk</b>	390	5200.0	2600.0	200	38462	76923

\* NOAEL -verdien for THC > C19 - C32 som benyttes er 200 mg/kg kroppsvekt/dag. Verdien er basert på histopatologiske effekter på lever (levergranulomer).

### For oralt inntak:

Scenario I: barn som leker kan svelge 13,3 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/dag. Mengde THC >C5-C35 i gummigranulat er 22635 ng/mg gummigranulat (se tabell 4 & vedlegg tabell 6). Barn eksponeres derfor med opptil **301,8 µg THC >C5-C35/kg kroppsvekt/dag** ved å leke på støtdempende matter.

Scenario II: barn som leker kan svelge 6,7 mg gummigranulat/kg kroppsvekt/dag. Mengde THC >C5-C35 i gummigranulat er 22635 ng/mg gummigranulat (se tabell 4 & vedlegg tabell 6). Barn eksponeres derfor med opptil **150,9 µg THC >C5-C35/kg kroppsvekt/dag** ved å leke på støtdempende matter.

### For hudopptak:

Dersom man antar at mengden kjemisk stoff som er tilgjengelig for opptak via huden er tilsvarende den man finner ved utlekking til vann, er det mulig å anslå hvor mye som antas å være tilgjengelig for hudopptak. Basert på analyser utført på oppdrag fra Byggforsk, er den beregnede utlekkingen for total-THC >C5-C35 **60 mg/l fra 100 g gummigranulat** målt etter kontakt i 48 timer med 1 liter deionisert vann. Hudabsorpsjonen antas å være 10% ( $\log K_{ow} > 4$ , for C16-C35 fraksjoner).

Scenario III: Barnehage barn (1 – ≥ 6 år)

Total hudeksponering per dag: **0,129 g gummigranulat/kg kroppsvekt/dag** i ~ 5 år.

Hudopptak = 0,129 g /kg kroppsvekt/dag \* 0,1 \* 600 µg THC >C5-C35 /g = **7,74 µg THC >C5-C35/ kg kroppsvekt / dag.**

Scenario IV: Barneskole barn (6 – 11 år)

Total hudeksponering per uke: **0,081 g gummigranulat/kg kroppsvekt/dag** i ~ 5 år.

Hudopptak = 0,081 g /kg kroppsvekt/dag \* 0,1 \* 600 µg THC >C5-C35 /g = **4,86 µg THC >C5-C35/ kg kroppsvekt / dag.**

### Vurdering av helserisiko

Vi har valgt å sammenligne eksponeringsnivåene for total THC >C5-C35 –fraksjoner, med et nulleffektsnivå (NOAEL) som er basert på histopatologi effekter på lever (levergranulom), (NOAEL = **200 mg/kg kroppsvekt/dag** for THC > C19 - C32). NOAEL på 200 mg/kg kroppsvekt/dag gir en sikkerhetsmargin (MOS) på 663 (for Scenario I) og 1325 (for Scenario II) for oralt inntak. MOS-verdier for hudopptak er 25 800 (for Scenario III) og 41 000 (for Scenario IV). En usikkerhetsfaktor på 100: 3 for artsforskjell, 10 for sensitive individer (for eksempel, barn), og 3 for ekstrapolasjon fra sub-kronisk til kronisk eksponering. **Med en usikkerhetsfaktor på 100 basert på NOAEL, anses det at det ikke er helseeffekter forbundet med eksponering for disse mengdene av THC >C5-C35.**

*I våre beregninger har vi benyttet worst case -eksponering for total mengde THC i resirkulert gummigranulat, og vi har brukt NOAEL-verdien for histopatologiske effekter på lever (levergranulom) i dyrestudier. På bakgrunn av dette kan det konkluderes at denne eksponeringen ikke medfører noen økt helserisiko.*

## 5.5 PAH-er

Polysykliske aromatiske hydrokarbohydrater (PAH-er) eller tjærestoffer er en samlebetegnelse for et stort antall kjemiske stoffer som dannes ved forbrenning. I stoffgruppen PAH er det flere mutagene stoffer hvorav noen er påvist eller sannsynlig kreftfremkallende. Benzo(a)pyren (BaP) er den best undersøkte PAH-forbindelsen. BaP er vist å være kreftfremkallende i dyreforsøk både etter inhalasjon og ved inntak via næringsmidler. Ved vurderinger av kreftrisiko ved eksponering for PAH er det derfor vanlig å benytte BaP som indikator og foreta beregning av kreftrisiko på basis av innhold av BaP i luft eller næringsmidler. Vi har vurdert kreftrisiko for PAH-er (se tabell 5 og vedlegg tabell 7). Mange PAH-er er klassifisert som kreftfremkallende stoffer i kreftkategori 2, mens B(a)P er klassifisert som kreftfremkallende R45-kategori 2, R46 Mut.-kategori 2, og Repro-kategori 2 R60 og R61.

