RAPPORT LNR 5111-2005

Miljørisikovurdering av kunstgressystemer

Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor
Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen
Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen
Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen
Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel	Løpenr. (for bestilling)	Dato
Miljørisikovurdering av kunstgressystemer	5111-2005	19.12.2005
	Prosjektnr. Undernr. 40013	Sider Pris 19
Forfatter(e) Torsten Källqvist	Fagområde Økotoksikologi	Distribusjon
	Geografisk område	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e)	Oppdragsreferanse
Statens Forurensningstilsyn	Marit Kopangen

Sammendrag

En vurdering av miljørisiko knyttet til avrenning fra kunstgressanlegg er gjenomført på grunnlag av undersøkelser av innhold av miljøfarlige stoffer i materialer benyttet i kunstgressanlegg og deres potensiale for utlekking til vann. Risikovurderingen er utført i henhold til standard prosedyrer som benyttes for risikovurdering av kjemikalier i EU. Resultatet viser at det foreligger en risiko for miljøeffekter i små resipienter som mottar overflateavrenning fra kunstgressanlegg. Den faktor som bidrar mest til miljørisikoen er sink, men også alkylfenoler, og særlig oktylfenol ventes å overskride grenseverdiene for miljøeffekter. Andre komponenter som ikke er undersøkt kan eventuelt gi et ytterligere bidrag til miljørisikoen. Konsentrasjonen av kjemikalier i avrenning fra kunstgressanlegg ventes å avta langsomt slik at miljøeffekter kan forekomme over mange år. Den totale mengden av miljøfarlige stoffer som lekker ut fra en kunstgressbane er imidlertid beskjedne, slik at eventuelle miljøeffekter kun vil være lokale.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Kunstgress	1. Artificial turf
2. Miljøfarlige kjemikalier	2. Hazardous chemicals
3. Gifteffekter	3. Toxic effects
4. Risikovurdering	4. Risk assessment

Torsten Källqvist	Kevin Thomas	Øyvind Sørensen
Prosjektleder	Forskningsleder	Ansvarlig

ISBN 82-577-4821-8

Miljørisikovurdering av kunstgressystemer

Forord

Statens Forurensningstilsyn har anmodet NIVA om å gjøre en vurdering av miljørisiko knyttet til kunstgressanlegg. Risikovurderingen er foretatt på grunnlag av en undersøkelse av materialer benyttet i slike anlegg, utført av Byggforsk (Plesser & Lund 2004).

Risikovurderingen er utført av Torsten Källqvist med bistand fra August Tobiesen, NIVA.

Oslo, 19.12. 2005

Torsten Källqvist

Innhold

Sammendrag 5

Summary 6

1. Bakgrunn 7

2. Metodikk 7

3. Beregning av PEC_{vann} 8

4. PNEC 12

5. Risikokvoter 12

6. Diskusjon 16

7. Konklusjon 18

8. Referenser 19

Sammendrag

En enkel vurdering av miljørisiko av kunstgressystemer er gjennomført. Vurderingen er basert på en undersøkelse av innhold og utlekkingspotensiale av helse og miljøfarlige kjemikalier i materialer brukt på kunstgressbaner utført av Norges Byggforskningsinstitutt. Det er antatt at størst miljørisiko er knyttet til utlekking av kjemikalier ved overflateavrenning i forbindelse med nedbør. I risiko-vurderingen er effekter på organismelivet i vannfasen og i sedimentet i en liten bekk som mottar avrenning fra en kunstgressbane vurdert. Fortynningsgraden i bekken er antatt å være 10 ganger. Vurderingen viser at det er en risiko for miljøeffekter i både vannfasen og sedimentet. Den faktor som bidrar mest til miljørisikoen er sink, men også alkylfenoler, og særlig oktylfenol ventes å overskride grenseverdiene for miljøeffekter. Utvasking av kjemikalier fra materialet ventes å skje langsomt, slik at miljøeffekter kan forekomme over mange år. De totale mengdene av miljøfarlige stoffer som lekker ut fra en kunstgressbane er imidlertid beskjedne, slik at eventuelle miljøeffekter kun vil være lokale.

Summary

Title: Environmental Risk Assessment of Artificial Turf
Year: 2005
Author: Torsten Källqvist
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4821-8

An environmental risk assessment of artificial turf for sportgrounds have been performed, based on an investigation of content and leaking potential of hazardous substances in the materials used. It was found that recycled rubber was the major source of potentially hazardous substances. An exposure scenario where the runoff from a football field is drained to a small creek showed a positive risk of toxic effects on biota in the water phase and in the sediment. The risk was mainly attributed to zinc, but also for octylphenol the predicted environmental concentration exceeded the no environmental effect concentration. The total annual amounts of hazardous substances leaching from a normal sportsground are fairly low which means that any environmental effects are expected to be local only.

1. Bakgrunn

Idrettsbaner av kunstgress får stadig økt utbredelse i Norge. I følge Norges Fotballforbund fantes det ca. 300 kunstgressbaner ved utgangen av 2004 og 100 nye vil bli anlagt i løpet av 2005 (www.fotball.no). På grunn av at det materiale som benyttes i kunstgressystemene inneholder helse-og miljøfarlige kjemikalier er det blitt stilt spørsmål om slike baner kan medføre helsefare for brukere og miljøfare ved spredning av forurensningskomponenter til omgivelsene.

