

Systemanalys av konstgräsplaner

Miljö- och kostnadsaspekter



Simon Magnusson

Systemanalys konstgräsplan – miljö- och kostnadsaspekter

Datum: 2015-11-11

Författare: Simon Magnusson

Tryck: Luleå tekniska universitet, Grafisk produktion 2015

ISSN 1402-1536

ISBN 978-91-7583-501-3 (tryckt)

ISBN 978-91-7583-502-0 (pdf)

Luleå 2015

www.ltu.se

FÖRORD

Min forskning handlar om hur livscykelbaserade verktyg för miljöbedömning kan ge stöd för beslut i byggande. Som industridoktorand tillhör jag enheten för geoteknik på institutionen för samhällsbyggnad vid Luleå Tekniska Universitet (LTU). Vid LTU bedrivs världsledande forskning om resurshantering och geoteknik i byggande och i programmet Optimass intresserar vi oss för effektivisering av materialanvändning i byggande. I min forskning fokuserar jag, med ett systemperspektiv, på klimat, energi och gifter och i denna rapport har jag gjort en fallstudie med avseende på konstgräsplaner.

Konstgräsplaner är en typ av anläggning som, för min forskningsuppgift, är intressant som fallstudie. Konstgräsplaner är materialintensiva anläggningar som kräver kontinuerlig drift och underhåll med maskiner. Konstgräsplanen ska vara mjuk att spela på, ha god dränering och klara tyngre laster från driftsmaskiner. Kunskapen om miljöpåverkan och kostnader för en konstgräsplans livscykel och hur miljö och kostnader påverkas vid val av material och konstruktionslösning är vad denna studie avser att sammanställa.

Det är många som under arbetets gång och i remissförfarandet bidragit med sin kunskap och erfarenheter och som jag vill tacka. Dessa är främst fritidsförvaltningar, forskare, entreprenörer och leverantörer, men även fotbollförbunden.

Simon Magnusson

November 2015

SAMMANFATTNING

En konstgräsplan är en materialintensiv anläggning som kräver regelbunden drift och underhåll. Det har funnits lite sammanställd kunskap om miljö- och kostnadsaspekter vid byggande, drift och underhåll av konstgräsplaner. Denna rapport syftade till att identifiera vilka de betydande aspekterna är i detta avseende. Målet med arbetet var att tydliggöra skillnader mellan olika typlösningar och val av material med avseende på kostnader och ställa dessa i relation till klimat, energi och miljögifter/farliga ämnen samt att identifiera de viktigaste områdena vad gäller miljö och kostnader.

Metodiken bestod av huvudmetoderna; livscykelinventering, litteraturstudie på fyllmaterial (även kallat granulat), identifiering av potentiella föroreningskällor bland konstruktionsmaterial och kemisk analys av fyllmaterial.

Systemgränsen för studien omfattade själva konstgräsplanen med dess ingående material samt drift och underhåll av denna yta. Processer som inte inkluderats i studien är produktion av maskiner som används vid byggnation och drift samt omkringliggande element och aktiviteter så som stängsel, läktare, belysning och hårdgjorda ytor.

För livscykelinventeringen insamlades data för konstgräsplanens uppbyggnad, användning och produktion av material, användning av maskiner vid byggnation, drift och underhåll samt kvittblivning. Vidare samlades emissionsdata för produktion av material, energi samt kostnader för arbete och material varvid konstgräsplanens olika material och processers klimatpåverkan (kg CO₂ ekvivalenter), energianvändning (MJ) och kostnader (kr) kvantifierades.

I litteraturstudien genomfördes en klassificering av studier som är kopplade till miljö- och hälsoaspekter och fyllmaterial. Klassificeringen bestod av en indelning av studierna utifrån hur långt de har drivits i förhållande till metodik för riskbedömning och en fördjupad studie av främst de riskkaraktäriseringar som genomförts. En riskbedömning består av följande steg: 1) Informationssammanställning/ Problembeskrivning: en första uppfattning av om det kan finnas en risk. I detta steg bestäms vilka undersökningar som behöver göras och hur effekter ska bedömas för att avgöra riskens storlek och eventuella åtgärder. 2) Effektanalys: identifiering av de skadliga effekter som ett ämne har en inneboende förmåga att orsaka. I detta steg uppskattas sambandet mellan dos eller exponeringsnivå för ett ämne samt frekvensen och svårighetsgraden av en effekt. 3) Exponeringsanalys: analys av halter, spridning och exponering för skyddsobjekten. Uppskattning av koncentrationerna/ doserna som människor/befolkning eller miljöer (vatten, land, luft) är eller kan bli utsatta för utifrån representativa halter i olika kontaktmedier. 4) Riskkaraktärisering: Frekvensen och svårighetsgraden av de skadliga effekter som är sannolika att uppstå i en befolkningsgrupp eller del av miljön till följd av faktisk eller förutsedd exponering för ett ämne. 5) Samlad riskbedömning: I detta steg dras slutsatser huruvida det är angeläget att genomföra åtgärder på grund av risken och i så fall vilka.

För identifiering av potentiella föroreningskällor bland konstruktionsmaterial och kemisk analys av fyllmaterial så inhämtades information och studier om de olika materialen och dess sammansättning och produktion samt genomfördes en kompletterande labstudie av fyllmaterial med avseende på innehåll av metaller och

lättflyktiga organiska ämnen som potentiellt kan utlakas när materialen utsätts för vatten. Ett antal rekommendationer som speglar författarens bedömning av åtgärder som kan minimera miljöpåverkan och kostnader sammanställdes också.

Resultaten från livscykelinventeringen visade att byggandet, drift och underhåll var alla faser som har betydelse för miljöpåverkan och kostnader. Klimatpåverkan för en konstgräsplans livscykel och motsvarande kostnad uppgick till mellan 350 000 – 600 000 kg CO₂ ekvivalenter och 5- 6 Mkr beroende på om konstgräsmattan och fyllmaterial förbränns eller återvinns då det avinstalleras. I byggskedet så var främst schaktning och användning av krossprodukter, fyllmaterial, konstgräs och pad betydande för kostnaden, energianvändning och klimatpåverkan. För drift- och underhållsskedet så medförde fyllmaterial och användande av maskiner betydande kostnad, energianvändning och klimatpåverkan. Skillnaden i fyllmaterialens klimatpåverkan och energianvändning vid produktion är betydande för konstgräsplanens totala klimat- och energiprestanda och de återvunna materialen SBR och R-EPDM medför en stor fördel i dessa avseenden jämfört med TPE och EPDM. Kostnaden för fyllmaterialen varierar kraftigt, där de återvunna fyllmaterialen har en lägre kostnad och medför lägre kostnader i byggnation, drift och underhåll. Eventuell deponering av ett avinstallerat konstgräs medförde också betydande klimatpåverkan och kostnader.

Resultaten från litteraturstudien av miljö- och hälsoriskkaraktiseringar visade att det finns ett antal studier på fyllmaterialet SBR (återvunnet material från däck). De flesta studierna bedömer att den lokala miljörisken är låg medan en studie bedömer att det finns en potentiell miljörisk på grund av potentiell zinkutlakning från SBR av bildäck. Liknande studier på TPE (jungfrulig termoplast), EPDM (jungfruligt gummi) och R-EPDM (återvunnet gummi) saknas. Det gick därför inte att bedöma huruvida någon typ av fyllmaterial medför mindre lokala miljörisker än de andra. Den kemiska analysen visade att alla typer av fyllmaterialen SBR, EPDM, TPE och R-EPDM innehåller ur miljösynpunkt oönskade ämnen som kan emitteras till vatten. Detta är dock inte samma sak som att användning av materialen medför en lokal miljörisk.

Ungefär hälften av de genomförda riskkaraktiseringarna av SBR som har studerats är från 2009 eller äldre. Inga av dessa studier eller de nyare studierna visar på risk för några allvarliga hälsoeffekter vid användning av SBR. Från år 2010 har även innehållet av PAH i europeiska däck minskats av miljö- och hälsoskäl vilket indikerar att materialet idag är än mer säkert ur miljö- och hälsosynpunkt.

Några rekommendationer från författaren för att minimera miljöpåverkan och kostnader är:

Genom att i högre grad anpassa dimensionering av underbyggnad utifrån förväntade laster så kan behovet av schaktning och krossprodukter minska. Genom att arbeta med återvinning av schaktmassor i projektet så kan även transporter och behov av krossprodukter minskas. Detta kan ske genom att sortera ut bra jordmaterial och t.ex. genom att uppgradera lösa jordar genom inblandning av bindemedel.

Alla typer av fyllmaterial SBR, TPE, EPDM och R-EPDM innehåller miljömässigt oönskade ämnen som potentiellt kan emitteras lokalt till miljön. Vilka dessa ämnen är, hur mycket de emitteras och huruvida det sedan medför risk för ytwater, mark och grundwater är okänt. Det är också så att innehållet av materialen varierar mellan

material av samma typ beroende på produktion och råmaterialens ursprung eller tillsatser. Därför är det viktigt att skaffa sig kunskap om ursprunget för att säkerställa ett bra val. Innehållet av miljö- och hälsoskadliga ämnen i däck på den europeiska marknaden är betydligt hårdare reglerat än för däck på vissa andra marknader. Detta är viktigt att ha koll på för att ur lokal miljösynpunkt-och hälsosynpunkt välja ett bästa lämpliga SBR. På samma sätt behövs säkerställas ursprung och innehåll för att välja ett bästa lämpligt fyllmaterial av TPE, R-EPDM eller EPDM. På motsvarande sätt som görs för att säkerställa innehåll i byggmaterial i andra byggsammanhang genom likvärdig, jämförbar och relevant dokumentation så är det lämpligt att även ställa krav på fyllmaterial.

Den grupp av fyllmaterial som tydligt medför miljönytta gentemot andra är de återvunna materialen SBR och R-EPDM på grund av dess goda klimat- och energiprestanda. Dessa material minskar även kostnaderna i faserna bygg, drift och underhåll väsentligt.

Vid plogning och borstning av snö i samband med driften vintertid så kan kostnader, klimatpåverkan och energianvändning minskas genom snölagring på plats vilket minskar transportsträckorna. Genom att ploga och borsta rätt kan svinnet av fyllmaterial från konstgräsplanen minimeras. En upplagsplats för snö som möjliggör uppsamling av fyllmaterial kan minska behovet av påfyllnad av nytt fyllmaterial.

I samband med att en konstgräsmatta ska avinstalleras så är det lönsamt både utifrån kostnad och klimatpåverkan om konstgräset kan återvinnas och installeras på annan plats. Genom att planera i tid när behov av byte uppkommer och med vilka planer bytet kan samordnas så minskar behovet av deponering och inköp av ny konstgräsmatta.

Det finns betydande klimat- och energibesparingar att hämta genom att för spelare och åskådare samordna resor eller öka andelen gående eller cyklande till och från anläggningen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1. Bakgrund och problemställning.....	1
1.2. Syfte och mål	1
1.3. Metodik.....	2
1.3.1. Livscykelinventering.....	2
1.3.2. Litteraturstudie	3
1.3.3. Identifiering av potentiella föroreningskällor och kemisk analys	4
1.3.4. Kemisk analys.....	4
1.4. Systemgränser.....	5
1.5. Avgränsningar	5
2. UPPBYGGNAD AV EN KONSTGRÄSPLAN.....	6
3. BYGGPROCESSEN OCH AKTÖRER	9
4. BYGGANDE, DRIFT OCH UNDERHÅLL	11
4.1. Byggfasen	11
4.2. Drift- och underhållsfasen	12
5. TIDIGARE STUDIER	13
5.1. SBR	23
5.2. TPE	24
5.3. EPDM.....	25
5.4. R-EPDM	25
5.5. Övriga studier - exponeringsanalyser	25
6. LIVSCYKELINVENTERING	27
6.1. Datakvalitet	28
7. IDENTIFIERING AV POTENTIELLA FÖRORENINGSKÄLLOR OCH KEMISK ANALYS	34
7.1. Potentiella föroreningskällor.....	34
7.2. Fyllmaterial	36
7.3. Kemisk analys	41
8. RESULTAT	43
8.1. Kostnader.....	43
8.2. Klimatpåverkan och energianvändning.....	46
8.3. Sammanfattande resultat från tidigare riskkaraktiseringar	50
8.4. Kemisk analys av fyllmaterial.....	51
8.5. Övriga potentiella föroreningskällor	56
9. DISKUSSION.....	57
10. SLUTSATSER	62
11. REKOMMENDATIONER FÖR MINIMERING AV KOSTNADER OCH MILJÖPÅVERKAN.....	63

12. REFERENSER	64
13. BILAGOR.....	73

Förkortningar

BTX – Blandningar av Bensen, Toluen och Xylen

CBS – Vulkaniseringsaccelerator

DOC – Löst Organiskt Kol

EPDM – Etylen Propylen Dien Monomer, Industrigummi

HCT – Hydrochlorothiazide

LCA -Livscykelanalys

MBTS – 2 Mercapto Benzothiazole

NDL – Icke Dioxinlika PCB

PAH – Polyacykliska Aromatiska Kolväten

PCB – Polyklorerade Bifenylar

PCDD – Polyklorerade Dibensodioxiner

PCDF – Polyklorerade Dibensofuraner

PM – Particulate matter – luftpartiklar

R-EPDM – Återvunnet EPDM

SBR – Styren Butadien Rubber, Däckgummi

SEBS-Styren Etylen Butylen Rubber

TMU – Trimethylthiourea

TBBS –N- tert-Butyl-2-benzothiazoleSulfenamide

TOC – Totalt organiskt kol

TPE – Termoplastisk elastomer

VOC – Lättflyktiga Organiska Ämnen

6PPD – Antioxidant

77PD – Antioxidan

1. INLEDNING

1.1. Bakgrund och problemställning

Fotbollsplaner med konstgräs blir allt vanligare. Anledningen är främst att konstgräset klarar ca 2000 speltimmar per år jämfört med naturgräsets 150 timmar samt att spelsäsongen kan förlängas. En konstgräsplan är uppbyggd av många olika typer av material. Konstgräset kan förenklat beskrivas som en matta som är fylld mellan stråna med sand och gummi samt med en underliggande elastisk matta. Själva konstgräset består av grässtrån av plast som är fästa i en plastväv. Mellan plaststråna läggs sand följt av granulat. Under väven finns ibland ett stötdämpande lager av gummi. Sedan följer olika lager av krossprodukter samt dräneringsrör. Driften och underhållet av en konstgräsplan sker ofta med traktor som utför borstning, harvning och plogning.

Det saknas sammanställd kunskap kring vilka miljöaspekter och kostnader som är betydande i byggnation, drift och underhåll av en konstgräsplan. Gällande miljöaspekterna så kan det delvis förklaras av att det inom idrottsrörelserna länge har saknats miljöpolicy, miljömedvetenhet och miljöarbete (Book & Carlsson 2011). När det gäller kostnadsaspekterna så kanske det kan förklaras av att konstgräset ansågs vara i stort sett underhållsfritt när det fick genomslag för omkring 10 år sedan vilket visat sig inte stämma (Löfvenberg, personlig kommunikation 2015).

I Sverige byggs ca 100 konstgräsplaner per år vilket innebär investeringar på uppskattningsvis hundratals miljoner kronor per år. För att konstgräsplaner ska bli mer hållbara behövs bättre kunskap om vilka aspekter som är betydande, både ur miljö- och kostnadssynpunkt. Sådan kunskap kan ligga till underlag för stöd till anläggningsägaren som ska bygga en konstgräsplan.

