
Resumé: Pilottest af metoder til undersøgelse af udvaskning af miljøfremmede stoffer fra kunstgræsbaner i en kombineret laboratorie- og feltundersøgelse

Bente Møller Marcussen, lektor
Afdelingen for laboratorie-, miljø-, fødevare- og procesteknologi
Erhvervsakademi Aarhus



Resumé: Pilottest af metoder til undersøgelse af udvaskning af miljøfremmede stoffer fra kunstgræsbaner i en kombineret laboratorie- og feltundersøgelse

Baggrund

Det er i de senere år blevet populært for idrætsforeninger at etablere kunstgræsbaner til boldspil. Afløb fra banerne sker typisk via opsamling og lokal udledning til vandløb/bassin eller rensningsanlæg, eller eventuelt nedsivning. De kunstgræsbaner, der etableres i dag, er typisk 3. generations baner med græs fibre fæstnet til en måtte perforeret med drænhuller (DHI, 2013). Som infill anvendes ofte granuleret materiale fra brugte bildæk, som betegnes sort SBR (Styren-Butadien-Rubber). Med grundlag i rapporten fra DHI 2013 "Miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvand fra kunstbaner" er der en forventning om, at udvaskning af miljøfarlige stoffer fra kunstgræsbaner er stærkt varierende. Rapporten foreslår bl.a., at der udvikles standardmetoder til test af udvaskning fra materialer fra kunstgræsbaner, således at der kan foreligge et sammenligningsgrundlag for de anvendte materialer

Formålet med dette projekt var at teste, om der kan tages repræsentative prøver af drænvand fra to kunstgræsbaner samt at udvikle og teste udvaskningsmetoder af banematerialer i laboratoriet.

Metoder

To kunstgræsbaner i Aarhus blev undersøgt, begge etableret i efteråret 2015. Banerne havde begge kunstgræstæppe med infill af ovntørret kvartssand og sort SBR. Den ene bane var etableret med membran under kunstgræstæppet til opsamling og afledning af drænvand til rensningsanlæg (Gellerup). Den anden bane var etableret med 37 cm drænlag under kunstgræstæppet og afledte drænvand til vandløb via regnvandsbassin (BMI).

Der blev planlagt 3 gange tidsproportional prøvetagning for at få repræsentative prøver af drænvandet fra banerne. I Byer i Vandbalances notat 5 (Bergen, et al., 2015) kan ses eksempel på et mere omfattende prøvetagningsprogram, der dog lå udenfor dette projekts ressourcer.

I laboratoriet blev der foretaget modificerede kolonnetests til undersøgelse af udvaskning af miljøfremmede stoffer fra materialer. Materialet i kolonnerne blev sammensat, så de relative størrelsesforhold mellem materialer svarede til forholdene på banerne. Der blev således opsat 3 kolonner med membran under kunstgræs med infill af kvartssand og sort SBR og 3 kolonner med kunstgræs med infill af kvartssand og sort SBR, og herunder 37 cm drænlag. Sort SBR blev indsamlet på opbevaringspladser ved to baner. Det var således ubrugt, men havde været udsat for opbevaring og eventuel forvitring fra vind og vejr. Højden af kolonnerne var 1:1 i forhold til profilen på banerne. Der blev desuden opsat 3 blinde kolonner uden materiale, men med eluent.