Potensielle helse-og miljøeffekter tilknyttet kunstgressystemer er blitt utredet av Norges Byggforskningsinstitutt, Byggforsk (15). I undersøkelsen ble prøver av syntetiske gressfibre og gummigranulater analysert for innhold av metaller og organiske miljøgifter. Det ble også utført utlekkingstester i vann med fibre og gummigranulater. Resultatene viste at kunstgressfibrene bl.a. innholdt kobber, sink, enkelte ftalater, og alkylfenoler. I utlekkingsvann fra fiber ble sink identifisert som den viktigste forurensningskomponenten.

Undersøkelsene av gummigranulater basert på resirkulert gummi viste betydelige variasjoner i den kjemiske sammensetningen i ulike prøver fra samme produsent, noe som trolig skyldes forskjeller i de råvarer som er benyttet. Flere metaller (bly, kadmium, kobber, kvikksølv, sink) og organiske miljøgifter (polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), ftalater, 4-t-oktylfenol og iso-nonylfenol) ble påvist i gummigranulater og flere av disse komponentene ble også funnet i utlekkingsvann. Gummigranulat av typen EPDM-gummi (etylen propylen dien monomer) hadde et lavere innhold av miljøfarlige komponenter.

I rapporten fra Byggforsk ble konsentrasjonene av miljøfarlige kjemikalier i fiber og gummigranulat sammenliknet med SFTs normverdier for forurenset grunn og tilsvarende grenseverdier for jordbruksjord i Canada. Konsentrasjoner i utlekkingsvann fra gummigranulat ble sammenliknet med grenseverdier i drikkevannsforskriften, SFTs tilstandsklasser for miljøkvalitet i ferskvann, veiledende kvalitetsnormer i Canada samt ”Predicted No Effect Concentrations (PNEC)” fra risikovurderinger utført innenfor EUs program for eksisterende kjemikalier. Resultatene viste at utlekkingsvannet overskred grenseverdier eller normverdier for flere komponenter og man konkluderte at ”En utvidet risikovurdering med analyse av mulige spredningsveier og endringer i utlekkingsegenskaper over tid er nødvendig for å avgjøre i hvilken grad innholdet av sink, antracen, fluoranten, pyren, ftalater og nonylfenoler i utlekkingsvannet virkelig er til skade for mennesker og miljø” (15).

Foreliggende rapport inneholder en enkel vurdering av miljørisiko knyttet til kunstgressystemer, basert på dokumentasjonen i den omtalte rapporten fra Byggforsk.

2. Metodikk

Miljøriskovurderingen er utført i henhold til veiledningsdokumentet ”Technical Guidance Document”, TGD, som benyttes i forbindelse med risikovurdering av nye og eksisterende kjemikalier innen EU (EC 2003).

Metoden baserer seg på beregning av to konsentrasjoner av den enkelte kjemikalie:

- PEC – ”Predicted Environmental Concentration”, dvs. den forventede konsentrasjonen i miljøet, og
- PNEC – “Predicted No Effect Concentration”, dvs. den høyeste konsentrasjonen som ikke fører til skadevirkninger på miljøet

Til slutt beregnes kvoten PEC/PNEC. Risikokvoter PEC/PNEC>1 indikerer at det foreligger risiko for miljøeffekter.

Separate PEC/PNEC beregninger kan gjøres for fem ulike ”compartments”, renseanlegg, overflatevann, sedimenter, terrestrisk miljø og luft.

Risikovurderinger kan utføres for lokale scenarier knyttet til spesifikke forurensningskilder og resipienter eller regionale scenarier som viser den generelle risiko for større regioner.

Når det gjelder miljøeffekter fra kunstgressanlegg ventes spredning via avrenning til overflatevann å medføre størst potensiell risiko. Det er derfor mest aktuelt for å gjøre en risikovurdering som omfatter vann og sedimenter i vassdrag som mottar avrenning fra kunstgressanlegg. Tilførsler til renseanlegg antas ikke å være en aktuell problemstilling, og i den grad det skjer vil fortynningsraden av avrenningsvann fra kunstgressbaner i den totale avløpsstrømmen være så høy at miljørisikoen antas å være ubetydelig. Tilførsler til terrestrisk miljø forutsettes i TGD å skje ved bruk av slam fra kommunale renseanlegg som jordforbedringsmiddel. Dette scenariet er ikke vurdert av samme grunn som nevnt for renseanlegg. En viss spredning til omkringliggende områder ved lufttransport av partikler og med flomvann kan tenkes å forekomme. Det foreligger imidlertid ikke noen informasjon om omfanget av slik spredning slik at realistiske beregninger av risiko kan gjennomføres. Det antas imidlertid at eksponeringskonsentrasjonene og risikoen for miljøeffekter i terrestrisk miljø vil være lavere enn i sedimenter i akvatisk miljø.

Miljørisikovurderingen baserer seg på et lokalt scenario, hvor avrenning fra en kunstgressbane dreneres til en nærliggende bekk. Vannføringen i bekken vil selvsagt ha betydning for de resulterende konsentrasjoner av kjemikalier i resipienten. Her er fortynningen satt til 10 ganger som er anbefalt ”default”-verdi for beregning av PEC_{local} i TGD.