Tabell 5.

			Risikoratio (RR-verdi)*, ikke-kreftrisiko			Kreftrisiko		
			Oralinntak	Hudopptak	Total RR-verdi	Oralinntak	Hudopptak	Total kreftrisiko
Σ 13 PAH	CAS Nummer	(mg/kg TS)	Barn	Barn	Barn	Barn/voksen	Barn/voksen	Barn/voksen
Acenaphthene	83-32-9	2.1	4.47E-04	4.21E-04	8.69E-04	-	-	-
Anthracene	120-12-7	2.4	1.02E-04	9.63E-05	1.99E-04	-	-	-
Benz[a]anthracene	56-55-3	3.0	-	-	-	3.43E-06	3.31E-06	6.74E-06
Benzo[a]pyrene	50-32-8	2.4	-	-	-	2.74E-05	2.65E-05	5.39E-05
Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	3.0	-	-	-	3.43E-06	3.31E-06	6.74E-06
Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	1.8	-	-	-	2.06E-07	1.99E-07	4.04E-07
Chrysene	218-01-9	9.3	-	-	-	1.06E-07	1.03E-07	2.09E-07
Dibenz[ah]anthracene	53-70-3	0.4	5.11E-26	4.81E-26	9.93E-26	4.57E-06	4.41E-06	8.99E-06
Fluoranthene	206-44-0	15.0	4.79E-03	4.51E-03	9.31E-03	-	-	-
Fluorene	86-73-7	2.8	8.95E-04	8.43E-04	1.74E-03	-	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	193-39-5	1.6	-	-	-	1.83E-06	1.77E-06	3.59E-06
Naphthalene	91-20-3	1.4	8.95E-04	8.43E-04	1.74E-03	-	-	-
Pyrene	129-00-0	27.0	1.15E-02	1.08E-02	2.23E-02	-	-	-
Σ 13 PAH		<b>72.2</b>	<b>1.86E-02</b>	<b>1.75E-02</b>	<b>3.62E-02</b>	<b>4.10E-05</b>	<b>3.96E-05</b>	<b>8.06E-05</b>

\* $RR \leq 1$ ; forventes det ingen negative helseeffekter (ikke-kreftrisiko) som følge av eksponering av det potensielle stoffet,  $RR > 1$ ; faren for negative helseeffekter kan øke.

Den maksimale worst case livstids kreftrisiko blir  **$8,1 \times 10^{-5}$**  for PAHer. Det er vurdert at eksponering for PAHer, i de mengder de er målt, ikke utgjør noen økt risiko for kreft hos dem som benytter lekeplassene. Beregningene slik de er utført, representerer en øvre risiko, slik at den virkelige risikoen med stor grad av sannsynlighet er lavere. Vi har også beregnet et risikoratio (RR), som er forholdet mellom den potensielle eksponeringen for et stoff og nivået der ingen skadelige effekter er forventet, dvs. en grenseverdi. Hvis den beregnede RR-verdien er lik eller mindre enn 1, så forventes det ingen negative helseeffekter som følge av eksponering. Hvis RR er større enn 1, øker faren for at uheldige helseeffekter kan forekomme. Den totale RR-verdien for både hudopptak og oralinntak er  **$3,6 \times 10^{-2}$** , som er mye lavere enn 1. **En så liten risiko som beregnet her anses av de fleste lands myndigheter som utfører kvantitative kreftrisikovurderinger å være neglisjerbar eller tolererbar.**

Det konkluderes at de eksponeringsmengder som er beregnet for PAH-er representerer en ubetydelig kreftrisiko.

## 5.6 Allergi

Bildekk kan inneholde mye latex, og utslippene av latex i veitrafikken på grunn av dekkslitasje er i allergensammenheng meget store. Allergi fra gummigranulatene blir ikke vurdert i denne rapporten, og vi henviser til rapporten laget av Nasjonalt folkehelseinstitutt-rapport [5], hvor latex-allergi er grundig vurdert.