1.2. Syfte och mål

Syftet med studien var att identifiera betydande miljö- och kostnadsaspekter för konstgräsplaner i samband med byggnation, drift och underhåll.

Målet med arbetet var att

- 1) Tydliggöra skillnader mellan olika typlösningar och val av material med avseende på kostnader och ställa dessa i relation till klimat, energi och miljögifter/farliga ämnen.
- 2) Identifiera de viktigaste områdena vad gäller miljö och kostnader.

1.3. Metodik

Metodiken bestod av huvudmetoderna; Livscykelinventering, litteraturstudie på fyllmaterial, identifiering av potentiella föroreningskällor bland konstruktionsmaterial och kemisk analys av fyllmaterial.

I studien genomfördes en systemanalytisk livscykelinventering av miljöaspekter och kostnader. Metoden för livscykelinventeringen beskrivs närmare i avsnitt 1.3.1. För att samla bakgrundsinformation till livscykelinventeringen beskrevs byggprocessen för konstgräsplaner utifrån litteratur och intervjuer med aktörer involverade i byggprocessen.

Miljöaspekterna studerades dessutom vidare genom en litteraturstudie om miljö- och hälsoaspekter av konstgräsplaner och dess material.

En identifiering av potentiella föroreningskällor genomfördes för material i en konstgräsplan, och en fördjupad sådan genomfördes för olika fyllmaterial vilket innebar att materialleverantörer kontaktades för insamling av information. Den samlade informationen räckte inte för att beskriva de potentiella föroreningarna. Därför genomfördes en kemisk analys på olika typer av fyllmaterial för att få mer kunskap om materialens innehåll och vilka ämnen de kan tänkas emittera. Den kemiska analysen utgör ingen riskbedömning utan är endast en av många analyser i arbetet för en sådan.

1.3.1. Livscykelinventering

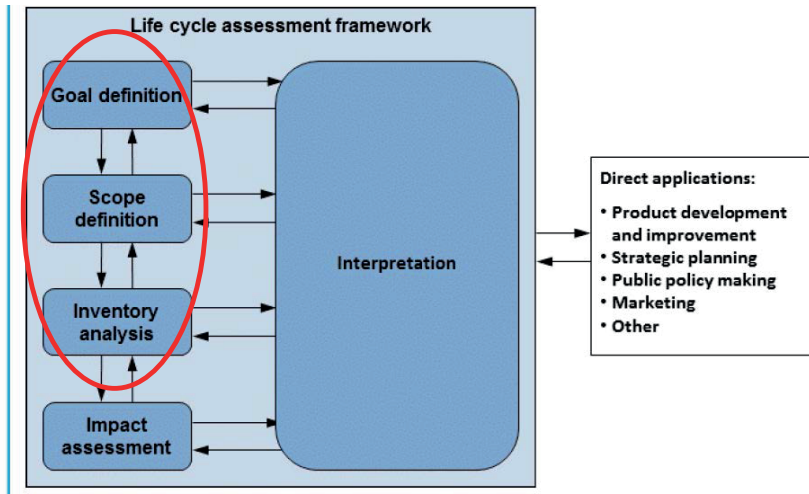
Livscykelinventeringen består av en inventering och sammanräkning av de ekonomiska och miljömässiga kostnader som uppkommer i livscykeln. En livscykelinventering består av huvudsakligen av faserna: Målformulering, omfattning och inventering.

I målformuleringen och omfattning bestäms vad studien ska kunna svara på, vad som ska mätas och vilka systemgränser det kräver. I inventeringsfasen samlas kvantitativa data om ingående processer och dess material- och energiflöden samt kostnader.

I en fullständig livscykelanalys så genomförs en påverkansbedömning där material- och energiflöden omsätts i en påverkanspotential som sedan viktas mot standardiserade referensvärden för att avgöra dess signifikans.

I en livscykelinventering så genomförs ingen påverkansbedömning eller viktning/tolkning. Det innebär att resultaten utgörs av kvantifierade energi- och materialflöden. För en livscykelkostnadsanalys är det vanligt förekommande att vilja kunna utvärdera olika investeringsalternativ. Det blir då viktigt att beräkna nuvärdet (diskontera kostnaderna till dagens värde) av de kostnader som de olika investeringarna kommer ge upphov till.

I Figur 1 är livscykelinventeringens faser beskrivna (ILCD Handbook 2012). Det som ingår i en livscykelinventering är markerat i rött.



Figur 1. Livscykelinventeringens tre faser inringat (ILCD Handbook 2012)

1.3.2. Litteraturstudie

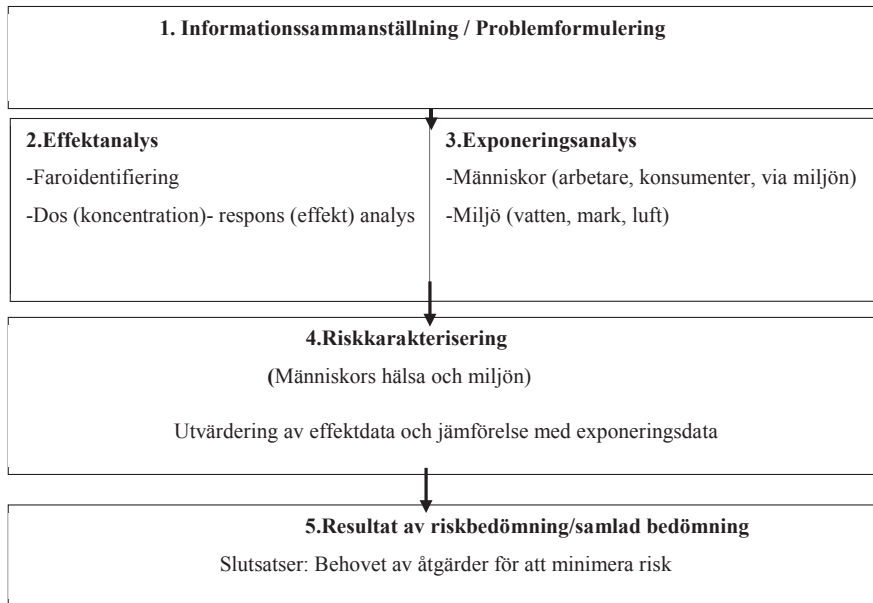
Litteraturstudien genomfördes genom att söka publicerade artiklar via databas, genom internetscreening och utifrån råd och förslag från personer som kontaktats under studiens genomförande. Vid sökning av publicerade artiklar användes databasen Scopus.

Artiklarna som syftar till att studera miljö- och hälsoaspekter sorterades utifrån om - eller hur väl - de bedömer miljö- och hälsorisker. Sorteringen skedde genom att klassificera artiklarna utifrån vilka steg i genomförandet av en riskbedömning som de har inkluderat. Artiklarna och studierna har klassificerats utifrån hur långt studierna har drivits utifrån metodik för riskbedömning enligt Technical Guidance Document for Risk Assessment (TGD) (2003, 2003b) och Naturvårdsverket (2009). Klassificering görs utifrån följande fem metodsteg för riskbedömning:

- 1) Informationssammanställning/ Problembeskrivning, 2) Effektanalys, 3) Exponeringsanalys, 4) Riskkarakterisering 5) Samlad riskbedömning.

Artiklarna är även beskrivna utifrån publikation, studiens omfattning och systemgräns, dess frågeställning, vilka kvantitativa mätningar som genomförs i studien samt vilka slutsatser som dras gällande hälsomässiga och miljömässiga risker.

I figur 2 presenteras riskbedömningens steg utifrån TGD (2003) och Naturvårdsverket (2009)



Figur 2. Riskbedömningens steg, baserat på (TGD 2003) och Naturvårdsverket (2009)

Det är först i en riskkarakterisering som frekvensen och svårighetsgraden av de skadliga effekter som är sannolika att uppstå utvärderas. Därför är det främst resultat från dessa typer av studier som är viktiga att beakta.

1.3.3. Identifiering av potentiella föroreningskällor och kemisk analys

Identifiering av potentiella föroreningskällor och kemisk analys i denna studie är endast ett delsteg i en riskbedömning. Följande moment ingick:

- 1) Sammanställning av tillgänglig information från leverantörer och studier om konstruktionsmaterial generellt.
- 2) Vidare undersökning om fyllmaterialen genom samtal med experter och sammanställning av studier om fyllmaterialens produktion, innehåll och påverkan på hälsa och miljö.
- 3) Identifiering av potentiella föroreningskällor från resultat i steg 1 och 2.
- 4) Kemisk analys av fyllmaterial i lab.

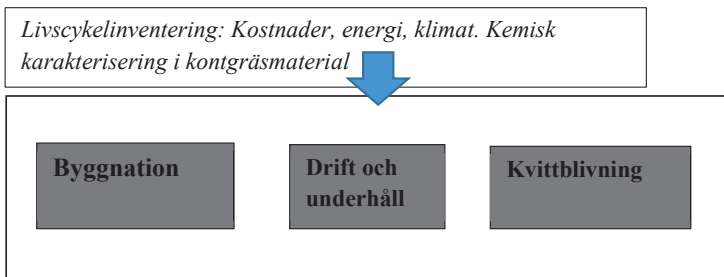
1.3.4. Kemisk analys

Den kemiska analysen bestod i att analysera lakvätska utifrån innehåll av främst metaller och lättflyktiga oorganiska ämnen efter enstegs skaktest L/S=10 EN 12457-2. Klorid, fluorid och sulfat analyserades enligt SS-EN ISO 10304-1:2009. Destillerbara fenoler analyserades enligt SS 028128:1976 och DOC enligt SS EN 1484:1997. För

lättflyktiga organiska ämnen (VOC) genomfördes en analys av halterna av summa VOC, så kallad S-VOC.

1.4. Systemgränser

I figur 3 presenteras de valda systemgränserna för systemstudien.



Figur 3. Systemgränser för systemstudien

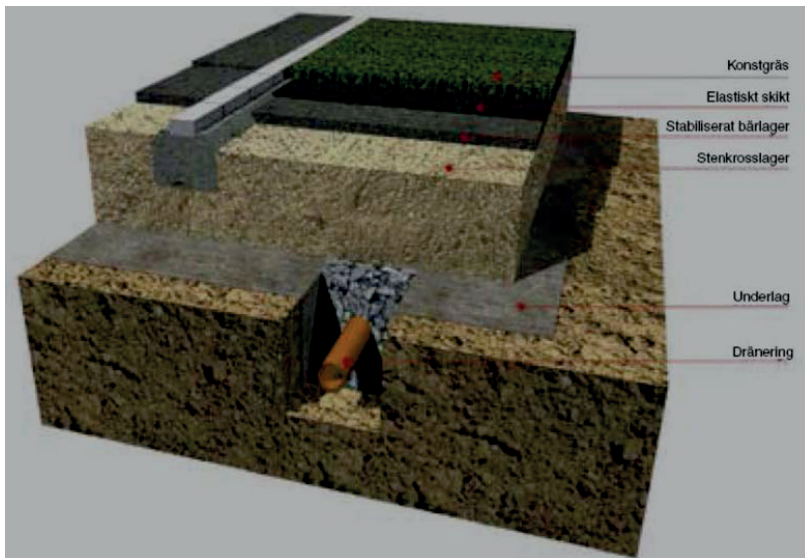
För livscykelinventeringen är användandet av maskiner och material i faserna bygg, drift och underhåll och avinstallation av plan inkluderat. Tillverkning av maskiner exkluderades. Den kemiska analysen avgränsades till de fyllmaterial som vanligtvis används i en konstgräsplan samt att en lakstudie av dessa genomfördes. För övriga konstruktionsmaterial gjordes enbart en inventering av tillgänglig information och studier.

1.5. Avgränsningar

Studien är avgränsad till att omfatta miljö- och kostnadsaspekter för användning av material och maskiner som används i eller för konstruktionen konstgräsplan. Omgivande utrustning så som belysningsarmatur, omgivande ytor som hårdgjorda ytor, stängsel och läktare är inte inkluderat. Tillverkning av maskiner som används i byggandet, drift och underhåll eller avinstallation är inte inkluderade. Transport av bränsle till anläggningen inkluderades inte. Kostnader för inledande skeden som förstudie, utredning och projektering medräknades inte i studien.

2. UPPBYGGNAD AV EN KONSTRÄSPLAN

För studien sattes planstorleken av konstgräsplanen till 71 x 111 meter, enligt svenska fotbollsförbundets riktlinjer och rekommendationer. Planen antogs vara lokaliserad i Stockholmsområdet och öppen året om för breddändamål. Planen är inte uppvärmd men plogas, borstas, harvas och saltas för att möjliggöra spel under vintern då det inte råder för svåra driftsförhållanden. Planens dimensionering baserades på Svenska Fotbollsförbundets riktlinjer och rekommendationer samt med samtal med leverantör (Otterström 2015, *Personlig kommunikation*). I figur 4 illustreras konstgräsplanens uppbyggnad hämtad från SvFF:s råd för skötsel och underhåll av konstgräsplaner.



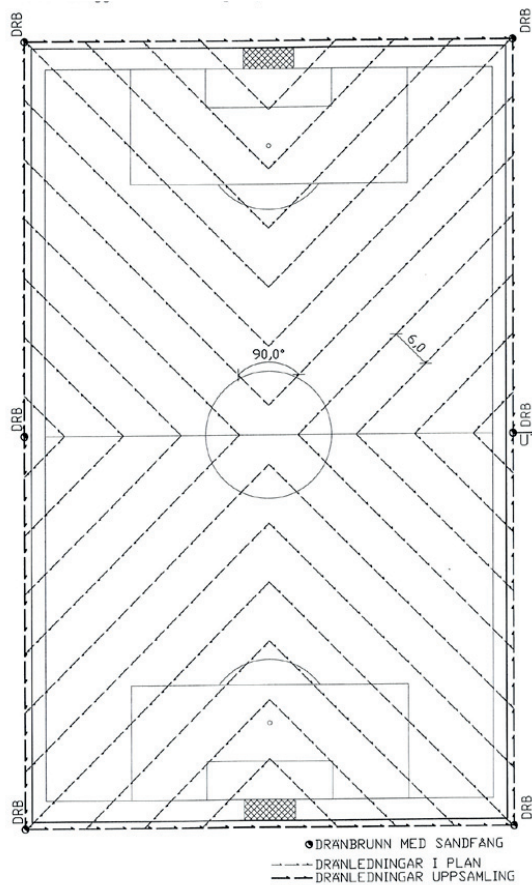
Figur 4. *Illustration av konstgräsplanens uppbyggnad* (Källa: SvFF:s råd för skötsel och underhåll av konstgräsplaner)

I tabell 1 beskrivs planens uppbyggnad.

Tabell 1. *Planens uppbyggnad och materialåtgång*

Material	Dimension
<i>Slitlager</i>	[mm]
Fyllmaterial	15
Kvartssand (kiselsand) 0 – 2mm	15
Konstgräs	30
Pad	14
<i>Geokonstruktion</i>	[mm]
Avjämningslager av stenmjöl 0 – 4/8 mm	15
Bärlager 0-30 mm	100
Förstärkningslager av krossat bergmaterial 0-90	350
Avvattning, dränering	
Läggningsdjup	>= 1500
Schaktbredd för dräneringsrör	400 (antagande)
Schaktdjup för dräneringsrör	400 (antagande)
Dränrör	100
Geotextil i dränschakt	
Kringfyllning med grus 0/32 mm	
<i>Materialåtgång byggnation</i>	[ton]
SBR	51
TPE	87
EPDM	61
R-EPDM	61
Pad	70
Konstgräsmatta	15
Konstgräs sand	177
Avjämningslager	631
Bergkross och gravrörsgrus	6768
Geotextil	0,11
Dränrör	0,9
Lim för konstgräs	0,5
Linjefärg	0,8
Gravrörsgrus	385
Geotextil	0,5
<i>Material för drift och underhåll i 10 år</i>	[ton]
Fyllmaterial	60
Salt	45
Snö	1970

Planens dränering antogs vara fiskbensformad och en ritning presenteras i figur 5.