Mengden avrenning er beregnet for en kunstgressbane med areal 7200 m^2 og årsnedbør 800 mm[1]. Dette gir en total avrenning av 5760 m^3 per år. Ved at fortynningen i resipienten er satt til 10 ganger, blir middelvannføringen i resipienten 110 l/min.

Mengden fibergress og gummigranulat er antatt å være 0.8 kg resp. 18 kg per kvadratmeter (Thale et al. 2004), d.v.s. totalt 5760 kg kunstgressfiber og 129 600 kg gummigranulat.

Konsentrasjonen av ulike forurensningskomponenter i avrenningsvann er hentet fra Byggforsks undersøkelse av utlekking fra kunstgressfiber og gummigranulat. Når det foreligger data for flere prøver er den høyeste konsentrasjonen for hver komponent valgt. I Byggforsks undersøkelse ble utlekkingen undersøkt ved å riste 1 kg materiale (fiber eller gummigranulat) i 10 l vann i 24 timer. Deretter ble vannet filtrert og filtratet analysert. Utlekkingsprosedyren er basert på pr EN 12457-4 og NT ENVIR 005. I risikovurderingen er det forutsatt at de konsentrasjoner som ble funnet i filtratet representerer likevektskonsentrasjoner, d.v.s. at de er uavhengige av mengdeforholdet materiale/vann.

3. PEC_{vann}

Forventede konsentrasjoner i overflatevann (PEC_{vann}) er beregnet for de forurensingskomponenter som ble påvist over deteksjonsnivået i analyser av utlekkingsvann av kunstgressfiber og gummigranulat.

[1] Nedbørmengden vil ikke påvirke risikovurderingen siden det forutsettes at fortynningne av avrenningen er konstant 10 ganger. Deimot har den betydning for den totale mengde stoffer som lekker ut. 800 mm/år er noe høyere enn normalen for Blindern, Oslo (763 mm).

Disse komponentene er listet i tabell 1. Maksimale konsentrasjoner som ble funnet i undersøkelsen, og hvilke prøver resultatene stammer fra er også angitt i tabellen.

PEC_{vann} beregnes fra konsentrasjonen i avrenningen, fortynningen i resipienten samt den forventede reduksjonen i vannfasen som følge av adsorbsjon til suspenderte partikler i vann:

$$PEC_{vann} = \frac{C_{avrenning}}{\left(1 + Kp_{susp} \times SUSP_{vann} \times 10^{-6}\right) \times FORTYNNING}.$$

Hvor :

Kp_{susp}	Fordelingskoeffisient (”solid/water”) i suspendert materiale	$[l \cdot kg^{-1}]$	Beregnet fra K_{OC}
$SUSP_{vann}$	Konsentrasjon av suspendert materiale i resipienten	$[mg \cdot l^{-1}]$	= 15*

*15 mg/l er default-verdi for suspendert materiale i TGD. Det er en realistisk verdi for små vassdrag i Norge, men variasjonen kan være stor.

KP_{susp} blir beregnet fra fordelingskoeffisienten organisk karbon/vann (K_{OC}) og innholdet av organisk karbon i det suspenderte materialet som er satt til 10 % (default-verdi i TGD). K_{OC} for de ulike forbindelsene er hentet fra EUs risikovurudringsrapporter eller, dersom slike ikke foreligger, beregnet fra fordelingskoeffisienten oktanol/vann (K_{OW}) med kvantitative struktur/aktivitetsligninger fra TGD (Tabell 5 kapittel 4).

$PEC_{sediment}$ blir beregnet fra PEC_{vann} m.h.a. formelen:

$$PEC_{sediment} = \frac{K_{susp-vann}}{RHO_{susp}} \times PEC_{vann} \times 1000$$

Hvor:

$K_{susp\text{-}vann}$	Volumbasert fordelingskoeffisient suspendert materiale/vann	$[m^3 \cdot m^{-3}]$	Beregnet i EUSES
RHO_{susp}	Tetthet av suspendert materiale	$[kg \cdot m^{-3}]$	= 1150*

* ”default-verdi” i TGD

$K_{susp\text{-}vann}$ er beregnet i EUSES, et modellverktøy som benyttes i TGD.

PEC-verdier for vann og sediment er listet i tabell 2. For de mest upolare ftalatene (log K_{OW} >8) kan $PEC_{sediment}$ ikke beregnes med den modell som er benyttet. Dette er imidlertid ikke noe problem ved risikovurderingen siden den biologiske tilgjengeligheten av disse stoffene ved eksponering via vann og sediment er så lav at PNEC-verdier ikke kan beregnes.

Tabell 1. Konsentrasjoner av kjemikalier i vann bestemt i utlekkingstester av kunstgressfiber og gummigranulater (Fra Plesser & Lund 2004).