Kolonnetesten var modificeret i forhold til standarder og tidligere forsøg med udvaskningstest af kunstgræsmaterialer (Kalbe, et al., 2013); (Krüger, 2012) og udvaskningstest fra uorganiske, granulære materialer (Nordtest, 1995). I kolonner med banemateriale og drænlag af sand og grus er der tale om en kombination af organiske og uorganiske materialer. De væsentligste ændringer var større kolonner (10 cm i diameter). Desuden blev kolonnerne bygget retvendt med græslandet øverst, så eluenten blev tilsat fra toppen af kolonnen. Dette var for at efterligne nedbør, hvilket betyder, at materialet ikke blev mættet som ved flow nedefra og op. Når eluenten tilledes fra toppen kan det lede til kanaldannelse i søjlerne med drænlag, men dette forventes ikke ved lavt flow (0,8 ml/min). Som test for kanaldannelse blev der opstillet en kolonne med drænlag, som blev elueret med farvestoffet brilliant blue. Eluenten, der blev brugt i testkolonner og blindkolonner, var kunstigt fremstillet regnvand med samme ionstyrke som regnvand, lav bufferkoncentration og pH blev indstillet til 6,5 ved fremstilling.

Der blev desuden udført batchtest, hvor banematerialerne (kunstgræs, SBR og membran) samlet blev rystet i kolber i 24 timer ved 21 °C med kunstigt regnvand. På grund af ustabilitet i rysteinkubatorens termostat, lykkedes det ikke at gennemføre batchtest i tripliket, og kun enkelte kolber blev inkuberet efter planlagte metode.

Med baggrund i DHIs rapport og tilgængeligt analyseudstyr blev der udvalgt følgende stoffer til analyse: opløst metal: Zn og Cu ved brug af ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry). Det lykkedes ikke at analysere bly. Der blev målt pH og ledningsevne. Prøver taget af drænvand fra banerne blev desuden analyseret for octylphenol, nonylphenoler og PAH (16), på GC-MS på eksternt laboratorie, mens der blev taget stikprøver ud fra kolonneforsøg til analyse for ftalater (plastblødgørere).

Vi ville gerne have testet, hvilken effekt de saltningsprodukter, der bliver brugt på banerne, har på udvaskning af miljøfremmede stoffer. Derfor blev der udført batchtest og kolonnetest med tilsat vejsalt til eluenten svarende til "worst case" (DHI, 2013). Her med et beregnet kloridindhold på 19,6 g/L. Det viste sig dog, at vi ikke kunne analysere prøver med så høj saltkoncentration på ICP-OES.

Resultater

Ved egne analyser var vi generelt udfordrede af at analysere i et lavt koncentrationsområde. Opløst Cu og ftalatanalyser have generelt kvantifikationsgrænser (LOQ) over miljøkvalitetskravene (MKK) for indlandsvand (Miljø- og fødevarerministeriet, 2016), hvilket betyder, at lave koncentrationer over MKK, ikke ville blive fundet.

Der var ikke mulighed for at udtage tidsproportionale prøver på banerne på grund af udformning af prøvetagningsbrønd og lavt flow i brøndene på prøvetagningstidspunktet. I stedet blev der taget stikprøver fra løbende stråle ud til blandingsprøver én gang på hver bane. Stikprøver er udtryk for en øjeblikssituation, og derfor ikke repræsentative, da parametre som nedbørshistorik, banens alder, forvitring af materialer, genopfyldning med infill m.m. formodentlig har indflydelse på koncentrationerne af stoffer i drænvandet over tid.

Analyser af Cu og Zn i prøver fra banerne gav usikre resultater.

Stikprøver taget i forbindelse med projektet er ikke taget af akkrediteret personale og kan derfor ikke anvendes administrativt.

I stikprøve fra oktober 2016 taget af drænvand fra BMI banen (bilag 1) påvises ikke PAH (16), mens der i en prøve taget i anden forbindelse i januar 2016 findes PAH sum(16). Da der er tale om stikprøver vides ikke, om det skyldes den variation der forventes at være forbundet med stikprøvetagning, eller om der er tale om en tidsmæssig udvikling. Der påvises ikke octylphenol men der påvises nonylphenoler (bilag1)

I en stikprøve fra Gellerupbanen taget november 2016 (bilag 2 side 2) påvises hverken PAH(16) eller octylphenol, mens der påvises nonylphenoler. (Bemærk at bilag 2 side 1 er analyse af blindprøve af milliqvand).