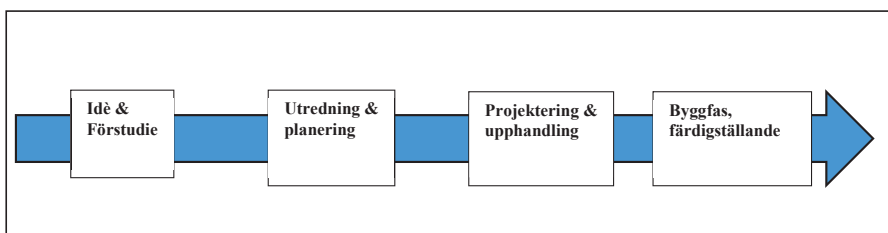


19

Figur 5. Konstgräsplan med fiskbensformad dränering (Källa: Svenska fotbollsförbundets riktlinjer och rekommendationer för anläggande av konstgräsplan)

3. BYGGPROCESSEN OCH AKTÖRER

Byggprocessen för en konstgräsplan kan se olika ut och i detta kapitel presenteras endast ett exempel på detta. Det finns en skillnad i hur kommunala förvaltningar beställer konstgräs jämfört med hur det går till i fotbollsklubbar. I kommunal regi så sker beställningen utifrån lagen om offentlig upphandling medan klubbar fritt kan välja vilken leverantör som de ska beställa från. Exemplet som ges här är återbeskrivet utifrån hur processen vanligtvis fungerar för en Stockholmskommun (Siverling 2015 *Personlig kommunikation*). Processen startar i att ett behov identifieras t.ex. av anläggningsägaren och/ eller anläggningsansvarig. Vanligtvis uppstår behovet då det är brist på speltid för fotbollslagen som nyttjar anläggningarna. I figur 6 ges en översiktlig bild av byggprocessen.



Figur 6. *Byggprocessens faser.*

Anläggningsägaren är oftast antingen den fackförvaltning vid kommunen som ansvarar för idrottsfrågor, t.ex. idrottsförvaltningen eller fastighetsförvaltningen.

Anläggningsägaren kan även vara en fotbollsklubb eller samägt av kommun och klubb.

I de fall kommunen är anläggningsägare så tar tjänstemän på fackförvaltningen fram önskemål för en ny anläggning som framläggs till kommunfullmäktige. Fullmäktige beslutar i fall medel kan avsättas till investeringen och i så fall bestäms vad som ska investeras och när investeringen ska göras varvid medel tilldelas fackförvaltningen.

Under utredning och planering tar anläggningsägaren, t.ex. förvaltningens enhetschef tillsammans med anläggningsansvarig och skissar på den tilltänkta anläggningen tillsammans med en byggkonsult varvid konsulten anlitas för att ta fram ett förfrågningsunderlag.

För projektering och upphandling och inför framtagandet av ett förfrågningsunderlag gör en geoteknisk konsult en undersökning av marken på byggplatsen. Sedan tas ett förfrågningsunderlag fram där det ställs krav på vad leverantören ska leverera. I förfrågningsunderlaget bestäms skallkrav för byggnationen vilket är krav som leverantören måste uppfylla för att kunna vinna anbudet.

Det färdiga förfrågningsunderlaget administreras sedan av kommunens upphandlingsavdelning som lägger ut förfrågan på annons. Efter annonsering så brukar

leverantörer höra av sig med frågor. För att alla leverantörer ska få samma information så tas i sådana fall ett kompletterande förfrågningsunderlag fram, så kallat KFU.

Leverantörerna lämnar sedan anbud. Efter att anbudstiden har gått ut så utvärderar konsulten tillsammans med anläggningsägaren anbuderna. En så kallad 0- ställning av anbuderna görs för att de ska bli jämförbara. Det kan innefatta att begära kompletterande information för att förtydliga anbud. Skallkraven går igenom och anbudsgivaren med lägsta bud vinner.

Ett tilldelningsbeslut går ut till alla leverantörer att kommunen har valt leverantör. Tilldelningsbeslutet följs ofta av en överklagandeperiod. Sedan skrivs kontrakt mellan leverantör och anläggningsägaren. Leverantören startar byggnationen, vanligtvis efter 1,5 – 3 månader efter tilldelning.

4. BYGGANDE, DRIFT OCH UNDERHÅLL

4.1. Byggfasen

Byggfasen så som den beskrivs här är baserat främst på intervjuer med entreprenörer och leverantörer (Otterström 2015, *personlig kommunikation*) (Bengtsson 2015, *personlig kommunikation*) och ger endast ett exempel på hur processen kan se ut.

Byggandet av en konstgräsplan inleds med markförberedande arbeten. Beroende på markförhållanden så varierar markarbetet. Typiska situationer vid anläggning av en ny konstgräsplan är att marken är 1) en före detta grusplan 2) före detta gräsplan 3) råmark.

Det förekommer att fotbollsplaner i storstadsmiljö byggs på platser med dåliga markförhållanden vilket ofta leder till att marken schaktas av med grävmaskin eller att lättfyllnadsmaterial används.

Schaktning görs för dräneringssystemet. På insidan av dräneringskanalerna läggs ibland geotextil. I dräneringskanalerna installeras dränrör varpå kanalerna fylls med grus. Det finns olika typer av dräneringssystem och dräneringen kan läggas med olika riktningar i planen där en utläggning i fiskbensmönster brukar ge bäst dränering.

Förstärkningslagret läggs ut först och sedan avjämningslager. För både förstärkningslager och avjämningslager läggs dessa material ut i högar med lastbil. Sedan hyvlas och sladdas materialen flera gånger för att sedan köras med vält utan vibrator i olika lager.

I vissa fall används en stötdämpande platta under konstgräset, en så kallad ”pad”. Det är generellt sett konstgräsplaner av högre kvalitet där pad används. En av de intervjuade uppskattar att pad förekommer i omkring endast 5-10 % av alla planer som byggs. Pad är ett krav för att planen ska kunna vara FIFA klassad. Paden har en isolerande effekt vilket innebär att den påverkar värmöverföringen i marken vilket kan visa sig i att tidpunkten för tjälbildning och tjällossning i bärlager förskjuts.

Det finns två generella metoder för att lägga pad. Antingen läggs prefabricerad pad eller så gjuts paden på plats med hjälp av en maskin. Den prefabricerade paden är vanligast att använda. Utläggning av platsgjuten pad med maskin tar ca 1 vecka medan den färdigproducerade paden tar kortare tid. Paden kan bestå av olika typer av gummi- och plastmaterial.

Konstgräset läggs ut i delar (rullar) som limmas ihop tillsammans med en remsa av papper. Arbetet tar ca 1,5 -2 v. Planlinjer målas på konstgräset.

I botten på konstgräset läggs ett lager med kvartssand och fyllmaterial. Det finns generellt sett fyra typer av fyllmaterial som kan användas. Gummibaserade produkterna SBR, EPDM, R-EPDM och plastbaserade produkter TPE. För inomhusanvändning finns brandklassade sorter av fyllmaterialen.

4.2. Drift- och underhållsfasen

Drift- och underhållet varierar på en konstgräsplan utifrån vilken typ av konstgräsplan det gäller. Processen för drift och underhåll som är beskrivet i detta avsnitt är endast ett exempel och baseras på intervju med en kommunal förvaltning (Eriksson 2015, *Personlig kommunikation*).

Planen borstas och harvas 1 gång/ vecka med hjälp av en traktor med en borst respektive harv påkopplat bak. Borstning görs för att resa konstgräsplanens strån vilket ger ett bättre intryck av planen. Harvningen görs för att luckra upp sanden och fyllmaterialen i konstgräsmattan vilket gör planen mjukare.

Planen rengörs 1 gång/år med en rengöringsmaskin. Det tar sex timmar att köra rengöringsmaskinen. Rengöringsmaskinen tar bort smuts. Granulaten sugts upp och smutsen avskiljs, sedan läggs granulaten automatiskt tillbaka. Rengöringen kräver att planen är snustorr så detta görs på sommaren.

Sand och fyllmaterial försvinner från planen varje år på grund av plogning och blåst. Mätning av sand- och granulatljup genomförs 2 gånger/år. Påfyllning av sand och fyllmaterial sker därefter efter behov. Störst behov av påfyllning finns ofta i mitten av planen och framför mål. Orsaken är att fyllmaterialen trycks utåt i samband med plogning och att många spelare endast lägger straffar vilket ökar användningen framför mål. Ca 6 ton fyllmaterial per år behövs för återfyllning.

På högkvalitativa konstgräsplaner som håller elitnivå genomförs Fifa-tester 1 - 2 ggr/ år. Fifa-tester syftar till att säkerställa planens spelmässiga funktion.

Under vinterperioden i samband med snöfall behöver konstgräsplanen plogas. Snön plogas av planen men den sista centimetern tillåts ligga kvar för att inte riskera att plogen drar med fyllmaterial.

Efter plogning saltas planen med ca 150 kg salt. Saltet kan vara utblandat med vatten som saltlösning. Saltet har effekt ända ner till temperaturen -10 grader C.

5. TIDIGARE STUDIER

I tabell 2 presenteras en genomgång av studier som berör fyllmaterial och andra konstgräsmaterial och de miljö- och hälsoaspekter som undersökts. Artiklarna och studierna är sorterade efter hur långt de är drivna utifrån metod för riskbedömning (1-5). De är även sorterade utifrån årtal för publikation vilket blir viktigt för att bedöma vilka resultat som är representativa för fyllmaterial som produceras idag. Detta gäller främst SBR då innehållet av högaromatiska oljor i däck i Europa är reglerat och minskat sedan år 2010. I tabellen beskrivs också vilken systemnivå/ skala som studeras, t.ex. vilka material som beaktas, om det gäller enstaka fyllmaterial eller konstgräsplanen med alla dess material. Angående de olika typer av fyllmaterial som används så kan de bl.a. vara SBR (återvunnet gummi från bildäck), EPDM (nyttillverkat gummi), TPE (nyttillverkad termoplast), R-EPDM (återvunnet gummi, från exempelvis kablar och bilmattor). En mer utförlig beskrivning av dessa material ges i senare avsnitt. I tabellen beskrivs också omfattning av studien, d.v.s. vilka aspekter eller kemikalier som beaktas. Även vilka mätningar som ligger till grund för studien beskrivs.

Tabell 2. Hur långt studierna av fyllmaterial och andra konstgräsmaterial drivits utifrån metodik för riskbedömning enligt TGD (2003, 2003b) och Naturvårdsverket (2009)

Nr	Publikation	Systemnivå/ skala	Omfattning	Mätningar baserade på	Riskbedömning steg					Bedömning av	
					1	2	3	4	5	Miljörisk	Hälsorisk
1	Pavlonis et al 2014 [USA] Material supplied: US	Infill (SBR) and turf fibers. Outdoor or indoor not specified.	Bioaccessibility and Risk of Exposure to Metals and SVOCs.	Material sampling of new infill and fibers and installed infill. Bio fluid extraction for SVOCs and metals.	x	x	x	x		N/a	Risk due to dermal, ingestion and inhalation exposure to infill and artificial turf was generally considered de minimus. Relatively high content of lead in one turf fiber.
2	Ruffino et al 2013 [Italy] Material supplied: Italy	Outdoor fields with (SBR and TPE) infill	Environmental – sanitary risk analysis	Material sampling of installed infill and soil followed by chemical / physical characterization and Leaching test EN 12457/2. Samples of gases & dusts were collected and underwent the determination of BTX (gases) and PAHs (dusts).	x	x	x	x		N/a	The risk from dermal and inhalation exposure the cumulative carcinogenic risk proved to be lower than 10–16 and the cumulative noncarcinogenic risk lower than 1.
3	Kim et al. 2012 [Korea] Material supplied: Korea	Turf Infill (SBR, EPDM), back coating, elastic pavement	Health Risk Assessment	Material sampling of airborne dust, floors and wipe material. Content analysis, bioavailability of metals	x	x	x	x		N/a	Minimal direct health risk regarding dermal, inhalation and ingestion exposure, except for ingestion exposure for children with pica.
4	Ginsberg 2011 [USA] Material supplied: N/A	Outdoor and indoor fields with infill (SBR)	Cancer and noncancer risks of synthetic turf fields.	Air measurements on and off field	x	x	x	x		N/a	Inhalation exposure is not associated with elevated adverse health risks. Adequate ventilation is recommended.
5	Menichini et al 2011	Outdoor field and	Contents of PAHs,	Sampling of installed infills. Content analysis,	x	x	x	x		n/a	For the benzopyrene.

9	State of California 2007 [USA] Material supplied: USA	Infill (SBR), rubber surfaces (SBR), soil	Evaluation of health risks to children using outdoor playground and track surfaces	Literature review, gastric digestion simulation, wipe sampling, laboratory studies of SBR infill, and at actual rubber surfaces in use and a skin sensitization study, soil samples.	x	x	x	x	Minimal impact on water resources and the aquatic environment in the short and medium term	Minimal regarding exposure to soil and ground water	Minimal regarding ingestion and dermal exposure
	Moretto 2007 [France] Material supplied: France	Infill (SBR, EPDM, TPE) at outdoor and indoor fields	Environmental and health evaluation	Lysimeter sampling and chemical analysis of drain water Measurement of drainage ecotoxicity Calculation of concentrations in air Analysis of total cyanides, phenols, HCT, PAH 16, TOC, metals, fluorides, nitrates, ammonium, chlorides and sulphates,	x	x	x	x	Outdoor: Health risks associated with the inhalation of VOC and aldehydes present no actual cause for concern as regards human health. Indoor: no cause for concern as regards human health for the workers, general public and professional or amateur athletes, whether adults or children Good ventilation is recommended in case of workers installing artificial surfaces in small and poorly ventilated gymnasias	Small regarding exposure to soil and ground water	Outdoor: Health risks associated with the inhalation of VOC and aldehydes present no actual cause for concern as regards human health. Indoor: no cause for concern as regards human health for the workers, general public and professional or amateur athletes, whether adults or children Good ventilation is recommended in case of workers installing artificial surfaces in small and poorly ventilated gymnasias
10	Birkholz et al 2003 [CANADA]	Infill (SBR)	Toxicological Evaluation for the Hazard Assessment of Tire Crumb for Use in Public Playgrounds	Testing of SBR in laboratory study. Hazard analyses, mutagenicity assays, and aquatic toxicity tests	x	x	x	x	A significant risk of contamination in receiving surface waters or groundwater is doubtful.	Small regarding exposure to soil and ground water	The cancer risk due to ingestion exposure is minimal
12	Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital, 2006 [Norway] Material supplied:	Indoor fields and Infill (SBR)	Health risk assessment	Exposure calculations based on air measurements of VOC, airborne dust and concentrations of chemicals in SBR and in leachate	x	x	x	x	N/a	Small regarding exposure to soil and ground water	No elevated risk for contact allergies due to dermal exposure. The possibility for latex allergy due to inhalation exposure