Parameter	**Enhet**	**Konsentrasjon**	**Prøve**
Sink (Zn)	mg/l	2.29 + 1.00	Granulat 1 + Fiber 3
Sum PAH(16)	µg/l	0.87	Granulat 1
Naftalen	µg/l	0.15	Granulat 1
Acenaftylen	µg/l	0.27	Granulat 1
Acenaften	µg/l	0.03	
Fluoren	µg/l	0.04	
Fenantren	µg/l	0.17	Granulat 2
Antracen	µg/l	0.03	Granulat 1 og 2
Fluoranten	µg/l	0.06	Granulat 1 og 2
Pyren	µg/l	0.13	Granulat 1
Dimetylftalat (DMP)	µg/l	1.6	Granulat 2
Dietylftalat (DEP)	µg/l	8.3	Granulat 2
Dibutylftalat (DBP)	µg/l	3.3	Granulat 1
Benzylbutylftalat (BBP)	µg/l	0.3	Granulat 2
Dietylheksylftalat (DEHP)	µg/l	5.6	Granulat 2
Di n-oktylftalat (DOP)	µg/l	4.4	Granulat 2
Diisononylftalat (DINP)	µg/l	2.7	Granulat 1
Diisodecylftalat (DIDP)	µg/l	1.0	Granulat 2
4-t-Oktylfenol	ng/l	3600	Granulat 1
4-n-Nonylfenol	ng/l	43	Granulat 1
iso-Nonylfenol	ng/l	1120	Granulat 1

De beregnede PEC-verdiene i vann og sediment fremgår av tabell 2. K_{OC}-verdiene som er benyttet til beregning av $K_{susp\text{-}vann}$ er hentet fra EUs risikovurderinger for naftalen, ”Coal Tar Pitch, high temperature” (acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, fluoranten og pyren), antracen, dibutylftalat, benzylbutylftalat, dietylhexylftalat, oktylfenol og nonylfenol. For øvrige stoffer er K_{OC} beregnet ved en QSAR-modell for ”predominantly hydrophobic chemicals” i henhold til TGD.

Det kan bemerkes K_{OC} for naftalen er beregnet med en annen QSAR-modell enn de øvrige PAHer.

Tabell 2. Beregnede eksponeringskonsentrasjoner for vann (PEC_{vann}) og sediment ($PEC_{sediment}$)

Parameter	**Konsentrasjon i avrenning (µg/l)**	**Log K_{OW}**	**K_{OC}**	**Kp_{susp} (l/kg)**	**PEC_{vann} (µg/l)**	**$K_{susp-vann}$ (m^3/m^3)**	**$PEC_{sediment}$ (µg/kg våtvekt)**
Sink (Zn)	3290	-	-	110000[a]	124	27501[a]	2969000
Sum PAH(16)	0.87						
Naftalen	0.15	3.7	1250	125	0.015	32.2	0.42
Acenaftylen	0.27	3.62	2570	257	0.027	65.2	1.52
Acenaften	0.03	4.0	6166	617	0.003	155	0.40
Fluoren	0.04	4.2	9772	977	0.004	245	0.84
Fenantren	0.17	4.68	18197	1820	0.017	456	6.56
Antracen	0.03	4.54	21380	2138	0.003	151	0.38
Fluoranten	0.06	4.98	58884	5888	0.006	1470	7.05
Pyren	0.13	5.2	97724	9772	0.011	2440	24.06
Dimetylftalat (DMP)	1.6	1.66	28	3	0.160	1.04	0.14
Dietylftalat (DEP)	8.3	2.65	176	18	0.830	5.5	3.97
Dibutylftalat (DBP)	3.3	4.57	6334	633	0.327	159	45.20
Benzylbuty-lftalat (BBP)	0.3	4.84	10481	1048	0.030	315	8.09
Dietylheksyl-ftalat (DEHP)	5.6	7.6	1803018	180302	0.151	54000	7098
Di n-oktylftalat (DOP)	4.4	8.54	10408784	1040878	0.026	*	
Diisononyl-ftalat (DINP)	2.7	8.8	16904409	1690441	0.010	*	
Diisodecyl-ftalat (DIDP)	1	8.8	16904409	1690441	0.004	*	
4-t-Oktylfenol	3.6	4.12	2737	274	0.36	69.4	21.64
4-n-Nonylfenol	0.043	4.48	5355	536	0.00	135	0.50
iso-Nonylfenol	1.12	4.48	5355	536	0.11	135	13.04

a) Verdier hentet fra RA-dokument for Zn (8).
* Verdiene kan ikke beregnes pga. at K_{OW} er utenfor modellens gyldighetsområde.

4. PNEC

PNEC-verdier for overflatevann og sediment er hentet fra EUs risikovurderingsdokumenter for de kjemikalier som har gjennomgått slik vurdering (Se referanser). For ftalatene DMP og DEP er preliminære $PNEC_{vann}$ beregnet fra tilgjengelige toksisitestdata i databasen til European Chemicals Bureau (IUCLID). $PNEC_{sediment}$ er beregnet fra $PNEC_{vann}$ i henhold til TGD m.h.a. følgende ligning:

$$PNEC_{sediment} = \frac{K_{susp-vann}}{RHO_{susp}} \times PNEC_{vann} \times 1000$$

Resultatene er sammenstilt i tabell 3. Det kan bemerkes at forutsetningene for beregning av PNEC-verdiene for sediment har vært forskjellig i de enkelte risikovurderingsdokumentene de er hentet fra. I noen tilfelle er de basert på toksisitetsdata for sedimentlevende organismer og i andre ved likevektsberegning fra $PNEC_{vann}$. I tillegg er det ikke benyttet samme metode for likevektsberegning i alle dokumentene. For to PAHer (naftalen og antracen) foreligger det PNEC-verdier både fra risikovurderinger av enkeltforbindelsene og fra risikovurderingen av ”Coal Tar Pitch, High temperature”. PNECverdiene for vann er ganske like i de to dokumentene, mens det skiller opp til en faktor 10 i $PNEC_{sediment}$. I denne rapporten er PNEC-verdiene for naftalen og antracen hentet fra EUs spesifikke risikovurderingsrapporter for disse stoffene.