## 6 Konklusjon

*Selv om gummigranulat benyttet til fallunderlag inneholder potensielt helseskadelige stoffer, er eksponeringen for barn som leker på mattene så lav at den ikke utgjør noen helsefare. Likevel kan det være grunn til å unngå produkter som inneholder de helsefarlige stoffene, spesielt gjelder dette PAH-er og muligens ftalater. Ut fra dagens kunnskap om helseeffekter og eksponering ser vi det ikke som nødvendig at man bytter ut det resirkulerte gummigranulatet nå. På grunn av manglende kunnskap når det gjelder mulig induksjon av latexallergi, og siden noen typer matter inneholder høye mengder av miljøkjemikalier, anbefaler vi likevel at det ved senere påfyll eller skifte av gummigranulat ikke benyttes resirkulert gummigranulat.*

## 7 Referanse

1. Plessner TSW, Lund OJ: **Potensielle helse- og miljøeffekter tilknyttet kunstgresssystemer-slutrapport, Byggforsk 10.09.04.**; 2004.
2. Ottesen RT, Støver L, Berthelsen BO: **Helse- og miljøskadelige stoffer i støtdempende fallunderlag på lekearealer for barn, (TA nummer: TA-2759/2011), Trondheim kommune (TK) og Norges Geologiske undersøkelse (NGU).**; 2011.
3. Källquist T: **Miljøriskovurdering av kunstgresssystemer. NIVA Rapport LNR 5111-2005.**; 2005.
4. Dye C, Bjerke N, Schmidbauer N: **Måling av luftforurensning i innendørs kunstgresshaller, NILU OR 03/2006. TA-2148/2006.**; 2006.
5. Nasjonalt folkehelseinstitutt, adiumhospitalet: **Kunstgressbaner - Vurdering av helserisiko for fotballspillere.**; 2006.
6. Danish-EPA 2: **Metoder til fastsettelse af kvalitetskriterier for kemiske stoffer i jord, luft og drikkevand med henblik på at beskytte sundheden. Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 5 2006. Danish-EPA, 2006.**; 2006.
7. US-EPA 2: **U.S. EPA. Child-Specific Exposure Factors Handbook (Final Report) 2008. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-06/096F, 2008.**; 2008.
8. US-EPA 2: **U.S. EPA. Exposure Factors Handbook 2009 Update (External Review Draft). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-09/052A, 2009.**; 2009.
9. Kemikalieinspektionen PM: **Kunstgräs ur ett kemikalieperspektiv - en lägesrapport. Svensk Kemikalieinspektionen PM 2/06.**; 2006.
10. OEHHA 2: **Evaluation of Health Effects of Recycled Waste Tires in Playground and Track Products. The Office of Environmental Health Hazard Assessment – OEHHA, California, US, January 2007.**; 2007.
11. Nilsson NH, Malmgren-Hansen B, Thomsen US: **Mapping, emissions and environmental and health assessment of chemical substances in artificial turf. The Danish Technological Institute - Survey of Chemical Substances in Consumer Products, No. 100 2008.**  
Nils H. Nilsson, Bjørn Malmgren-Hansen & Uffe Sognstrup Thomsen.; 2008.
12. US-EPA 2: **U.S. EPA. Child-Specific Exposure Factors Handbook (Final Report) 2008. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-06/096F, 2008.**; 2008.

## 8 Vedlegg

Tabell 1.

	Kroppsvekt (kg)	mg/dag gummigranulat *	mg gummigranulat /kg kroppsvekt/ dag
<b>Scenario I: Barnehagebarn (1 - ≤ 6 år)</b>	15	200	<b>13.3</b>
<b>Scenario II: Barneskolebarn (6 - 11 år)</b>	30	200	<b>6.7</b>

\*Den (default) 95-percintil verdien for jordinntak [8, 12].

Tabell 2.

	Kroppsvekt (kg)	Hudoverflate som eksponeres (cm <sup>2</sup> )*	mg gummigranulat /kg kroppsvekt/ dag
<b>Scenario III: Barnehagebarn (1 - ≤ 6 år)</b>	15	2704	<b>129.0</b>
<b>Scenario IV: Barneskolebarn (6 - 11 år)</b>	30	3408	<b>81.0</b>

\* Beregnet fra US-EPA children specific handbook [8, 12].