Norway										cannot be entirely eliminated. Inhalation exposure does not cause any increased risk of leukemia. SBR should not be used indoors when rubber granulate is supplemented/replaced, due to lack of knowledge about potential latex allergy risk. However latex is not studied in the risk assessment.
13	Schiro et al 2013 [Italy] Material supplied: Italy	Outdoor fields with (SBR and TPE) infill	Environmental and Mutagenicity Assessment	Material sampling on six football fields in Turin with SBR and TPE. Air measurements for PM and BTX, and PAH	x	x	x	x	N/a	Inhalation exposure at artificial turf football fields present no more exposure risks than the rest of the city.
14	US EPA 2009 [USA] Material supplied: USA	Outdoor field with SBR infill	Chemical leaching of VOC and PM10 in air	Material sampling of infill, fiber, air and surface wipe. Analysis of PM mass, metals, and particle morphology 56 volatile organic analytes. Wipe and material samples were analyzed for total extractable concentrations of several metals and bioaccessible lead.	x	x	x		No conclusions on risks are made	No conclusions on risks are made
15	Joost et al 2009 [NL]	Outdoor field	Hydroxypyrene in urine from football players	Analysis of 1 hydroxypyrene in urine samples, due to SBR	x	x	x		N/a	Minimal uptake of PAHs regarding all exposure ways
16	Västra Götalandsregionen 2007 [Sweden]	Outdoor field with SBR infill	Evaluation of PAH exposure	Literature review	x	x	x		N/a	No increased risk for cancer regarding dermal, ingestive and inhalation exposure
11	Norwegian Institute for Air Research, 2006 [Norway] Material supplied: Norway	Indoor halls with infill (SBR and TPE)	Air pollution	Collection of airborne dust, chemical analysis for carbon, rubber proportions, phthalates, PAH, VOC and carbonyl compound.	x	x	x		N/a	The use of SBR causes a considerable burden on the indoor environment. For all three halls, organic chemicals which have not been identified or

	Arbets- och miljömedicin - Lund, 2012 [Sweden] Material supplied: Sweden	Outdoor field and SBR infill	Health risk due to exposure of PAH and Phthalates	Sampling of urine from football players. Analysis of PAH and phthalates.	x	x	x	x	n/a	Levels of PAH and Phthalates was similar to levels in general population. Due to the precautionary principle, other types of infill than SBR is recommended to be used.
	Södertälje kommun 2004 [Sweden] Material supplied: Sweden	Indoor field with SBR	Lead and Bensoaporen in airborne dust	Sampling of air and measurement of particles frequency. Estimation on particle content based on data from rubber mixture of 50 % SBR and 50 % EPDM	x	x	x	x	n/a	Levels of lead and benzoaporen was below air limit standards. However, for benzoaporen, the level could potentially exceed air limit standards.
	Stockholms Stad 2004 [Sweden] Material supplied: Sweden	Indoor field with 50 % SBR and 50 % EPDM infill	Heavy Metals and Bensoaporen in airborne dust	Sampling of air and measurement of particles frequency. Estimation on particle content based on data from rubber mixture of 50 % SBR and 50 % EPDM	x	x	x	x	n/a	Levels of heavy metals and benzoaporen was significantly below air limit standards.
17	Örebro 2015 (Under development Material supplied: Sweden	SBR infill	Environmental control	Measurements in drain water from SBR football fields	x	x			N/a	N/a
18	Stenungsund kommun 2014, (Under development) Material supplied: Sweden [Sweden]	Outdoor fields with coir and SBR infill	Environmental control	Sampling and chemical analysis of drain water from SBR and coir infill in football fields	x	x			N/a	N/a
19	Lombart et al 2012 [Spain] Material supplied: Spain	Floor tiles composition, carpet covers, puzzle pavers, SBR tiles	Hazardous org chemicals in playgrounds with recycled tires	Direct material analyses using solvent extraction and SPME analysis	x	x			n/a	N/a. However PAH content was extremely high in SBR
20	Gomes et al 2012 [Portugal] Material supplied:	Infill (SBR coated and uncoated)	Toxicological Assessment	Measuring of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), heavy metals and ecotoxicity in dust, infill and leachate.	x	x			Coating was effective in reducing emissions to the	n/a

	Portugal	Shock-absorbing surfaces with SBR and EPDM	Chemical analysis of infill and soil	Content analysis of (THC (C5-C35), PAHs, PCBs and phthalates with GC-MS method.	x				environment	N/a
21	Norges Geologiske undersøkelse (NGU), 2011) Material supplied: Norway								N/a Leaching of THC (C12-C35), PAH, PCB . A health risk assessment needs to be conducted. THC (> C5 - C35) , zinc , nonylphenol , PAHs and PCBs was found in all products	N/a
22	Täby kommun 2011 [Sweden]	Outdoor fields with SBR infill	Testing of drain water from a SBR infill turf field	Water samples from drainwater in drainage. Analysis of PAH, Oktyl phenols and metals.	x				Water quality is within drinking water standard	N/a
23	Simcox ET AL 2011 [USA] Material supplied: N/A	Outdoor and indoor fields with infill (SBR) and outdoor field with natural grass	Characterization of concentrations of VOC, SVOC, Benzothiazole, Nitrosamine, and PM10.	Personal air sampling and air monitoring for PM10.	x				N/A	N/A
24	Van Ulirsch et al 2010 [USA] Material supplied: USA and South Korea	Turf fibers	Lead in synthetic turf fibers and dust	Previous samplings of installed fiber and turf field dust followed by content analysis	x				n/a	Synthetic turf can deteriorate to form dust containing lead at levels that may pose a risk to children. Exposure pathways has not been specified.
25	Li et al. 2010 [USA] Material supplied: USA	Infill (SBR and other recycled rubber)	Characterization of VOC and SVOC	Material sampling of new and installed infills followed by leachate tests. Laboratory analysis of compounds in the headspace of CRM samples by using solid phase micro-extraction (SPME) coupled with GC-MS detection.	x				Not assessed	Not assessed
26	Bocca et al 2009 [Italy]	Infill (SBR)	Metal content and leaching from tire granulates	Samples taken from 32 football fields in Italy. Testing of SBR in laboratory study .Treatments and leaching.	x				N/A	N/A

27	Bristol and McDermott 2008 [USA] Material supplied: USA	Outdoor field and infill (SBR)	Water and air quality from and above turf field	Field samples of material and air. Measurements of Benzothiazole, 4- (tert-octyl) Phenol and Volatile Nitrosamines in Air at 2 fields. Measurement of storm water drainage at 3 fields due to aquatic toxicity (Daphnia pulex), dissolved metals and pH. Laboratory metal leaching of SBR.	x	x	Aquatic toxicity not detected. Indicated levels of dissolved zinc in drainage but at concentrations less than the applicable Water Quality Standard.	No detectable concentrations of volatile nitrosamines or 4-(tert-octyl) phenol existed in the air column Benzothiazole: present at a very low concentration directly above one of the two fields sampled. Not detected in any of the upwind or downwind locations at either field
28	Zhang et al 2008 [USA] Material supplied: USA	Turf fibers and SBR infill	Hazardous chemicals and bioaccessibility in digestive fluids	Sampling of installed material. Content extraction of PAHs and Metals.	x	x	New SBR did not contain PAHs at levels above health-based soil standards. The zinc contents in SBR were found to far exceed the soil limit	Zero or near-zero bioaccessibility in the synthetic digestive fluids regarding PAH in SBR. Generally relatively low concentrations of lead in SBR. Bioaccessibility of lead from SBR and fiber in the synthetic gastric fluid, and from fiber in intestinal fluids.
29	Hoefstra 2007 [NL]	Infill (SBR)	Environmental and health risks of SBR Infill	Literature research and analysis of SBR material content and leaching. Literature search for health risks	x	x	No risk due to air emissions, to soil zinc is a relative parameter.	No risk regarding ingestion, inhalation and dermal uptake
30	Koiltz 2006 [Switzerland]	Infill (EPDM and SBR)	Investigation and Assessment of Synthetic Sports Surface	Lysimeter tests	x	x	Conclusions are missing in this report.	Conclusions are missing in this report.
31	Norwegian Building Research Institute, 2004 [Norway]	Infill (Recycled rubber, EPDM) and Turf	Potential health and environmental effects linked to artificial turf	Content analysis and leachate tests and analysis of metals and organics	x	x	Leachate of zinc from turf and recycled rubber indicates that the	N/a

	Material supplied: Global		systems				
32	Wredth 2014	Infill (SBR, EODM, TPE)	Environmental and health risks	Literature review and material sampling	x	leachate water is very strongly polluted water. With the exceptions of chromium and zinc, EPDM rubber contained smaller quantities of hazardous substances than the recycled rubber types overall.	Youth playing soccer in an indoor hall with EPDM granules experience discomfort such as itching of the body and poor air quality
33	Cheng et al 2014	Artificial vs Natural grass	Environmental and health risks	Literature review	x	Not exposed to elevated risks	Heavy metals and organic contaminants in the field drainages were generally below the respective regulatory limits N/a
34	Rhodes et al. 2012 [USA] Material supplied: Global	Infill (SBR)	Zink leaching and the relevance of granular size and exposure time	Previous leaching studies complemented with new leaching study	x	N/a	N/a
35	Hedermo 2011	SBR	Risks with SBR infill	Literature review	x	Risk is relatively negligible, but further investigation is required	Risk is relatively negligible, but further investigation is required No increase in risk for human health effects
36	Denly et al. 2008	SBR infill	Potential exposure and health effects when ingestion, dermal or inhalation	Literature review	x	Minimal	No elevated risk for neighbours
37	Västra Götalandsregionen 2008 [Sweden]	Outdoor field with R-EPDM infill	Environmental health assessment	Literature review	x	N/a	No elevated risk for neighbours

38	Ledoux 2007 [USA]	SBR infill	Toxicity from exposure to SBR infill	Literature review	x				N/a	no obvious toxicological concern
39	Kemi 2006 [Sweden]	Infill (SBR)	Chemicals in SBR infill for football fields	Literature review	x				Yes	Small
40	Michael Johns, XXXX [USA]	SBR infill	Initial Evaluation of Potential Human Health Risks Associated with Playing on Synthetic Turf Fields with SBR infill	Literature Review					n/a	Minimal

I tabell 3 presenteras de livscykelanalyser som genomförts och som berör konstgräs eller materialval i konstgräs.

Tabell 3. *Livscykelanalyser av konstgräsmaterial*

Publikation	Studiens tema	Metodik	Slutsatser
Ekologgruppen 2013	Natural vs Artificial grass	LCI of construction and maintenance	The environmental impact for natural grass are larger than for artificial grass
IVL 2012	Alternative Scrap Tire Applications	LCA of infill materials	The use of SBR is
Cheng et al 2014	Natural and artificial turf fields	Comparative LCA	Environmental impacts of artificial turf fields were lower than equivalent grass fields
Klima- og forurensningsdirektoratet 2011	Environmental aspects of use and management of old tyre	Literature review of LCAs and riskassessments	Reuse of tires have positive effect in terms of climate in all types of use. None of the applications results in unacceptable environmental effects, but information about leaching is lacking
SINTEF 2009	Sub layer and critical aspects for durability and environmental aspects	Literature review	N/a

Det identifierades 23 studier som adresserar miljörisker för material eller kemiska aspekter utifrån ett miljöperspektiv. Av dessa studier så har sju stycken tagits till steg fyra av fem steg i riskbedömning, d.v.s. en riskkarakterisering har genomförts. Av dessa sju studier är SBR inkluderat i samtliga, TPE inkluderat i två studier, EPDM inkluderat i två studier och R-EPDM inte inkluderat i några studier. Det har genomförts ett flertal studier som adresserar hälsorisker för material i konstgräsplaner. Totalt identifierades 37 studier som antingen studerar hälsoeffekter eller kemiska aspekter av material utifrån ett hälsoperspektiv. Av dessa 37 studier så har 10 stycken tagits till steg fyra av fem steg i riskbedömningen, d.v.s. en riskkarakterisering har genomförts. Av dessa 10 studier är SBR inkluderat i samtliga, TPE inkluderat i tre studier, EPDM inkluderat i tre studier och R-EPDM i ingen studie.

5.1. SBR

När det gäller miljörisk så genomför två av studierna riskkarakterisering av miljörisker som inkluderar riskbedömning av exponering till akvatiskt liv baserat på fältmätningar. Slutsatsen från den ena studien är att SBR som enbart består av däck från lastbilar kan ha en påverkan på akvatiskt liv på grund av exponering av zink. När det gäller grundvatten kunde ingen påverkan påvisas (New York State, 2009). När det gäller bedömning av risk för exponering till ytvatten så kunde inga organiska ämnen detekteras och halterna av metaller var relativt låga (New York State, 2009). För den andra studien dras slutsatserna att SBR har minimal påverkan på vatten och den akvatiska miljön i ett kort och medellångt tidsperspektiv (Moretto 2007).

När det gäller miljörisk genom alla exponeringsvägar så drar en studie slutsatsen att risken för påverkan på grundvatten och akvatiskt liv inte är stor (Danish EPA 2008).

I en studie (RIVM report 2007) dras slutsatsen att potentiell ekotoxikologisk risk kan uppstå i ytvatten, grundvatten och jord. Studien är baserad på uppskattningar av exponering till miljö.

I en studie (State of California 2007) dras slutsatsen att riskerna för miljö är liten gällande exponering till jord och grundvatten. I en studie dras slutsatsen att en signifikant risk för kontaminering av ytvatten och grundvatten är tveksam (Birkholz et al 2003).

När det gäller hälsorisk så inkluderar sex av studierna riskbedömning av hudexponering för fyllmaterial på konstgräsplan (Pavilonis et al 2014; Ruffino et al 2013; Kim et al. 2012; New York State, 2009; Danish EPA 2008; State of California 2007). För en av studierna (New York State, 2009) används riktvärden för förorenad jord och det finns ingen separat riskbedömning utifrån vardera exponeringsväg.

Slutsatserna från studierna är att hälsoriskerna till följd av hudexponering till SBR är minimala. I en studie fastslogs att det finns en potentiell allergisk risk för känsliga individer när det gäller hudkontakt med fyllmaterial av SBR (Danish EPA 2008).

Fem av studierna som har genomfört riskkarakterisering inkluderar riskbedömning av exponering via sväljning av fyllmaterial (Pavilonis et al 2014, Kim et al. 2012; Danish

EPA 2008; State of California 2007; Birkholz et al 2003). Slutsatserna från alla studierna är att hälsoriskerna till följd av sväljning av fyllmaterial är minimala. Ett undantag görs i en studie (Kim et al. 2012) för barn med Pica-beteende, d.v.s. för barn som sväljer oätbara substanser så som t.ex. jord där hälsorisken inte anses vara minimal.

Åtta studierna som har genomfört riskkaraktisering inkluderar riskbedömning av exponering via inandning av emissioner från fyllmaterial (Pavilonis et al 2014; Ruffino et al 2013; Kim et al. 2012; Ginsberg 2011; Menichini et al 2011; New York State, 2009; 2006; Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital, 2006; Moretto 2007).

Slutsatserna från studier av utomhusplaner är att hälsoriskerna till följd av inandning är minimala (Pavilonis et al 2014; Ruffino et al 2013; Kim et al. 2012; Ginsberg 2011; Menichini et al 2011; New York State, 2009; Moretto 2007). Slutsatser från studier på inomhushallar visar att det inte finns någon förhöjd cancerrisk (Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital, 2006; Ginsberg 2011). En studie uppger att det inte går att utesluta att det finns en möjlig risk för latexallergi till följd av inandningsexponering (Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital, 2006). I den norska studien genomförs ingen riskkaraktisering av inandning av latex, d.v.s. naturgummi, utan det konstateras att däck innehåller latex och att allergirisken bör utredas. På grund av detta dras slutsatsen att SBR bör fasas ut i inomhushallar då fyllmaterial ska bytas medan Ginsberg (2011) drar slutsatsen att det är klokt att ha bra ventilation i inomhushallar med SBR och Moretto (2007) drar slutsatsen att god ventilation är att rekommendera vid installation av SBR i mindre inomhushallar men att det inte finns någon förhöjd risk för installationsarbetare.