5. Risikokvoter

Risikokvoter for vann og sediment er fremstilt i tabell 4. For alle enkeltkjemikaliene med unntak for sink og oktylfenol er PEC/PNEC <0.6 i både vann og sediment. Analysen viser at sink utgjør den største risikoen med risikokvote = 40 i vann og 341 i sediment.

For oktylfenol er risikokvoten beregnet til 2.9 for vann og sediment, som indikerer en risiko for gifteffekter i begge medier.

Dersom man antar at gifteffekter av beslektede kjemikalier er additive kan den samlede risikoen for de tre kategoriene PAH, ftalater og alkylfenoler beregnes ved å summere risikokvotene. Dette kan selvsagt bare gjøres for de komponenter som er analysert over deteksjonsgrensen i utvaskingsvannet og som det er bestemt PNEC-verdier for. For gruppen PAHer hvor risikokvotene for de enkelte stoffene er <1 blir summen av risikokvotene for vann 1.13, som indikerer at den samlete effekten av PAHer kan utgjøre en risiko for organismer i vannfasen.

For gruppen ftalater er summen for risikokvotene <1. For alkylfenoler, hvor oktylfenol alene utgjør en risiko, bidrar nonylfenolene til at risikokvotene for vann og sediment blir 3.3.

Tabell 3. PNEC-verdier for vann og sediment

Parameter	**Log K_{OW}**	**$PNEC_{vann}$ (µg/l)**	**$PNEC_{sediment}$ (µg/kg våtvekt)**	**Kilde (Se referenser)**
Sink (Zn)		3.1[a]	8000[b]	8
Sum PAH(16)				
Naftalen	3.7	2.4	67.2	6
Acenaftylen	3.62	0.64	37[c]	10
Acenaften	4	3.8	608[c]	10
Fluoren	4.2	2.5	973[c]	10
Fenantren	4.68	1.3	1900[c]	10
Antracen	4.45	0.12	11.9	11
Fluoranten	4.45	0.12	365[c]	10
Pyren	5.2	0.023	532[c]	10
Dimetylftalat (DMP)	1.66	960[d]	868[f]	IUCLID
Dietylftalat (DEP)	2.65	900[e]	4304[f]	IUCLID
Dibutylftalat (DBP)	4.57	10	1200	7
Benzylbutylftalat (BBP)	4.84	7.5	1715	9
Dietylheksylftalat (DEHP)	7.6	n.d.	100000	12
Di n-oktylftalat (DOP)	8.54			
Diisononylftalat (DINP)	8.8	Ingen effekt	Ingen effekt	5
Diisodecylftalat (DIDP)	8.8	Ingen effekt	Ingen effekt	4
4-t-Oktylfenol	4.12	0.122	7.4	2
4-n-Nonylfenol	4.48	0.33	39	3
iso-Nonylfenol	4.48	0.33	39	3

[a] $PNEC_{add}$ for vann med lav hardhet, d.v.s. i tillegg til naturlig bakgrunnskonsentrasjon
[b] $PNEC_{add}$, d.v.s. i tillegg til naturlig bakgrunnskonsentrasjon
[c] Beregnet fra $PNEC_{sediment}$ tørrvekt med antagelsen at fast fase utgjør 20 vol % av sedimentet og at tettheten av fast fase er 2.5 g/cm^3 (TGD).
[d] beregnet fra laveste NOEC i IUCLID (Daphnia, 9.6 mg/l) og ”Assessment factor”=10
[e] beregnet fra laveste NOEC i IUCLID (Alge, 9 mg/l) og ”Assessment factor” = 10
[f] beregnet fra $PNEC_{vann}$

Tabell 4. Risikokvoter (PEC/PNEC) for vann og sediment.

Parameter	**PEC/PNEC$_{vann}$**	**PEC/PNEC$_{sediment}$**
Sink (Zn)	40	371
Sum PAH(16)		
Naftalen	0.006	0.006
Acenaftylen	0.042	0.041
Acenaften	0.001	0.001
Fluoren	0.002	0.001
Fenantren	0.013	0.003
Antracen	0.024	0.032
Fluoranten	0.551	0.019
Pyren	0.493	0.045
Sum PAH	**1.132**	**0.149**
Dimetylftalat (DMP)	0.0002	0.0002
Dietylftalat (DEP)	0.001	0.001
Dibutylftalat (DBP)	0.033	0.038
Benzylbutylftalat (BBP)	0.004	0.004
Dietylheksylftalat (DEHP)	0.000	0.071
Di n-oktylftalat (DOP)		
Diisononylftalat (DINP)	0.0000	0.0000
Diisodecylftalat (DIDP)	0.0000	0.0000
Sum Ftalater	**0.038**	**0.114**
4-t-Oktylfenol	2.939	2.924
4-n-Nonylfenol	0.013	0.013
iso-Nonylfenol	0.337	0.334
Sum alkylfenoler	**3.288**	**3.271**

6. Utslippsmengder

De totale mengdene av ulike stoffer som blir vasket ut fra en kunstgressbane på 7200 m^2 i løpet av et år er beregnet fra konsentrasjonene i utlekkingsvann og mengden vann som tilføres ved nedbør (800 mm/år = 5760 m^3). Resultatet ev beregningen er fremstilt i tabell 5. Bortsett fra sink, som det lekker ut ca. 19 kg av i løpet av et år er de totale mengdene av ulike analyserte stoffer lave.