Tabell 3. Totalt innhold av alkylfenoler i gummigranulat fra TK & NGU-rapport

Alkylfenol [mg/kg TS]	Gummi heller	Helstøpte gummibelegg	Gressforsterkningsmatte	Jord/Pukk
Nonylfenol	16	9.8	22	< 0.1
Nonylfenolmonoetoksilatter	7	0.65	0.83	< 0.2
Oktylfenol	< 0.2	< 0.2	< 0.1	< 0.1
oktylfenolpoletoksilater	< 0.5	< 0.5	8.1	< 0.5
<b>Sum</b>	<b>23</b>	<b>10.45</b>	<b>30.93</b>	<b>0.5</b>

Tabell 4. Totalt innhold av PCB-er i gummigranulat fra TK & NGU-rapport

∑7 PCB [mg/kg TS]	Gummi heller	Helstøpte gummibelegg	Gressforsterkningsmatte	Jord/Pukk
PCB 28	0.19	0.014	< 0.0020	< 0.0005
PCB 52	0.2	0.043	< 0.0020	0.0014
PCB 101	0.041	0.009	< 0.0020	0.00057
PCB 118	0.13	0.018	< 0.0020	0.00086
PCB 153	0.11	0.038	< 0.0020	0.0019
PCB 138	0.17	0.044	< 0.0020	0.00097
PCB 180	0.1	0.027	< 0.0020	0.001
<b>∑7 PCB [mg/kg TS]</b>	<b>0.941</b>	<b>0.193</b>	<b>0.0020</b>	<b>0.0067</b>

Tabell 5. Totalt innhold av ftalater i gummigranulat fra TK &amp; NGU-rapport

Ftalater [mg/kg TS]	Gummi heller	Helstøpte gummibelegg	Gressforsterknings- matte	Jord/Pukk
Butylbenzylftalat (BBP)	< 10	< 5	< 5	< 0.1
Dibutylftalat (DBP)	< 20	< 20	45	< 0.5
Dietylftalat (DEP)	< 10	< 5	< 5	< 0.3
Dietylheksylftalat (DEHP)	520	520	9100*	< 1
Di-isobutylftalat (DIBP)	< 20	< 20	60	0.57
Di-isodekylftalat (DIDP)	< 100	< 100	< 100	< 5
Di-isoheptylftalat (DIHP)	< 100	< 100	< 100	< 5
Di-isononylftalat (DINP)	10900*	< 100	< 100	< 5
Dimetylftalat (DMP)	< 10	< 5	< 5	< 0.1
Di-n-oktylftalat (DNOP)	< 100	< 100	15	< 0.3
<b>Σ10 Ftalater [mg/kg TS]</b>	<b>520</b>	<b>520</b>	<b>120</b>	<b>0.57</b>

\*Vi har valgt å se bort fra denne prøven i helserisiko vurderingen. I følge TK & NGU-rapporten er den høye mengden av DINP sannsynligvis tilsatt som ekstra mykgjører

Tabell 6. Totalt innhold av THC-er i gummigranulat fra TK &amp; NGU-rapport

ΣTHC >C5 - C35 [mg/kg TS]	Gummi heller	Helstøpte gummibelegg	Gressforsterknings- matte	Jord/Pukk
THC > C5 -C8	< 20	20	< 20	< 5
THC > C8 -C10	38	53	< 20	< 5
THC > C10 -C12	35.6	120	45	< 5
THC > C12 -C16	240	460	590	< 5
THC > C16 -C35	19300	18000	22000	390
<b>ΣTHC &gt;C5 - C35</b>	<b>19613.6</b>	<b>18653</b>	<b>22635</b>	<b>390</b>

Tabell 7. Totalt innhold av PAH-er i gummigranulat fra TK &amp; NGU-rapport

Σ 16 PAH [mg/kg TS]	Gummi heller	Helstøpte gummibelegg	Gressforsterknings- matte	Jord/Pukk	Maksimums- verdi
Naftalen	1.2	1.4	0.2	0.01	1.4
Acenatylene	1.2	1.3	0.2	0.01	1.3
Acenften	2.1	1.6	0.9	0.01	2.1
Flouren	2.8	2.6	2.1	0.01	2.8
Fenatren	14.0	14	9.0	0.05	14.0
Antracen	2.4	2.1	1.5	0.02	2.4
Flouranten	12.0	15	5.7	0.02	15.0
Pyren	27.0	25	14.0	0.18	27.0
Benso(a)antracen	3.0	2.5	2.5	0.02	3.0
Krysen/Trifenylene	9.3	3.9	4.4	0.14	9.3
Benso(b)flouranten	2.8	3	1.8	0.11	3.0
Benso(k)flouranten	1.2	1.8	1.6	0.07	1.8
Benso(a)pyren	2.1	2.4	1.6	0.04	2.4
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1.6	0.88	1.1	0.03	1.6
Dibenso(a,h)antracen	0.3	0.28	0.4	0.01	0.4
Dibenso(ghi)perylene	6.1	2.8	4.3	0.08	6.1
<b>Σ 16 PAH [mg/kg TS]</b>	<b>89</b>	<b>81</b>	<b>51</b>	<b>0.8</b>	<b>93.6</b>