5.2. TPE

När det gäller miljörisk så är det endast studien av Danish EPA (2008) och Moretto (2007) som har studerat TPE. Det är dock lite otydligt vilka slutsatser som dras för materialet i studien av Danish EPA men TPE har inte angetts någon miljörisk. Moretto (2007) drar slutsatsen att TPE har minimal påverkan på vatten och den akvatiska miljön i ett kort och medellångt tidsperspektiv.

Två av studierna som genomför riskkaraktisering inkluderar riskbedömning av hudexponering för fyllmaterial av TPE på utomhus konstgräsplan (Ruffino et al 2013; Danish EPA 2008). Slutsatserna från studierna är att hälsoriskerna till följd av hudexponering till TPE är minimala.

Gällande hälsorisken via exponering vid inhalation, så bedömdes cancerrisken till minimal vid spel på utomhusplaner (Ruffino et al 2013) samt på inomhus- och utomhusplaner (Moretto 2007). Moretto (2007) drar slutsatsen att god ventilation är att rekommendera vid installation av TPE i mindre inomhushallar (Moretto 2007).

En av studierna som genomför riskkaraktisering inkluderar riskbedömning av exponering via sväljning av TPE (Danish EPA 2008). Hälsorisken bedöms som minimal.

5.3. EPDM

När det gäller miljörisk genom alla exponeringsvägar så drar en studie slutsatsen att risken för påverkan på grundvatten och akvatiskt liv inte är stor (Danish EPA 2008). Moretto (2007) drar slutsatsen att EPDM har minimal påverkan på vatten och den akvatiska miljön i ett kort och medellångt tidsperspektiv.

Gällande hälsoriskerna har två av studierna som har genomfört riskkaraktärisering inkluderat riskbedömning av exponering via sväljning, inandning och hudkontakt av fyllmaterial (Kim et al. 2012) och sväljning och hudkontakt av fyllmaterial (Danish EPA 2008). Slutsatsen från den ena studien (Kim et al. 2012) är att hälsoriskerna är minimala med undantag för barn med Pica-beteende. I denna studie ingår både EPDM och SBR men resultaten redovisas sammantaget. Slutsatsen från den andra studien (Danish EPA 2008) är att hälsoriskerna till följd av exponering via inandning och sväljning är minimala men att det inte går att utesluta allergisk risk till följd av hudkontakt för känsliga individer.

En studie har undersökt hälsoriskerna vid exponering via inandning och drar slutsatsen att riskerna är minimala på utomhus- och inomhusplaner med att det rekommenderas god ventilation för arbetare som installerar EPDM i mindre inomhushallar (Moretto 2007).

5.4. R-EPDM

Ingen av studierna som har genomfört riskkaraktärisering inkluderar riskbedömning av R-EPDM.

5.5. Övriga studier - exponeringsanalyser

Det finns ett flertal studier där riskbedömningen endast har dragits till att inkludera exponeringsanalys. Dessa studier är ändå viktiga att nämna samt tydliggöra hur resultaten från dessa förhåller sig till resultaten från de mer kompletta riskbedömningar som genomförts.

När det gäller övriga miljöstudier så visade dessa att SBR kunde emittera metaller och organiska ämnen till vatten. Gällande metaller så är de främst zink som kan påträffas i lakvatten (US EPA 2009, Täby Kommun 2011, Zhang et al. 2008, Bocca et al. 2009). Även organiska ämnen så som anilin, fenoler, benzothiazole har visat sig förekomma. Hur väl dessa resultat även stämmer för däck som producerats från år 2010 är dock svårt att säga. US EPA (2009) drar slutsatsen att dessa ämnen är i sådana mängder att det troligtvis inte utgör någon risk för miljön. Liknande slutsatser dras av Bristol and McDermott (2008) som har studerat dränvattnets kvalitet från tre konstgräsplaner med SBR. I en studie av dränvatten från en konstgräsplan med SBR i Täby i Stockholm höll dräneringsvattnet dricksvattenkvalitet, låga halter av metaller och PAH och fenoler (Täby Kommun 2011). En annan slutsats dras av Norwegian Building Research Institute, (2004) där uppskattningar av dränvattnets kvalitet indikerar att vattnet från konstgräsplaner med återvunnet gummi (ej specificerat vilket) bör vara starkt förorenat av zink.

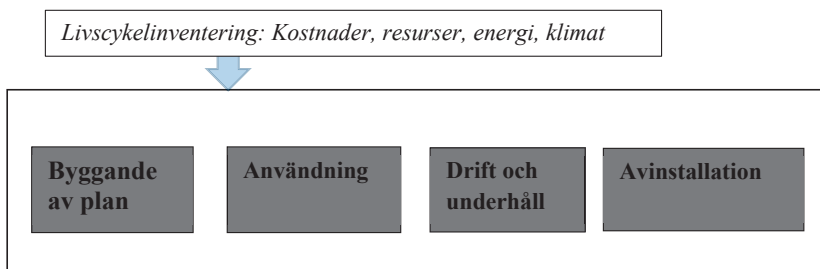
När det gäller partiklar i luft vid spel på konstgräs med SBR så finns det ett flertal exponeringsanalyser. En studie har visat på att partikelhalterna och halterna av vissa oönskade ämnen i luft var högre i inomhushallar än utomhus (Simcox 2011). En studie visade att vissa organiska ämnen påträffats förhöjda i luft i inomhushallar (Norwegian institute of air research 2006). Det kan diskuteras hur relevanta resultaten är då flera av dessa ämnen kopplas till användningen av högaromatiska oljor i däck som starkt begränsats i produktionen av däck sedan år 2010. I en exponeringsstudie av luftföroreningar i en inomhushall konstaterades att de beräknade halterna av PAH och tungmetaller var mycket låga (Stockholms stad 2004). Liknande resultat ges av en annan studie av luftföroreningar i en inomhushall (Södertälje kommun 2004).

En studie av sex utomhusplaner med TPE och SBR visade att luftkvaliteten generellt sett var densamma som bakgrundsvärden (Schiliro et al 2013). Liknande slutsatser framkommer av en studie av två utomhusplaner med SBR (Bristol och McDermott 2008). Även dessa slutsatser ligger i linje med de mer kompletta riskbedömningar som beskrivits i tidigare avsnitt.

När det gäller upptag av PAH och ftalater hos spelarna så finns ett fåtal exponeringsanalyser och dessa stödjer slutsatserna i de mer kompletta riskbedömningarna av cancerrisker som tidigare beskrivits. Gällande spelarnas blod till följd av spel på utomhusplaner med SBR visar två studier att upptaget av PAH och ftalater är minimalt (Joost et al 2009; Arbets- och miljömedicin - Lund, 2012). Dessa slutsatser ligger också i linje med exponeringsstudien av Västra Götalandsregionen (2007) där bedömningen görs att det inte finns en ökad cancerrisk till följd av PAH:er och hudkontakt, sväljning eller inandning på utomhusplaner med SBR. När det gäller sväljning av SBR påvisade Zhang et al (2008) att biotillgängligheten till PAH är minimal.

6. LIVSCYKELINVENTERING

I figur 7 presenteras de valda systemgränserna för livscykelinventeringen.



Figur 7. Systemgränser för livscykelinventeringen

Den funktionella enheten för livscykelstudien var byggnad, användning av fotbollsplan under 10 år samt avinstallation av konstgräsmattan.

Fallstudien baserades på de exempel på byggnation och drift- och underhåll som ges i kapitel 3 och 4.

Det markförberedande arbetet innebär att marken schaktas ur med grävmaskin. Massorna omlastas till en lastbil som transporterar iväg massorna. Schaktning görs för dräneringssystemet i fiskbensmönster. På insidan av dräneringskanalerna läggs geotextil och sedan installeras dränrör varpå kanalerna fylls med grus. Förstärkningslager och avjämningslager transporteras dit och läggs ut i högar med lastbil. Sedan hyvlas och sladdas materialen flera gånger för att sedan köras med vält utan vibrator i olika lager.

En färdigproducerad pad läggs ut och efter det rullas konstgräset ut i delar som limmas ihop tillsammans med en emellanliggande remsa av papper. Sedan fylls konstgräset med sand och fyllmaterial. Planlinjer målas på konstgräset.

Planen borstas och harvas 1 gång/vecka med hjälp av en traktor med en borst respektive harv påkopplat bak. Planen rengörs 1 gång/år med en rengöringsmaskin. Ca 6 ton fyllmaterial per år återfylls för att kompensera för förlorat fyllmaterial. Under vinterperioden vid snöfall plogas och borstas planen vid behov samt saltas.

Efter 10 år är konstgräset slitet och avinstalleras. Konstgräs och granulat plockas bort och transporteras till deponi för förbränning. Bergmaterial schaktas inte ur.

Parametrar som ska analyseras i livscykelinventeringen är kostnader (kr), klimat (kg CO₂ ekvivalenter), energi (MJ) och miljögifter/farliga ämnen (mg/liter, mg/kg eller liknande)

6.1. Datakvalitet

Vid datainsamling har ambitionen varit att finna så fallspecifika data som möjligt. Följande prioriteringsordning för datakvalitet har följts:

- 1) Generella litteraturdata
- 2) Uppskattningar från kontakter med branschaktörer
- 3) Antaganden

För produktion av fyllmaterialen och dess miljöpåverkan har en fördjupad studie genomförts som presenteras i kapitel 7. Fyllmaterialen antas levereras med lastbil. Uppgifter om kostnader för EPDM och TPE är hämtade från Arboga Kommun (2013). Uppgifter om kostnaden för SBR är hämtad från Trafik och Fritid (2015). Kostnader för R-EPDM har baserats på uppgifter från leverantör (Otterström 2015). Kostnaden för arbetskraft baserades på antaganden utifrån Nilsson och Wall (2009).

För produktion av el användes data för svensk genomsnittlig elproduktion. Dessa data hämtades från en LCA-studie av vägar (Stripple 2001). Data gäller primärenergi, d.v.s. de energikällor som utnyttjas för att producera el. Vid beräkningar av energiinnehåll och resursförbrukning av torv används data för lignit, d.v.s. brunkol.

Dräneringsrören antogs vara tillverkade av termoplasten Polyvinylklorid (PVC). Emissionsdata för produktion av PVC hämtade från Baitz et al. (2004). Data inkluderar råvaruframställning och tillverkning av PVC rör. Tillverkning antogs ske i Sverige och att dräneringsrören levererades med lastbil. Prisuppgifter för dräneringsrör hämtades från handel (Byggmax, 2015).

Produktionsdata för geotextil hämtades från Svingby & Båtelsson (1999). Tillverkning antogs ske i Tyskland varifrån transport sker med lastbil. Uppgifter om kostnader för material hämtades från handel (Stenbolaget 2015).

Krossprodukter för fyllnad i dränering, förstärkningslager, bärlager, avjämningslager och fyllsand i konstgräsplanen antogs produceras vid en täkt. Krossprodukter som bergkross och sand till konstruktion av deponi antogs också produceras vid täkt. Energiförbrukning och klimatpåverkan för alla krossprodukterna antogs vara samma som för produktion av bergkross och data för energianvändning och klimatpåverkan hämtades från Stripple (2001). Produktionsdata inkluderar sprängning av berg, transport av sprängsten och krossning av denna. Krossprodukterna antogs levereras med lastbil. Uppgifter om kostnader för material hämtades från leverantör (Jehandars 2014).

Paden är vanligtvis prefabricerad och består ofta av plast eller R-EPDM. För platslagd pad används ibland SBR som fyllmaterial medan prefabricerad pad ofta består av fyllmaterial som plast eller R-EPDM. På grund av brist på data om pad av plast och R-EPDM så antogs paden bestå av SBR granulat pressat till en pad. Produktionsdata gällande klimatpåverkan hämtades från IVL (2012) medan ingen data för energianvändning kunde erhållas. Istället antogs energianvändningen för produktion av pad vara densamma som energianvändningen för produktion av SBR. Paden antogs

produceras i Sverige och levereras med lastbil. Uppgifter om kostnader för material och installation hämtades från leverantör (Westin 2015, *personlig kommunikation*).

Utifrån produktinformation från leverantörer av konstgräs på den svenska marknaden så består konstgräsfibern och mattan av olika plastmaterial. Material som använd i matta och fiber är polypropen, och polyeten. Även polyuretan kan användas i mattan.

För beräkning av energianvändning och klimatpåverkan användes data för en konstgräsmatta som består av fiber som är gjorda av polypropen och en matta av polyuretan (IVL 2012). Uppgifter om kostnader för material hämtades från leverantör (Westin 2015, *personlig kommunikation*).

Limmet som används för att limma ihop konstgräsmattan antogs vara ett tvåkomponents polyuretanbaserat lim utifrån samtal med leverantör (Westin 2015, *personlig kommunikation*).

Den totala sammansättningen av limmet var ej möjligt att tillgå, men de huvudsakliga beståndsdelarna var 50-70 % kalciumkarbonat, 5-10 % Polymetylenpolyfenylisocyanat och 1- 5 % Oligomer metylen bisfenyl diisocyanat (MDI) (TEC 2015). Produktionsdata gällande energianvändning och klimatpåverkan för kalciumkarbonat hämtades från IMA Europe (2012) och inkluderar råmaterialframställning till paketering av den slutgiltiga produkten. Uppgifter om kostnader för lim hämtades från leverantör (Konstgräsnet.se, 2015).

Kostnader för arbetskraft gällande installation av dränering och geotextil, samt kostnader för arbetskraft och maskiner för utläggning av krossprodukter och konstgräsmatta antogs vara likvärdiga som kostnaden för utläggning av krossprodukter hämtat från Nilsson och Wall (2009).

Produktionsdata för beräkning av energianvändning och klimatpåverkan för Polymetylenpolyfenylisocyanat kunde inte erhållas och är därför inte inkluderat i studien. Produktionsdata för MDI hämtades från livscykelanalysstudien av Pavlovich et al (2011) och inkluderar råvaruförframställning till färdig produkt.

Den linjefärg som används för målning av konstgräsplaner är oftast en emulgering av pigment och vattenbaserade emulsioner. Färgen späds med vatten. Produktionen av linjefärg antogs motsvara en pulverfärg som inte innehåller lösningsmedel. Pulverfärgen består av pigment, bindemedel och fyllnadsmedel. Data för energianvändning och klimatpåverkan hämtades från livscykelanalys av färg (IVL 1999) samt sammandrag av samma rapport (Sveffs 2012).

Saltet antogs levereras med lastbil. Uppgifter om kostnader för färg hämtades från Trafik & Fritid (2015). Uppgifter om kostnad för arbetskraft baserades på antaganden gällande nedlagd tid samt vaktmästarlön för drift (SCB; Skatteverket 2015) samt i byggskedet på antaganden utifrån Nilsson och Wall (2009).

För produktion av salt har data hämtats från Stripple (2001). Saltet kommer från gruvbrytning i Tyskland och antogs levereras med lastbil. Uppgifter om kostnader för

salt hämtades från handel (Jula 2015). Kostnad för arbetskraft baserades på antaganden utifrån nedlagd tid för saltning samt vaktmästarlön (SCB; Skatteverket 2015). Kostnad för drivmedel baserades på uppgifter från Ekologgruppen (2013).