Tabell 5. Beregnet total mengde av ulike stoffer som lekker ut fra et kunstgressanlegg med areal 7200 m^2 i løpet av et år med 800 mm nedbør.

Parameter	**Utlekkingsvann (µg/l)**	**Utlekking/år (g)**
Sink (Zn)	3290	18950*
Sum PAH(16)	0.87	5.01
Naftalen	0.15	0.86
Acenaftylen	0.27	1.56
Acenaften	0.03	0.17
Fluoren	0.04	0.23
Fenantren	0.17	0.98
Antracen	0.03	0.17
Fluoranten	0.06	0.35
Pyren	0.13	0.75
Dimetylftalat (DMP)	1.6	9.22
Dietylftalat (DEP)	8.3	47.81
Dibutylftalat (DBP)	3.3	19.01
Benzylbutylftalat (BBP)	0.3	1.73
Dietylheksylftalat (DEHP)	5.6	32.26
Di n-oktylftalat (DOP)	4.4	25.34
Diisononylftalat (DINP)	2.7	15.55
Diisodecylftalat (DIDP)	1.0	5.76
4-t-Oktylfenol	3.60	20.74
4-n-Nonylfenol	0.043	0.25
iso-Nonylfenol	1.12	6.45

* Av dette kommer 14091 g fra gummigranulat og 4859 g fra gressfiber.

7. Diskusjon

De mest problematiske forurensningskomponentene fra kunstgressanlegg stammer fra gummigranulater basert på returgummi. Gummimaterialet som benyttes er fra bildekk. Det har lenge vært fokus på innhold av miljøfarlige stoffer i bildekk og spredning av slike stoffer ved slitasje av og lekkasje fra dekk. I en nylig gjennomført undersøkelse er akutt toksisitet på vannlopper (*Daphnia magna*) påvist i vannprøver som er tilsatt 0.5 g/l av finfordelt bildekk-gummi (17). Upolare organiske forbindelser ble identifisert som den viktigste årsaken til gifteffektene. En annen undersøkelse har påvist sink som årsak til gifteffekter av bildekk (13). Det er imidlertid stor variasjon i innhold av toksiske komponenter mellom ulike typer av bildekk. Det er derfor ikke mulig å overføre disse resultatene direkte til det materiale som benyttes som gummigranulat i kunstgressbaner, men resultatene viser at bildekk har et potensiale for utlekking av toksiske forbindelser.

Risikovurderingen viser at sink er den komponent som utgjør størst risiko for miljøeffekter. De beregnede eksponeringskonsentrasjonene av sink i vann og sediment er langt høyere enn de preliminære grenseverdier for miljøeffekter (PNEC) som er foreslått i EUs risikovurdering av sink (8). For sediment er overskridelsen størst (PEC/PNEC = 370). Det har vært en del diskusjon om hvorvidt $PNEC_{sediment}$ som er foreslått i det seneste utkastet av risikovurderingsdokument for sink er for lav og det er mulig at verdien vil bli justert. En alternativ beregningsmetode, hvor $PNEC_{sediment}$ beregnes fra $PNEC_{vann}$ (normal hardhet) ved likevektsfordeling gir en $PNEC_{sediment}$ = 187 mg/kg som er en faktor 23 høyere enn den som er brukt i denne risikovurderingen. Med denne høyere PNEC-verdien vil risikokvoten for sediment bli 16, som altså fortsatt innebærer en klar risiko for miljøeffekter.

Toksisiteten av sink i vann er avhengig av vannets hardhet. I denne risikovurderingen er det benyttet en $PNEC_{vann}$ = 3.1 µg/l over bakgrunnskonsentrasjonen, som gjelder for vann med lav hardhet (<24 mg $CaCO_3$/l). Dette er mest relevant for Norge, hvor overflatevannets hardhet som regel er lavere enn 24 mg $CaCO_3$/l. Selv ved bruk av PNEC for vann med hardhet over 24 mg/l ($PNEC_{vann}$ = 7.8 µg/l over bakgrunnskonsentrasjonen) overskrider den beregnede konsentrasjonen i vann (PEC =124 µg/l) klart grenseverdien. Beregningene av miljørisiko av sink er foretatt uten å ta hensyn til naturlig bakgrunnskonsentrasjon av sink. Denne vil imidlertid være så lav at den får marginell innvirkning på risikokvotene. Medianverdien for sink i innsjøer i Norge er beregnet til 1.1 µg/l (16).

Utlekkingen av sink fra kunstgressanlegg vil i følge resultatene fra Byggforsks undersøkelse komme fra både gressfiber (30 %) og gummigranulat (70 %). Sink er tidligere påvist som årsak til toksiske effekter i utlekking fra bildekk, som er kildematerialet for gummigranulatet (13).