I kolonnetest blev der ikke iagttaget kanaldannelse med farvetest ved det anvendte flow, men på grund af dele af materialets grovkornede karakter (stabilgrus) var der luftlommer i dele af kolonnen.

Det viste sig, at der var en betragtelig forurening af prøverne udtaget fra kolonnerne, idet der i de blinde kolonner (kolonner uden materialer med henstand af kunstigt regnvand i 2*48 timer) blev målt højere koncentrationer af Zn og detekteret Cu i forhold til prøvekolonner med baneprofiler. I den ene blindkolonne blev der desuden detekteret ftalater. Det er derfor ikke muligt i dette projekt at dokumentere udvaskning fra de udførte kolonneforsøg.

pH målt i kunstigt regnvand efter henstand var 7,4, hvilket tyder på at det ikke lykkedes at fastholde pH på 6,5 i det kunstigt fremstillede regnvand. I både blindsøjler og søjler med materialer steg pH op til 8,4 og 8,3 hhv. efter eluering.

I batchtest med samlet udvaskning fra græs, SBR og membran, er der kun resultater fra enkelte rystekolber. Disse indikerede, som tidligere undersøgelser (Krüger, 2012), betydeligt højere koncentrationer af Zn end i kolonnetests. Der blev desuden fundet Cu i enkelte rystekolber. Da SBR var indsamlet fra udendørs opbevaring, er der tale om ikke repræsentative prøver, da opbevaring og forvitring kan have indflydelse på udvaskningen.

Konklusioner og anbefalinger

Ved prøvetagning af drænvand fra kunstgræsbaner lykkedes det kun at tage stikprøver. Disse vil kun give et øjebliksbillede af udvaskningen fra banen. Det forventes at koncentrationen af udvaskede stoffer vil variere over tid i forhold til banens alder og nedbørshistorik – er der tale om "first flush" (nedbør efter længere tids tørvej) forventes højere koncentrationer end ved prøver taget efter længere regnperioder. Desuden bør der tages højde for, at der genopfyldes SBR i løbet af banens levetid. Derfor ville det være interessant hvis repræsentativ prøvetagning af drænvand fra baner kunne gennemføres gennem hele deres levetid på ca. 10 år.

Da indledende undersøgelser tyder på, at det kun er en mindre andel af den nedbør, der rammer banen, der opsamles i drænene (Fleming, et al., 2016) (Magnusson, 2017), vil det være fornuftigt at kigge på andre muligheder for indsamling af drænvand f.eks. FloPod (Fleming, et al., 2016).

En simplere løsning ville være at lave separat dræning på en repræsentativ del af banen og indsamle hele prøvemængden fra delområdet. (Magnusson, 2017). Dette er sammenligneligt med klassiske lysimetertests, men med den forskel, at der er naturligt slid på materialerne fra fodboldspillerne. Prøvetagningen i Luleå er foregået over et år, og fortsætter endnu et år. Hvis test af drænvand fra baner, skal repræsentere hele banens levetid, ville det dog være nødvendigt at tage prøver over 10-12 år for at kunne vurdere, om forceret udvaskning i kolonner kan efterligne udvaskningen direkte fra banerne.

De afprøvede kolonnetest kunne ikke dokumenteres på grund af forurening af blindprøver. Kolonnetest har tidligere vist reproducerbare resultater og mulighed for at følge udvaskning over tid (Kalbe, et al., 2013). Det foreslås, at kolonner aflukkes i toppen, så der ikke kan ske kontaminering fra omgivelserne. Det kan overvejes at væde SBR med eluent (og opsamle og bruge dette i kolonnen) for at mindske støvafgivelsen i forbindelse med pakning af søjler.