Jorden till växtetableringsskiktet i deponin är matjord som grävs ut med grävmaskin och lastas på lastbil för transport till deponin. Moränen till skyddsskiktet finns enligt Magnusson (2005) ofta redan tillgänglig i deponiområdet och utgörs av överbliven jord från tidigare utgrävningar. Därför ingick inte utgrävning och transport av morän till skyddsskiktet i denna studie.

I brist på produktionsdata för tillverkning av bentonitmatta användes separata data för produktion av geotextil och bentonit. Inventeringsdata för produktion av bentonitskiktet har hämtats från Magnusson (2005) och avser brytning av magnetit. Tillverkning av bentonitmattan antogs ske i Tyskland och levereras med lastbil. Arbetsmaskiner som används vid konstruktion, drift och underhåll och avinstallation av konstgräsplan samt anläggande av deponi är hjullastare, grävmaskiner, traktor och vält.

I tabell 4 presenteras vilka fordon och maskiner som antagits användas under olika moment i konstgräsplanens livscykel.

Tabell 4. *Fordon och maskinarbete för olika moment som antagits för studien*

Bygghfas	Fordon/ maskin
Utgrävning och omlastning av schaktmassor	Grävmaskin
Utläggning av geotextil	Manuellt arbete
Utläggning av dräneringsrör	Manuellt arbete
Utläggning av fyllning runt drän	Manuellt arbete
Utläggning av förstärkningslager	Grävmaskin
Utläggning av avjämningslager	Grävmaskin
Utläggning av pad	Manuellt arbete
Hyvling av förstärkningslager och avjämningslager	Traktor
Packning av förstärkningslager och avjämningslager	Vält
Utläggning av pad	Manuellt arbete
Utläggning av konstgräs	Manuellt arbete
Limning av konstgräs	Manuellt arbete
Utläggning av fyllsand	Manuellt arbete
Utläggning av fyllmaterial	Manuellt arbete
Linjemålning av konstgräs	Manuellt arbete
Drift och underhåll	
Harvning	Traktor
Borstning	Traktor
Plogning	Traktor
Saltning	Manuellt arbete
Återfyllnad av fyllmaterial	Manuellt arbete
Avinstallation	
Utgrävning och omlastning av underliggande lager	Grävmaskin
Konstruktion av deponi	
Utläggning av växtetableringsskikt	Grävmaskin
Utläggning av skyddsskikt (morän)	Grävmaskin
Utläggning av Övre dräneringsskikt (bergkross)	Grävmaskin
Utläggning av Övre skyddslager (sand)	Grävmaskin
Utläggning av Geotextil (materialavskiljande)	Grävmaskin
Utläggning av Bentonitmatta (övre tätskikt)	Grävmaskin
Utläggning av Undre dräneringsskikt (bergkross)	Grävmaskin
Utläggning av Undre skyddslager (sand)	Grävmaskin

Grävmaskinen antogs vara av modellen Volvo åkerman EC620 och schaktbarhetsklass 1. Data för grävmaskinen hämtades från Stripple (2001). Data för traktor hämtades från Ekologgruppen (2013).

Data för vält hämtades från Stripple (2001) och är av modellen Dynapac CA 151D.

Uppgifter för kostnader gällande underhåll och drift med traktor hämtades från Ekologgruppen (2013) samt tanka.se (20/5 2015).

Data för transporter hämtades från Baumann & Tillman (2004). För beräkning av energianvändning och klimatpåverkan så har produktion och transport av bränsle inkluderats. Tillbakatransporter som går tomma är inkluderade för att vara konsekvent.

Data för lastbilstransporter hämtades från Baumann & Tillman (2004) och antogs ske med en medelstor lastbil för regional distribution med lastkapacitet på 8,5 -14 ton.

Uppgifter om kostnader för transport baserades på en kostnadsstudie på materialtransporter av Frosth (2014) där transportavståndet från leverantör till anläggningsplatsen samt från anläggningsplatsen till kvittblivningsplats antagits vara 50 km. Tillbakatransporter som går tomma är inkluderade och lastbilen beräknades ha lastkapaciteten 14 ton.

Transportavstånd för material presenteras i tabell 5.

Tabell 5. *Transportavstånd för de olika konstruktionsmaterialen*

Material konstgräsplan	Transportavstånd [Km]
SBR	1000
TPE	1000
EPDM	1000
R-EPDM	1000
Pad	1000
Konstgräsmatta	1000
Konstgräs sand	50
Avjämningslager	50
Bergkross	50
Schaktmassor	50
Geotextil	200
Dränrör	200
Rörgrus	50
Lim	200
Linjefärg	200
Salt	200
Plogad snö	10
Material deponi	
Material som ska förbrännas	50
Material som ska deponeras	50
Aska från förbränning som ska deponeras	50
Bergkross	50
Sand	50
Geotextil	200
Matjord	20
Bentonit	30

För förbränning har endast data för klimatpåverkan från förbränning av fyllmaterial och plastmaterial erhållits. Data för fyllmaterial hämtades från IVL (2012) och utgör ett beräknat genomsnitt av klimatpåverkan vid förbränning av TPE, SBR och EPDM. Ett antagande har gjorts att askresten utgör ca 5 % viktmissigt av den massa som bränns. Data för konstgräsmatta hämtades från Eriksson & Finnveden (2009) och baseras på klimatpåverkan från förbränning av plast.

Data för produktion av deponi hämtades från Stabcon (2008). Deponin antas rymma 4 m³ deponerat material per m². Uppgifter om kostnader för kvittblivning hämtades från Sysav (2015) och DA Mattsson (2015). Uppgifter om kostnader för materialtransporter baserades på en studie av materialtransporter av Frosth (2014) och kostnader för

schaktarbeten baserades på data från revisionsrapport för exploateringsprojekt (Oskarshamns Kommun 2015).

Kostnaden för arbetskraft för underhåll och drift baserades på månadslön för byggnadshantverkare (SCB, 2015) kompletterat med arbetsgivaravgifter enligt Skatteverket (2015) på 31,42 %.

7. IDENTIFIERING AV POTENTIELLA FÖRORENINGSKÄLLOR OCH KEMISK ANALYS

I detta avsnitt beskrivs de potentiella föroreningskällor som har undersökts. Undersökningen har avgränsats till några av de vanliga konstruktionsmaterialen i en konstgräsplan;

- 1) Dräneringsledningar
- 2) Geotextil
- 3) Krossprodukter så som bergkross och grus samt sand för avjämning och fyllning
- 4) Pad
- 5) Konstgräs
- 6) Lim för konstgräs
- 7) Linjefärg
- 8) Salt
- 9) Fyllmaterialen SBR, TPE, EPDM och R-EPDM

Gällande fyllmaterialen så har en fördjupad studie genomförts och därför beskrivs fyllmaterialen separat i avsnitt 7.2.

7.1. Potentiella föroreningskällor

Dräneringsrör kan tillverkas av olika plastmaterial. Gällande dräneringsrör av polyvinylklorid (PVC) har tidigare fältstudie av hälsorisker med dricksvattenrör av PVC visat att de kan emittera låga halter som hittats i dricksvatten ($<0,03 \mu\text{g/l}$) av ämnet dibutyltenn. Labstudier har visat att även små mängder bly kan läcka från rören. Andra typer av polyetenrör har också visats sig kunna släppa oönskade ämnen. Det finns få studier på området och det behövs mer forskning. (SWEREA KIMAB 2008).

Geotextil antogs vara tillverkad av polypropen. Ingen data för spridning av oönskade ämnen från geotextil har kunnat erhållas

Krossprodukterna är antagna att produceras i en täkt norr om Stockholm där granit är en dominerande bergart. Innehåll och lakdata för granit presenteras i tabell 6 och har hämtats från (Tossavainen och Forsberg, 2000). Det är osäkert vilken typ av lakningsmetod som ha använts i studien.

Tabell 6. Innehåll och lakning av ämnen i granit.

Grundämne	Innehåll, mg/kg	Lakbarhet, %
Aluminium	77800	0,12
Kalcium	25400	2,24
Järn	38700	1,24
Kalium	24600	5,25
Magnesium	14800	0,73
Natrium	28700	0,26
Kisel	303800	0,06
Arsenik	11,1	1,68
Barium	744	2,37
Kadmium	0,23	15,9
Kobolt	9,7	5,68
Krom	107	0,26
Koppar	61,6	0,26
Kvicksilver	Ej mätbart	Ej mätbart
Mangan	690	6,54
Nickel	22,7	6,78
Bly	9,7	2,80
Strontium	400	0,60
Svavel	1000	9,30
Vanadin	115	Ej mätbart
Zn	69,7	4,00

Dessa grundämnen uppträder i andra former, t.ex. som oxider och dessa finns inte med i tabellen. De ämnen som befinner sig ovan den tjocka linjen i tabellen utgör de huvudsakliga ämnena i granit medan ämnen under linjen är spårbara ämnen. I samråd med Mácsik (2015 personlig kommunikation) utgör ingen av de huvudsakliga ämnena någon miljörisk utifrån de mängder som kan tänkas laka ut.

En pad kan tillverkas på olika sätt. Paden kan t.ex. bestå av SBR, EPDM eller R-EPDM blandat med lim (Westin, personlig kommunikation 2015). Limmet kan vara av typen en komponents polyuretan binder och innehålla isocyanater vilka är cancerogena enligt Byggsvarubedömningen (2013).

Ingen information angående lakning från pad har kunnat erhållas. Innehåll av önskade ämnen i stötdämpande ytor av SBR har dock studerats i Norge och har påvisat ftalater och PAH:er. Dock var halterna så låga att dessa ämnen inte utgjorde någon hälsorisk. Däremot kan de utgöra en miljörisk. Eftersom en pad till skillnad från en stötdämpande yta är placerad under konstgräset så kommer inte paden att ha någon kontakt med användaren och vara mindre exponerad för vatten (NGU, 2011).

Tidigare studier på konstgräsmattor från norska byggforsk (2004) visade att vid tester av konstgräsfibern, d.v.s. själva strået, av polyeten och polypropen påvisades innehåll av koppar, zink, ftalater, 4-t-octylphenol och iso-nonyl-fenol. Lakningsförsök visade på utlakning av zink av den grad att det översteg riktvärden för vad som är ett mycket starkt förorenat vatten enligt Norwegian Pollution Control Authority. En amerikansk studie visade att vid test av endast ett konstgräsfiber visade på innehåll av krom (Zhang et al 2008)

En dansk studie av sex konstgräsmattor visade bl.a. utlakning av ftalater och nonylfenol. (Danish EPA 2008) medan en koreansk studie visade på innehåll av zink och bly (Kim et al. 2012) och en amerikansk studie visade på innehåll av bly (Van Uliosch et al 2010)

Riskbedömningar av konstgräs har visat att hälsoriskerna är generellt sett minimala (Paviolinis et al 2014; Danish EPA). Van Uliosch et al (2010) bedömde att konstgräs som innehåller bly och slits ner kan innehålla damm som kan medföra en risk för barn.

Limmet som används för att limma ihop konstgräsmattan är ett tvåkomponents polyuretanbaserat lim. Mängden lättflyktiga organiska ämnen kan vara 4 g/liter produkt (TEC 2015). Inga studier angående miljörisker för limmet har hittats.

Gällande linjefärg noteras att färger kan innehålla konserveringsmedel och fungicider men normalt i halter som är lägre än de där hälso- eller miljöeffekter kan uppstå. Andra tillsatser är antiskinnmedel som är allergiframkallande på huden. (Sveffs 2012)

Gällande salt så kan det lakas ut i konstgräsplanen. Saltning kan innebära en miljörisk då det kan ge negativa effekter på växtlighet och påverka dricksvatten. (Trafikverket 2015)

7.2. Fyllmaterial

På marknaden finns ett antal fyllmaterial med olika sammansättning. De material som används främst i Sverige är återvunnet styrenbutadiengummi (SBR), etenpropendien gummi (EPDM) och termoplastisk elastomer (TPE). Även återvunnet EPDM gummi, så kallat R-EPDM används. (Jakobsson 2015, *Personlig kommunikation*)

SBR är ett vulkaniserat gummi och består av uttjänta, granulerade däck. Det finns också varianter av SBR som är ytbelagda, så kallat coated SBR. EPDM är ett vulkaniserat gummi med sampolymeren EPDM som bas medan R-EPDM är granulat tillverkat av uttjänta EPDM-produkter. TPE är en termoplastisk elastomer som har blandats med gummi.

I tabell 7 presenteras producenter som identifierats via svenska konstgräsleverantörer och via internetscreening. I tabellen beskrivs var deras produktion är lokaliserad samt tillgänglig information om materialens produktion, innehåll och miljömässiga belastning lokalt och globalt.

Tabell 7. Producenter av fyllmaterial, produktionsland och tillgänglig information via hemsidor

Producent & land\Fyllmaterial	SBR	EPDM	R-EPDM	TPE	Tillgänglig information via webbsida
GummiAppel, Tyskland	x	x			Datablad
Unirubber, Polen	x	x	x		Datablad
Imdex, Danmark	x				-
Murfitts, Storbrittanien	x				Datablad, Toxikologiska tester
Genan, Danmark	x				Datablad, LCA, Säkerhetsdatablad, Toxikologiska tester
Ragn-Sells, Sverige	x				-
Melos, Tyskland		x			Datablad, Säkerhetsdatablad
Gezolan Schweiz		x			Datablad, säkerhetsdatablad
Goldenplast, Italien				x	Datablad
Softer, Italien				x	Datablad, säkerhetsdatablad

Den tillgängliga informationen om fyllmaterialens innehåll och miljöpåverkan via producenternas hemsidor varierade kraftigt mellan producenterna. Merparten av tillverkarna presenterade datablad, det vill säga produktblad, på deras hemsida. Dock var informationen om sammansättningen i materialen begränsad. För några material fanns de huvudsakliga komponenterna angivna i säkerhetsdatablad. Resultat från toxikologiska tester fanns att hämta från hemsidor för endast två fyllmaterial, SBR från Murfitts och Genan. Vidare information om hur fyllmaterialen produceras var mycket begränsad, detsamma gäller för redovisning av livscykelanalyser för materialen.

Informationen från hemsidor hos leverantörerna var inte tillräcklig för att kunna få en övergripande bild av miljöpåverkan, detta gäller både tillverkningskedje och användningsskede. För att kunna bedöma lokal och global miljöpåverkan av fyllmaterialen krävs kompletterande information.

I tabell 8 ges en sammanställning av vilka material och ämnen som fyllmaterialen kan innehålla. Olika leverantörer och kontakter har redovisat delvis olika tillsatser vid produktion av fyllmaterialen EPDM och TPE. För att särskilja dessa källor så redovisas dessa i separata celler i tabellen.