Oktylfenol kommer ut som den organiske komponent som gir størst risiko (PEC/PNEC = 2.9). Gummigranulatet som ble benyttet i utlekkingsforsøket hadde et innhold av 33.7 mg/kg som ga en konsentrasjon av 3.6 µg/l i utlekkingsvannet. Innholdet av oktylfenol i bildekk kan være betydelig høyere. I en rapport fra OSPAR (14) er den angitt som 0.3 %, d.v.s. 3000 mg/kg. Dersom så høy konsentrasjon kan forekomme i gummigranulat til kunstgressbaner kan det tenkes at utlekkingen og miljørisikoen blir høyere enn beregnet i foreliggende rapport. Det råder også en viss usikkerhet om hvorvidt de foreslåtte PNEC-verdiene for oktylfenol er tilstrekkelig konservative for å beskytte mot hormonfortyrrende effekter. Det er imidlertid ikke påvist hormonforstyrrende effekter av oktylfenol ved konsentrasjoner lavere enn $PNEC_{vann}$ (0.122 µg/l) (2).

I utlekkingsforsøket som ble gjort av Byggforsk ble det benyttet 100 g gummigranulat/l. Det ble ikke gjennomført toksisitestester på vannprøvene, men i lys av tidligere undersøkelser av bildekk er det sannsynlig at utlekkingsvannet kan ha hatt akutt toksiske effekter – selv etter en 10 gangers fortynning som er forutsetningen i det utslippscenaro som er benyttet i denne rapporten. Utfallet av

risikovurderingen er derfor ikke overraskende. Det er imidlertid mulig at også andre komponenter enn de som er analysert i gummigranulatet og i utlekkingsvannet kan bidra til toksiske effekter.

I risikovurderingen er det antatt at innholdet av ulike komponenter i filtrerte vannprøver fra utvaskingsforsøk er representative for avrenningsvann fra et kunstgressanlegg. Dette forutsetter at man kan anta at det oppstår en likevekt mellom konsentrasjonene i vannfasen og i den faste fasen (gummigranulat) som er uavhengig av mengdeforholdet mellom granulat og vann. Ved en nedbørepisode med for eksempel 10 mm nedbør vil totalt 72 m^3 regnvann komme i kontakt med 144 tonn gummigranulat og forholdet granulat/vann blir en faktor 18 høyere enn i utlekkingsforsøket. Det er imidlertid rimelig å anta at dette ikke medfører en tilsvarende økning i konsentrasjonene av de ulike forurensningskomponentene i avrenningen.

I undersøkelsen til Byggforsk er mobiliseringsgraden, dvs. andelen av forurensningskomponentene som lekker lekker ut i vannfasen når blandningsforholdet vann/granulat er 10 l/kg beregnet. Det ser ut til at de rapporterte mobiliseringsverdiene gjennomgående er en faktor 10 for lave. Ganulatprøve nr. 1 innholdt 7500 mg Zn/kg. I utlekkingsforsøket var altså totalmengden sink 750 mg/l. Av dette ble 2.29 mg/l gjenfunnet i vannfasen. Det gir en mobilisering av 0.31 %. For 4-t-oktylfenol ble 0.11 % av inneholdet i granulatet mobilisert til vannfasen.

Årsnederbørden 800 mm over en 7200 m^2 bane med 18 kg gummigranulat/m^2 gir et forhold vann/granulat = 44 l/kg. Dersom likevektskonsentrasjonene i vann antas å være konstante betyr det at mindre enn 1.4 % av sinkinnholdet og 0.5 % av oktylfenolen i granulatet er vasket ut etter ett år. Dette tyder på at utlekkingen av sink og organiske kjemikalier vil kunne foregå over lang tid. Som nevnt i Byggforsks rapport bør emidlertid eventuelle endringer i utlekkingsegenskaper over tid undersøkes.

Det understrekes at risikovurderingen er basert på analyser av et begrenset antall prøver av fibergress og gummigranulat. Det er kjent at utlekkingen av toksiske komponenter varierer mellom ulike typer av bildekk og representativiteten av de foreliggende data er derfor usikker. Selv om de høyeste konsentrasjonene av kjemikalier som ble funnet i analyser av utlekkingsvann ble benyttet som grunnlag for risikovurderingen kan det ikke utelukkes at enda høyere konsentrasjoner kan forekomme i andre granulatpartier. I tillegg er det mulig at andre komponenter enn de som er bestemt ved analyse, og som er kjente ingredienser i bildekk vil bidra til risikoen for miljøeffekter i resipienter som mottar avrenning fra kunstgressanlegg.

Den risikovurderingen som er gjennomført bygger på et forenklet scenario, hvor det forutsettes at likevekt råder mellom konsentrasjoner av kjemikalier i kunstgressmateriale og vann som har vært i kontakt med dette materiale. Videre forutsettes at avrenningen skjer direkte til et vassdrag og ikke gjennom infiltrasjon i grunnen, som kan tenkes å holde tilbake en del av forurensningskomponentene ved adsorpsjon.

En annen faktor som ikke er inkludert i den foreliggende risikovurderingen er betydningen av spredning av forurensningskomponenter med fine partikler fra kunstgressmaterialet som kan transporteres med dreneringsvannet. Betydningen av partikkelfraksjonen er ikke kjent. I Byggforsks undersøkelse ble prøvene filtrert før analyse, og innholdet av kjemikalier i partikkelfraksjonen ble ikke kvantifisert. Innholdet av suspendert materiale i utvaskingsvannet fra gummigranulat var 1.3-2.9 mg/l. Dersom det suspenderte materialet hadde samme sammensetning som granulatet, var konsentrasjonen av sink knyttet til suspendert materiale 22 µg/l, mens den løste fraksjonen i utvaskingsvannet var 2290 µg/l. Dette tyder på at spredningen til vann av kjemikalier bundet til finpartikler har liten betydning for anlegg med returgummigranulat. Man kan imidlertid ikke se bort fra at det dannes en finfraksjon av gummigranulatet ved erosjon som følge av aktiviteten på kunstgressbaner slik at utvasking av partikler får større betydning etter hvert som materialet utsettes for slitasje.