Det er muligt at eluere væske gennem kolonner i mængder der svarer til flere års nedbør, men effekten af forvitring med UV, ozon, skiftende temperatur og fugtighed og slid ved brug ikke medtaget. Laboratorietest (Kalbe, et al., 2013) har vist, at forvitring af SBR af sol, vind, temperaturændringer kan have indflydelse frigivelse af stoffer over tid.

Valg af eluent til udvaskningstest har indflydelse på ionstyrke og pH værdi. Det skal afvejes om man ønsker at fastholde pH ved at tilsætte buffer, og dermed ikke få indblik i materialets eventuelle påvirkning af pH, eller om man vil lade materialet påvirke pH værdien. I dette projekt blev der tilsat lav koncentration af buffer, og det lykkedes dermed ikke at stabilisere pH i brugsopløsningen.

Ved test af materialer, er det vigtigt at tage stilling til, om der skal testes nye materialer, der ikke har været udsat for forvitring. Opsamling fra baner, eller ved udendørs oplagspladser ved baner som i dette projekt gør, at forvitring og opbevaring af materialet kan gøre det vanskeligt at sammenligne i udvaskningstests.

Ved test af saltnings indflydelse på udvaskning, er det vigtigt at være opmærksom på saltkoncentration i forhold til analysemetode.

Referencer

- Bergen, M. et al., 2015. *Vurdering af regnafstrømningens kvalitet før og efter rensning*, s.l.: Byer i Vandbalance.
- DHI , 2013. *Miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvand fra kunstgræsbaner*, Hørsholm: DHI.
- Fleming, P. R., Frost, M. W. & Simpson, M. R., 2016. *Drainage behaviour og sport pitches - findings from a research study*, Loughborough: Loughborough University.
- Kalbe, U. et al., 2013. Development of leaching procedures for synthetic turf systems containing scrap tyre granules. *Waste biomass valor* , 25. 5., pp. 4: 745-757.
- Krüger, O., 2012. Comparison of batch and column tests for the elution of artificial turf system components. *Environmental science and technology*, 14 november, pp. 13085-13092.
- Magnusson, S., 2017. *Bedömning av omgivningspåverkan från olika fyllmaterial i konstgräsplaner. Fallstudie av dräneringsvatten*, Luleå: Luleå tekniska universitet.
- Miljø- og fødevareministeriet, 2016. *Bekendtgørelse nr. 429 for fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand*. s.l.:s.n.
- Nordtest, 1995. *Solid waste, granular, inorganic material: Cloumn test (NT ENVIR 002)*, s.l.: Nordtest.
- Nordtest, 1998. *Solid waste, granular inorganic material: Compliance batch leaching test (NT ENVIR 005)*, s.l.: Nordtest.

Aarhus, 14. august 2017

- Vedlagt bilag 1-2: analyserapporter

Erhvervsakademi Århus
Sønderhøj 30
8260 Viby J
Att.: Bente Møller Marcussen
Rapportnr.: AR-16-CA-00476201-01
Batchnr.: EUDKVE-00476201
Kundenr.: CA0013214
Modt. dato: 11.10.2016

Analyserapport

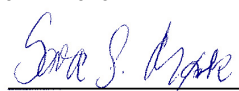
Prøvetype: Andet urent vand
Prøvetager: Rekvirenten
Prøveudtagning: 11.10.2016 kl. 12:00 til 11.10.2016 kl. 13:26
Analyseperiode: 11.10.2016 - 01.11.2016

Prøvemærke: BMI blandingsprøve
11-10-16

Lab prøvenr:	80393666	Enhed	DL.	Metode	Um (%)
PAH-forbindelser					
Naphthalen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Acenaphthylen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Acenaphthen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Fluoren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Phenanthren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Anthracen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Fluoranthen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Pyren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(a)anthracen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Chrysen/ Triphenylen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(b+j+k)fluoranthen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(a)pyren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(g,h,i)perylen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Sum PAH (16 EPA)	#	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Alkylphenoler og -ethoxylater					
Octylphenol	< 0.1	µg/l	0.1	* M 0250 GC-MS	30
Nonylphenoler	0.11	µg/l	0.05	M 0250 GC-MS	30