Tabell 8. Sammanställning av möjligt innehåll i fyllmaterialen

Fyllmaterial	Produktion av råvara	Produktion av fyllmaterial	
SBR	25 % förstärknings-/fyllmedel ¹ 21 % syntetiskt gummi (SBR, BR), 21 % naturgummi 12 % ”coated wires” ² , 8 % mjukgörare ³ 5 % textil. 2,5 % aktivatörer ⁴ 1,3 % åldringsskydd ⁵ 1,2 % vulkmedel ⁶ 0,7 % acceleratörer ⁷ , 0,3 % återvunnet gummi (Einarson 2009)	Inga tillsatser, endast mekanisk bearbetning och separering av material från bildäck. (Svahn, personlig kommunikation 2015)	
EPDM	Naturgummi Syntetiskt gummi Fyllmedel ⁸ Flamskyddsmedel ⁹ Mjukgörare, Vulkmedel ¹⁰ (Olsson, personlig kommunikation 2015)	Gummiblandning baserad på EPDM Fyllmedel Paraffinolja Färgämnen Vulkmedel Processaktivatörer Antioxidanter (Gezolan, 2014b)	Polymerer Kolväte Mineralfyllmedel Pigment Mjukgörare UV-skyddsagenter Vulkmedel. (Gezolan 2014b)
R-EPDM	Bl.a. uttjänta packningar och bilmattor. (Unirubber, 2013)	Ej tillgänglig	
TPE	40 % SEBS 20 % polypropen, 30-40 % mjukgörare (paraffinolja), Additiver (pigment, UV-stabilisatorer ¹¹ , processstabilisatorer ¹²). (Eriksson, personlig kommunikation 2015b)	SEBS-baserat fyllmaterial. (Forgrin, 2015)	Polyolefinelastomerblandningar, kalciumkarbonat. (Forgrin, 2014)

Gällande däck för personbilar så består själva råvaran av ca 50 % syntetiskt gummi av SBR och BR och 50 % naturgummi. Tillsatser är förstärkningsmedel av kimrök eller silika och ”coated wires” av stål, brons, zink och mässing. Övriga tillsatser är återvunnet gummi, vulkmedel av svavel, aktivatörer av zinkoxid, stearinsyra och

¹ Kimrök, silica

² Stål, brons, zink, mässing

³ Aromatiska oljor

⁴ Zinkoxid, stearinsyra

⁵ 6PPD, 77PD, TMQ

⁶ Svavel

⁷ CBS, TBBS, MBTS

⁸ Exempelvis kimrök, krita, silika, talk och kaolin

⁹ Aluminiumtrihydrat, magnesiumkarbonater eller halogener (klorparaffiner)

¹⁰ Exempelvis peroxider och aktivatörer

¹¹ Hindrade aminer (HALS)

¹² Fosfiter och hindrade fenoler

mjukgörare av aromatiska oljor. Andra tillsatser är acceleratorer av CBS, TBBS och MBTS, åldringsskydd av 6PPD, 77PD, TMQ, textil av polyester, rayon och nylon samt bindemedel. Beroende på vulkningsprocessen så varierar ingredienserna. (Einarson 2009). Sedan år 2010 så är den tillåtna mängden HA oljor i däck kraftigt reglerad för att uppfylla EU:s gränsvärden (KEMI 2015).

Information om produktion av fyllmaterial av SBR inhämtades från Ragn-Sells granulanläggning i Heljestorp utanför Vänersborg, som samlar in däck inom en radie av cirka 60 mil. Ca 90 % av de återvunna däcken vid Ragn-Sells anläggning kommer från personbilar, resten från lastbilar och traktorer. Dessa hanteras inte var för sig i granuleringsprocessen utan blandas. Inga ämnen tillsätts däckmaterialet. Hanteringen på anläggningen består av mekanisk bearbetning, det vill säga klippning, och separering. Cirka 60 % av anläggningens produktion är däckgranulat medan stål och textilier utgör 20 % vardera. Däcken mals först ner till en fraktion av 0-150 mm innan det tas in i fabriken för att granuleras till tre olika fraktioner, där den mellanstora, som kallas Medium (1-2,8 mm), är den som används till fyllmaterial i konstgräsplaner.

Fyllmaterial av EPDM består, enligt en tillverkare, av en vulkaniserad gummiblandning, vilken är baserad på EPDM. Andra tillsatser är fyllmedel av naturligt mineral, paraffinolja, färgämnen, vulkmedel, processaktivatorer och antioxidanter (Gezolan, 2014). Tillverkningen startar med valsverk, för att sedan extruderas innan vulkanisering och granulering. Vulkanisering, eller tvärbindningsprocess, görs för att fixera elasticiteten genom inblandning av olika komponenter. Vulkanisering görs oftast antingen med svavel eller superoxid (Gezolan, 2014).

Företaget Trelleborg Ab (2015) är producenter av EPDM råvara. För tillverkning av EPDM använder Trelleborg AB naturgummi och syntetiskt gummi som blandas i en mixer med fyllmedel som exempelvis kimmör, krita, silika, talk och kaolin. Andra fyllmedel som blandas in är flamskyddsmedel så som aluminiumtrihydrat, magnesiumkarbonater eller halogener av klorparaffiner. Även mjukgörare av mineralolja blandas in. Detta vulkas sedan med små halter vulkmedel, vilka innehåller en stor mängd kemikalier, bl.a. peroxider och olika aktivatorer.

För R-EPDM har ingen information om tillverkningsprocessen kunnat erhållas. Från en producent uppgavs att råvaran har sitt ursprung från bl.a. uttjänta packningar och bilmattor (Unirubber, 2013).

För produktion av TPE har information om produktionen erhållits från So.F.teR. I deras produktblad deklarerar att materialet i produkten inte innehåller ftalater, perfluoroktansulfonat, halogener, PAH:er eller lösningsmedel, d.v.s. flyktiga organiska ämnen (So.F.teR., 2014).

För att finna vidare information om innehåll och tillverkning av TPE kontaktades Polykemi vilka tillverkar plastråvaror, så kallade compounds, baserade på de flesta polymerer av termoplast (Polykemi företagsbroschyr 2012). Företaget tillverkar inte längre TPE men har gjort det tidigare och då av typen av TPE som innehåller SEBS för komponenter till bilbältesanordningar. Polykemi tillverkar inte direkt från råolja utan vidareförädlar från inköpta komponenter. Innehållet uppges ha varit SEBS som levererades i granulatform. Vidare innehöll materialet polypropen, paraffinolja och additiver så som pigment, vilka troligtvis var organiska då temperaturerna för

tillverkningen inte är så höga. Andra tillsatser var UV-stabilisatorer som hindrade aminer och processtabilisatorer som fosfiter och hindrade fenoler (Eriksson, personlig kommunikation 2015).

Vid produktionen av plastråvaran smälts alla ingredienser och blandas i en dubbelskruvsextruder för att sedan kylas. (Eriksson, personlig kommunikation 2015)

Ingen av de kontaktade leverantörerna presenterade några data på energianvändning och klimatpåverkan för produktion av fyllmaterial. Informationen gällande tillverkningsprocessen om tillhandahölls var också för knapphändig för att på egen hand beräkna energianvändning och klimatpåverkan. Istället har data för energianvändning och klimatpåverkan hämtats från studien *Livscykelanalys på återvinning av däck* (IVL 2012).

Tillverkningen av fyllmaterial av SBR inkluderade däckinsamling, klippning, granulering och transport av fyllmaterial. I denna studie beräknas transporten av fyllmaterial exkluderas från produktionen och separat. Samma gäller även för övriga fyllmaterial. Däckinsamlingen sker med lastbil med en insamlingssträcka på 200 km. Lastbilen beräknades vara tom vid uttransport och lastgraden när lastbilen är fullastad är 75 %. Energiförbrukningen vid klippning av däck är antingen 20 KWh el/ ton däckklipp eller 108,3MJ diesel ton däckklipp beroende på klipputrustning. Ca 60 % av däcken klipps med eldriven utrustning. Granulering av däckklipp ger ett utbyte på 67 % granulär och energianvändningen är 294 KWh/ ton ingående däckklipp.

Tillverkning av fyllmaterial av EPDM antogs ske av EPDM som består till 68 % av kalciumkarbonat, 22 % EPDM och 10 % additiver. Additiverna har i sin tur antagits bestå av 20 % ftalater och 80 % mineralolja. Data för tillverkning av kalciumkarbonat och EPDM – polymer hämtades från programvaran Gabi. Energiförbrukningen vid granulering antas vara betydligt lägre än för SBR då processen inte kräver sönderdelning av stål och textilier. Därför antogs en tredjedel av energiförbrukningen för granulering av däck men med ett materialutbyte på 99 %.

Tillverkning av fyllmaterial av TPE antogs ske av TPE som bestod av 40 % kalciumkarbonat, 40 % SEBS och 20 % additiver. Additiverna har i sin tur antagits bestå av 20 % ftalater och 80 % mineralolja. Data för tillverkning av kalciumkarbonat och EPDM – polymer hämtades från programvaran Gabi. Energiförbrukningen vid granulering antas vara betydligt lägre än för SBR så ingen sönderdelning av stål och textilier krävs. Energiförbrukningen antas vara en tredjedel av energiförbrukningen för granulering av däck men med ett materialutbyte på 99 %.

Tillverkningen av R-EPDM har antagits vara lika som för SBR, d.v.s. inkludera insamling, klippning och granulering.

7.3. Kemisk analys

De ämnen som ansågs signifikanta ur miljö- och hälsosynpunkt vad gäller SBR var metallen zinkoxid som används vid vulkning samt kimrök och mjukgörare som kan innehålla PAH:er. Dessutom kan råvaran innehålla HA-oljor men vilka har minskats i däck i Europa sedan den tillåtna mängden HA oljor sänktes 2010 (KEMI 2015).

Även EPDM ansågs innehålla signifikanta ämnen ur miljö- och hälsosynpunkt. EPDM innehåller kimrök, mjukgörare och flamskyddsmedel som i sin tur innehåller metaller (aluminiumhydrat). Eftersom EPDM genomgår en vulkningsprocess är det rimligt att anta att det även innehåller zinkoxid. Dock föreligger här en osäkerhet, då det finns olika metoder för vulkningsprocesser.

Det som är initialt signifikant ur miljö- och hälsosynpunkt gällande TPE är att denna innehåller additiver som i sin tur kan innehålla både metaller och organiska ämnen. Processtabilisatorerna i TPE:n utgörs av fosfiter och hindrade fenoler, där fenolerna är intressanta ämnen att titta närmare på. UV-stabilisatorerna utgörs av hindrade aminer vilka innehåller kol-, kväve- och väteföreningar, dock är vetskapen om vilka aminer det handlar i detta material begränsade. Paraffinolja kan innehålla PAH:er samt att råvaran SEBS kan innehålla ftalater, PAH:er, fenoler, metaller och organiska ämnen.

Utifrån undersökningarna dras slutsatsen att det potentiellt finns ämnen i vartdera av fyllmaterialen som kan vara oönskade ur miljö- och hälsosynpunkt. Dessa är metaller och flyktiga organiska ämnen. Det är osäkert vilka metaller och organiska ämnen som de olika fyllmaterial kan innehålla och hur mycket av dessa som kan lakas ut. På grund av dessa osäkerheter vad gäller innehåll och dess mängd i de olika materialen bestämdes att vidare labstudier görs.

För labstudier bestämdes att lakningsförsök behövde göras för metaller och att en screening behövde göras för att identifiera lättflyktiga organiska ämnen samt grovt uppskatta halterna av dessa i lakvatten. Analyserna gjordes efter enstegs skaktest L/S=10.

Ett urval av leverantörer vars produkter SBR, TPE, EPDM och R-EPDM är representativa för de som används i byggandet av konstgräsplaner i Sverige kontaktades. Provtagning genomfördes så lika som möjligt för alla material. Vid alla provtagningar användes plasthandskar, ren plastspade och gastäta provtagningspåsar. Alla prover togs ur obrutna förpackningar förutom för SBR vars prov togs direkt i fabrik. Tabell 9 sammanfattar provtagningarna.

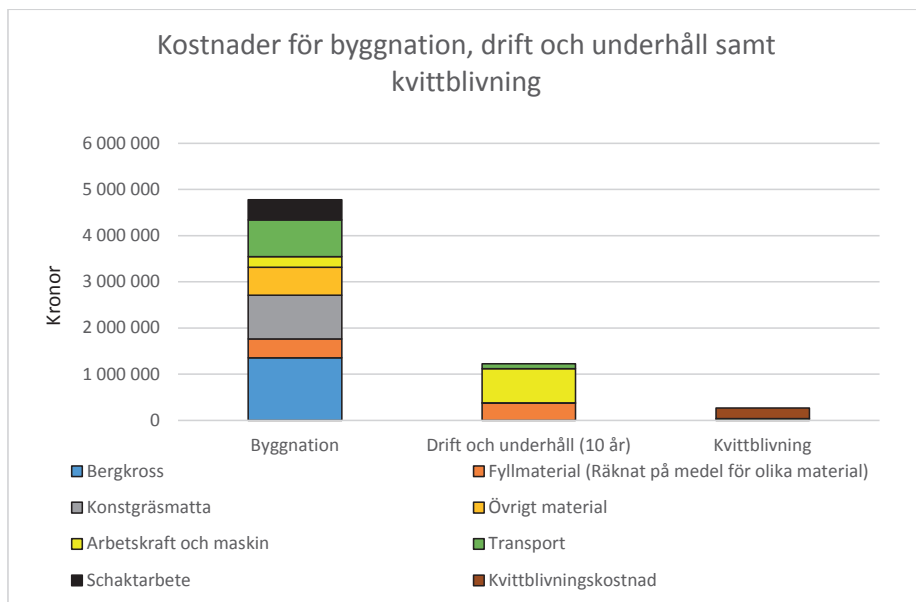
Tabell 9. *Data för provtagning av fyllmaterial*

Fyllmaterial	Datum provtagning	Storlek påse	Provpunkt, djup i påse	Mängd insamlat material	Tillverkningsdatum	Labanalyt datum
SBR	20150227	N/a	Direkt i fabrik	15 liter	20150227	20150324
TPE	20150220	1200 kg	0,4 m	15 liter	20131017	20150324
EPDM	20150220	20 kg	Toppen	15 liter	20130912	20150324
R-EPDM	20150428	20 kg	Toppen	15 liter	Ej tillgängligt	20150519

8. RESULTAT

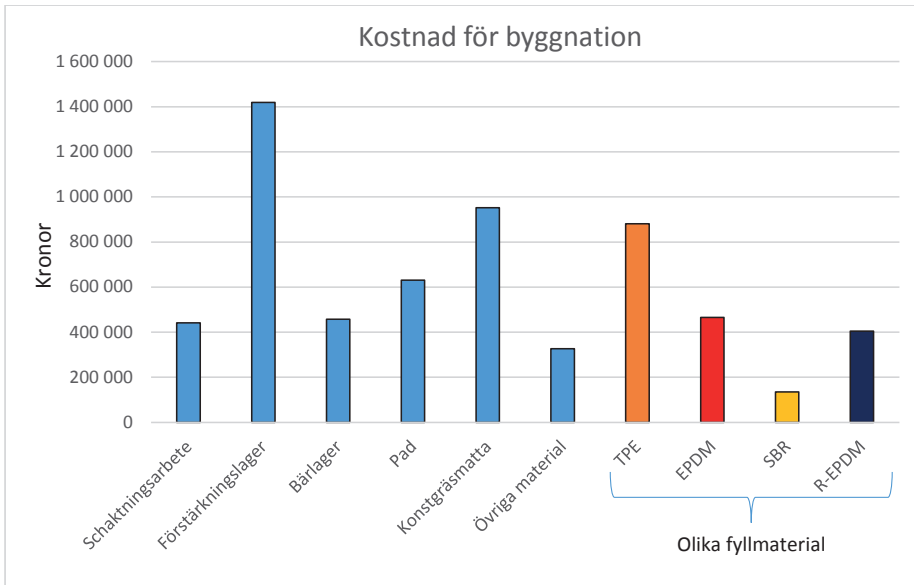
8.1. Kostnader

Kostnaderna för bygg-, drift och underhåll samt kvittblivning av konstgräsplan presenteras i figur 8.



Figur 8. Kostnader från bygg-, drifts- och kvittblivningsskede, räknat på ett medelvärde för fyllmaterial

Byggnationen innebar störst kostnader. Den största delen av kostnaderna, ca 70 %, utgjordes av materialkostnader medan kostnader för transport av material från återförsäljare till anläggningsplatsen utgjorde cirka 16 %. Kostnad för schaktningsarbetet stod för cirka 10 % av kostnaderna medan arbetskraft och maskin stod för 5 %. Vad gäller materialkostnaderna spelade val av fyllmaterial stor roll. I figur 7 har ett genomsnitt för kostnaderna för dessa används. I figur 9 presenteras byggkostnaderna fördelade på material.