Med det scenario som er benyttet for risikovurderingen, hvor det forutsettes at avrenningen fra en kunstgressbane renner ut i en liten bekk hvor fortynningsgraden til en hver tid er 10 ganger viser beregningene en risiko for miljøeffekter i vann og sediment nedstrøms den strekningen hvor avrenningen tilføres bekken. Utbredelsen av det område hvor miljøeffekter kan forventes vil avhenge av de hydrologiske forholdene i bekken nedstrøms kunstgressbanen. Som regel vil vannføringen øke nedover i et vassdrag som følge av avrenning fra et større areal, og konsentrasjonene av de stoffer som forventes gi miljøeffekter vil avta ved fortynning, slik at risikokvotene reduseres. For nedbrytbare organiske stoffer vil i tillegg konsentrasjonene reduseres ved nedbrytning. De relativt små mengdene som lekker ut med avrenningen i løpet av et år (tabell 5) viser at kunstgressbaner ikke er en betydelig forurensningskilde og at miljøffekter kun kan forventes lokalt, som belyst i det benyttede scenariet for risikovurderingen. Omfanget av effekter fra det enkelte kunstgressanlegg vil avhenge av lokale forhold.

For å få et bedre grunnlag for å vurdere miljøeffekter av kunstgressanlegg bør det gjennomføres målinger på dreneringsvann fra eksisterende anlegg. Undersøkelsen bør inkludere toksisitetstester for å avdekke eventuelle effekter av kjemikalier som ikke har inngått i analyseprogrammet i de begrensede undersøkelser som er gjennomført.

8. Konklusjon

Risikovurderingen viser at innholdet av sink medfører en betydelig lokal risiko for miljøeffekter i overflatevann som mottar avrenning fra kunstgressbaner. I tillegg ventes konsentrasjonene av alkylfenoler og spesielt oktylfenol å ovesrkride grenseverdiene for miljøeffekter ved det scenarium som er benyttet (10 gangers fortynning av avrenningen i en resipient). Utlekkingen av kjemikalier fra materialene i kunstgressystemet ventes å avta langsomt, slik at miljøeffekter kan forekomme over mange år. De totale mengdene av forurensningskomponenter som lekker ut til vann fra en normal kunstgressbane er imidlertid relativt små, slik at kun lokale miljøeffekter vil kunne forventes.

9. Referenser

1. EC 2003. Technical Guidance Document on Risk Assessment in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment of New Notified Substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment of Existing Substances and Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market.
2. Environmental Agency UK 2005: Environmental Risk Assessment Report: 4-tert-octylphenol.
3. European Chemicals Bureau 2002: European Union Risk Assessment Report: 4-nonylphenol (branched) and nonylphenol.
4. European Chemicals Bureau 2003: European Union Risk Assessment Report: 1,2-benzenedicarboxylic acid, di-C9-11-branched alkyl esters, C-10-rich and di-“isodecyl” phtalate (DIDP)
5. European Chemicals Bureau 2003: European Union Risk Assessment Report: 1,2-benzenedicarboxylic acid, di-C8-10-branched alkyl esters, C9-rich and di-“isononyl” phtalate (DINP)
6. European Chemicals Bureau 2003: European Union Risk Assessment Report: Naphtalene
7. European Chemicals Bureau 2004: European Union Risk Assessment Report: Dibutyl phtalate.
8. European Chemicals Bureau 2004: European Union Assessment Report: Zinc metal (Draft)
9. European Chemicals Bureau 2005: European Union Risk Assessment Report: Benzyl butyl phtalate (Draft).
10. European Chemicals Bureau 2005: European Union Risk Assessment Report: Coal-Tar Pitch, High temperature. (Draft)
11. European Chemicals Bureau 2005: European Union Risk Assessment Report: Anthracene. (Draft)
12. European Chemicals Bureau 2005: European Union Risk Assessment Report: Diethyl hexyl phtalate. (Draft)
13. Nelson, S.M., Mueller, G., Hemphill, D.C. 1994: Identification of tire leachate toxicants and a risk assessment of water quality effects using tire reefs and canals. Bull. Environment. Contam. Toxicol. 52: 574-581.
14. OSPAR 2003: Background document on noctylphenol.
15. Plesser, T.S.W. og Lund, O.J. 2004: Potensielle helse-og miljøeffekter tilknyttet kunstgressystemer – sluttrapport. Byggforsk rapport O-10820. 15 s.
16. Skjelkvåle, B.L., Mannio, J., Wilander, A. Johansson, K., Jensen, J.P., Moiseenko, T., Fjeld, E., Andresen, T. Vuorenmaa, J. and Røyseth, O. 1999: Heavy metal surveys in Nordic lakes; harmonised data for regional assessment of critical limits.
17. Wik, AS. And Dave G. (in press) Acute toxicity of tire wear material to *Daphnia magna* – variability and toxic components. Chemosphere.