01.11.2016

Kundecenter
Tlf: 70224231
G10@eurofins.dk


Sara Skovsende Mørk
Kunderådgiver

Tegnforklaring:

<: mindre end
>: større end
#: ingen parametre er påvist
DL.: Detektionsgrænse
*): Ikke omfattet af akkrediteringen
i.p.: ikke påvist
i.m.: ikke målelig

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Erhvervsakademi Århus
 Sønderhøj 30
 8260 Viby J
 Att.: Bente Møller Marcussen

Rapportnr.: AR-16-CA-00486048-01
 Batchnr.: EUDKVE-00486048
 Kundenr.: CA0013214
 Modt. dato: 09.11.2016

Analyserapport

Prøvetype: Andet urent vand
Prøvetager: Rekvirenten BMMA
Prøveudtagning: 08.11.2016 kl. 13:45 til 08.11.2016 kl. 15:23
Analyseperiode: 09.11.2016 - 22.11.2016

Prøvemærke: Miliq Gel blind

Lab prøvenr:	48604801	Enhed	DL.	Metode	Um (%)
PAH-forbindelser					
Naphthalen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Acenaphthylen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Acenaphthen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Fluoren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Phenanthren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Anthracen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Fluoranthren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Pyren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(a)anthracen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Chrysen/ Triphenylen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(b+j+k)fluoranthren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(a)pyren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(g,h,i)perylen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Sum PAH (16 EPA)	#	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Alkylphenoler og -ethoxylater					
Octylphenol	< 0.1	µg/l	0.1	* M 0250 GC-MS	30
Nonylphenoler	< 0.05	µg/l	0.05	M 0250 GC-MS	30

Tegnforklaring:

<: mindre end
 >: større end
 #: ingen parametre er påvist
 DL.: Detektionsgrænse
 *): Ikke omfattet af akkrediteringen
 i.p.: ikke påvist
 i.m.: ikke målelig

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Erhvervsakademi Århus
Sønderhøj 30
8260 Viby J
Att.: Bente Møller Marcussen
Rapportnr.: AR-16-CA-00486048-01
Batchnr.: EUDKVE-00486048
Kundenr.: CA0013214
Modt. dato: 09.11.2016

Analyserapport

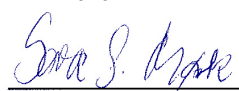
Prøvetype: Andet urent vand
Prøvetager: Rekvirenten BMMA
Prøveudtagning: 08.11.2016 kl. 13:45 til 08.11.2016 kl. 15:23
Analyseperiode: 09.11.2016 - 22.11.2016

Prøvemærke: Gel 8/11 bland

Lab prøvenr:	48604802	Enhed	DL.	Metode	Um (%)
PAH-forbindelser					
Naphthalen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Acenaphthylen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Acenaphthen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Fluoren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Phenanthren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Anthracen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Fluoranthren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Pyren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(a)anthracen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Chrysen/ Triphenylen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(b+j+k)fluoranthren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(a)pyren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Benzo(g,h,i)perylen	< 0.01	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Sum PAH (16 EPA)	#	µg/l	0.01	M 0250 GC-MS	24
Alkylphenoler og -ethoxylater					
Octylphenol	< 0.1	µg/l	0.1	* M 0250 GC-MS	30
Nonylphenoler	0.26	µg/l	0.05	M 0250 GC-MS	30

22.11.2016

 Kundecenter
 Tlf: 70224231
 G10@eurofins.dk


 Sara Skovsende Mørk
 Kunderådgiver

Tegnforklaring:

 <: mindre end
 >: større end
 #: ingen parametre er påvist
 DL.: Detektionsgrænse
 *): Ikke omfattet af akkrediteringen
 i.p.: ikke påvist
 i.m.: ikke målelig

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.