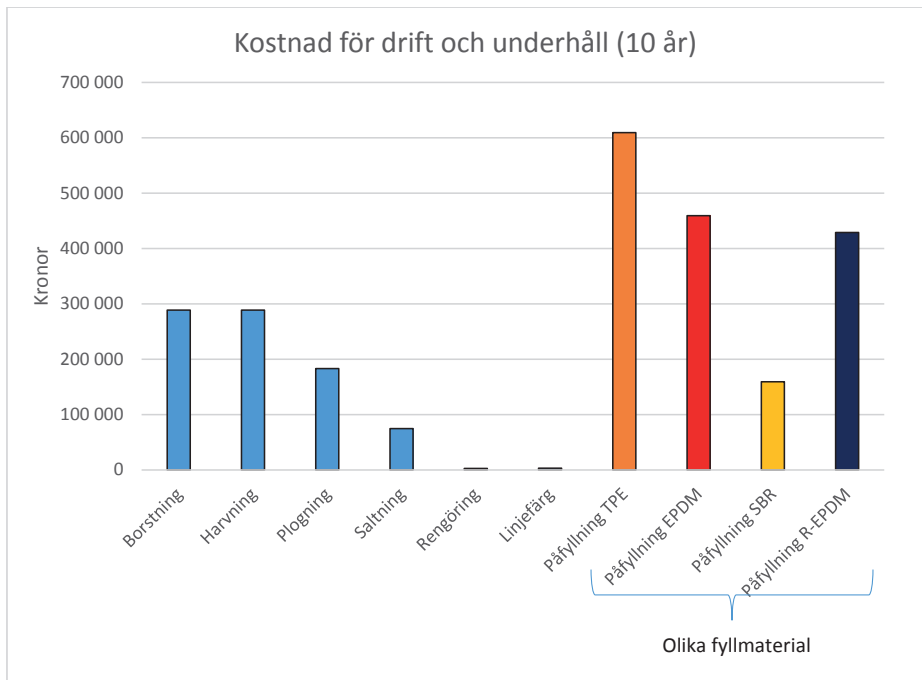
Figur 9. Kostnader från byggnation fördelat på material

Det mest kostsamma fyllmaterialet TPE hade i denna kalkyl ett fyra gånger högre kilopris än det minst kostsamma fyllmaterialet SBR. För kostnaden spelade även fyllmaterialets bulkvolym stor roll eftersom en viss tjocklek av fyllmaterialet i konstgräsmattan ska erhållas.

Materialkostnader för krossprodukter till bl.a. förstärkningslager och bärlager utgjorde en stor del av kostnaderna. Även kostnaden för själva konstgräsmattan var hög och utgjorde ca 30 % av den totala materialkostnaden i byggskedet.

Den totala anläggningskostnaden inklusive schaktningsarbete, arbetskraft, maskiner, transporter och material beräknat på en medelkostnad för de olika fyllmaterialen, var cirka 4 750 000 kronor. Detta motsvarar ca 600 kronor per kvadratmeter konstgräsplan.

I figur 10 presenteras kostnaderna för drift och underhåll under en 10-årsperiod.



Figur 10. Kostnader för drift och underhåll över 10 år

Den totala kostnaden för drift och underhåll över en tioårsperiod beräknades till ca 1,2 Mkr. Den årliga kostnaden var följaktligen cirka 120 000 kronor beräknat utan hänsyn till diskontering och nuvärdesberäkningar. I driftskedet utgjorde arbetskraft och maskin ca 60 % av kostnaderna medan material stod för 31 %, där påfyllning av fyllmaterialen var den mest betydande kostnaden. Gällande fyllmaterials-kostnaden så kan denna minskas om de fyllmaterial som försvinner från konstgräsplanen i samband med exempelvis plogning kan samlas upp och läggas tillbaka. När det gäller transport av material från återförsäljare till konstgräsplanen står dessa för 8 % av kostnaderna.

I figur 11 presenteras kostnaden för kvittblivning av konstgräs, fyllsand, fyllmaterial och pad.

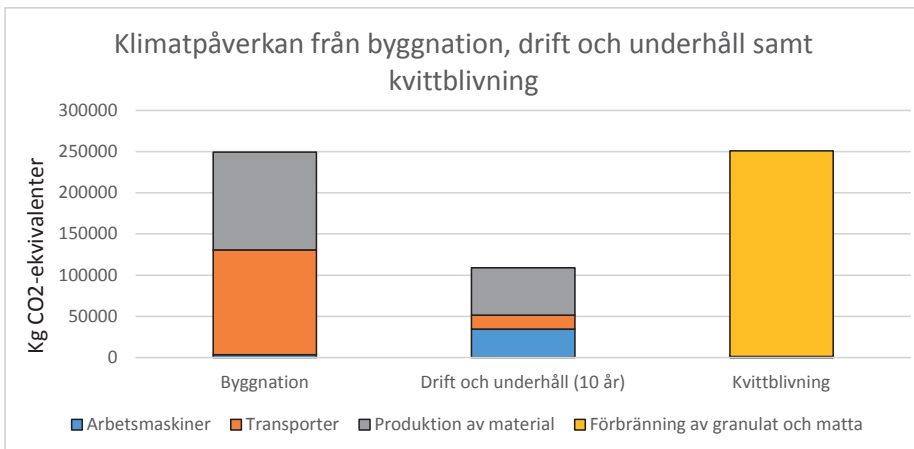


Figur 11. *Kvittblivningskostnad för slitlager*

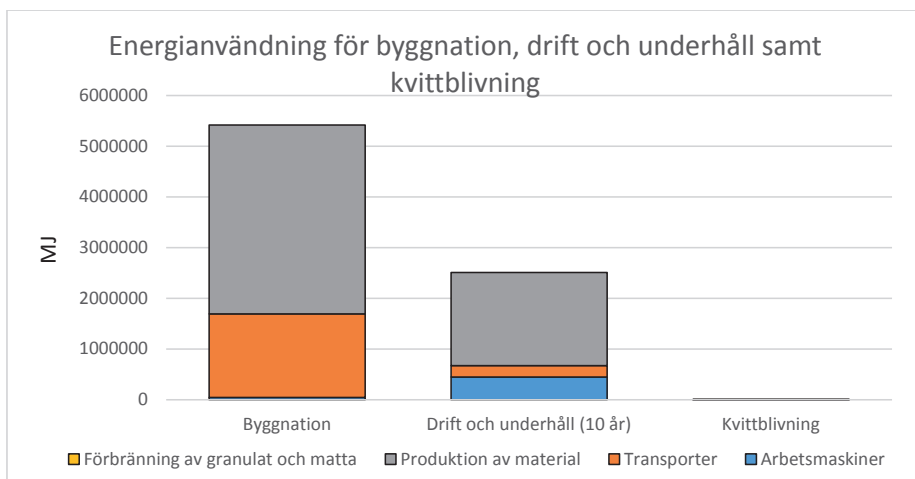
Den största kostnadsposten utgjordes av deponiavgiften vid inlämning av slitlagret till deponi. Transport av slitlagret till deponi utgjorde ca 14 % av kvittblivningskostnaden. Här ingick dock inte kostnad för själva avinstallationen av slitlagret då denna kostnad inte kunde erhållas. Den totala kostnaden för kvittblivning för anläggningen var cirka 270 000 kronor. I denna studie var inte kostnaden för avinstallation medräknad.

8.2. Klimatpåverkan och energianvändning

Klimatpåverkan och energianvändning i konstgräsplanens livscykel presenteras i figur 12 och 13.



Figur 12. *Klimatpåverkan från byggnation, drift och underhåll samt kvittblivning, räknat på ett medelvärde för fyllmaterialen*



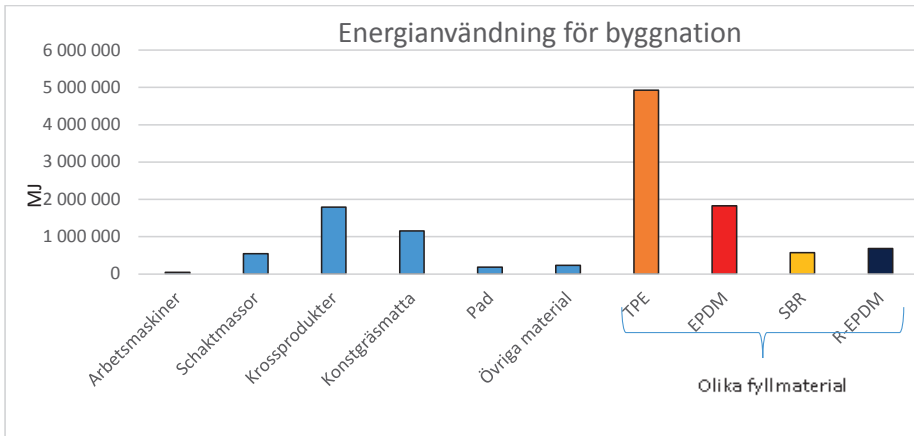
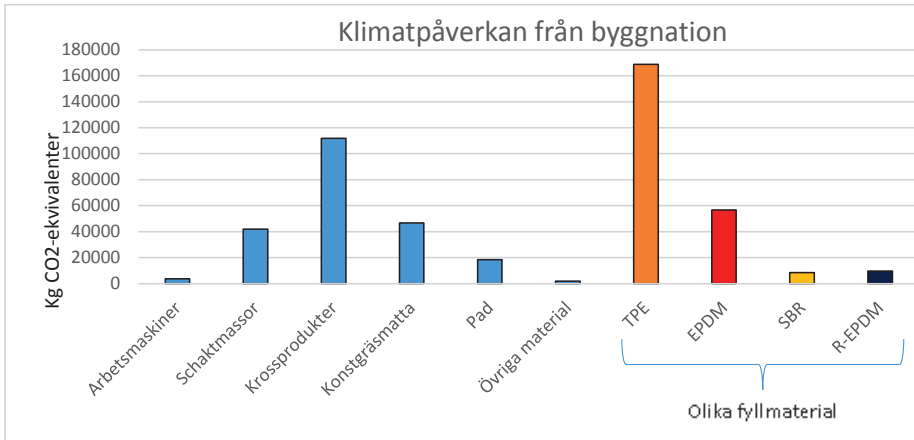
Figur 13. *Energianvändning för byggnation, drift och underhåll över 10 år, räknat på ett medelvärde för de olika fyllmaterialen*

I figur 12 redovisas att de mest betydande skedena för klimatpåverkan var byggnation och kvittblivning. Det är viktigt att notera att i denna kalkyl har det antagits att konstgräsmattan och granulatet förbränns vilket innebär klimatpåverkan av samma storleksordning som byggnationen. I de fall som konstgräsmattan och granulat kan återvinnas så ger det en stor klimatfördel.

I figur 13 redovisas att de mest betydande skedena för energianvändning var byggnation och underhåll. Det är även här viktigt att notera antagandet att kvittblivning av konstgräsmatta och granulat innebär förbränning. Gällande energianvändning så har energivinsten vid förbränning inte inkluderats i kalkylen. Energivinsten vid förbränning är annars mycket vanligt att det beräknas som ett positivt bidrag i livscykelanalys. I denna studie har dock energivinsten lagts utanför systemgränsen.

För byggnation så var det främst produktion av material som bidrog till klimatpåverkan och energianvändning. Typen av fyllmaterial hade här stor betydelse. Genom användning av fyllmaterial av återvunna material kan klimatpåverkan och energianvändningen av byggnationen minska. I figur 12 och 13 har ett medelvärde för energianvändning och klimatpåverkan för produktion av fyllmaterial antagits. Förutom fyllmaterial så gav även transporter ett betydande bidrag klimat- och energimässigt medan bidraget från användandet av arbetsmaskiner var litet.

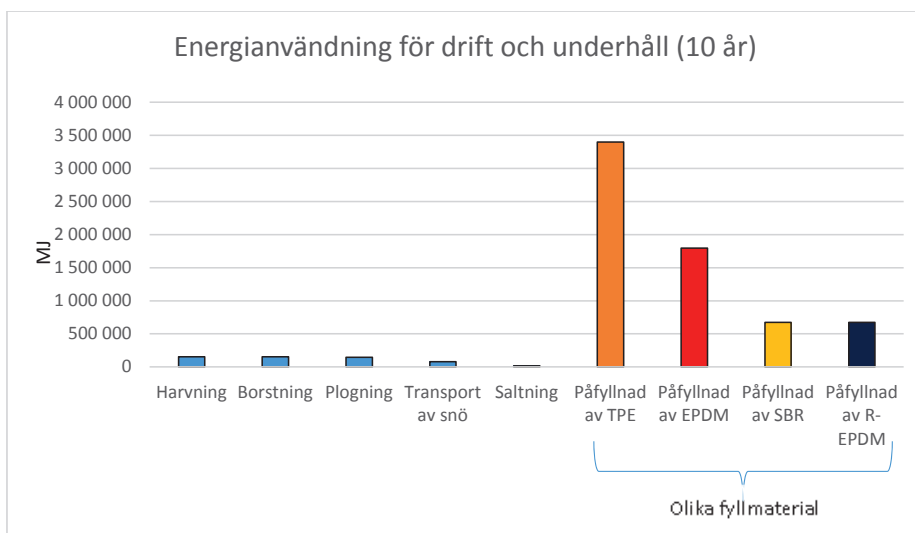
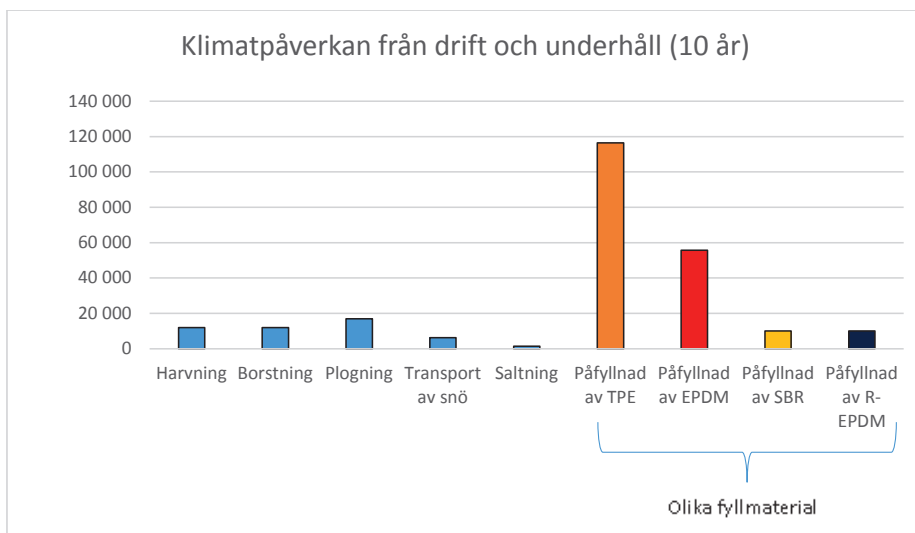
I figur 14 och 15 presenteras klimatpåverkan respektive energianvändningen för byggnation uppdelat på material och arbetsmaskiner.



Figur 14 och 15. *Klimatpåverkan och energianvändning för byggnation*

Förutom fyllmaterial så var transporter av krossprodukter och schaktmassor betydande ur klimat- och energisynpunkt. Genom minimering av schaktarbetet och återvinning av mer jord- och bergmaterial på plats istället för att använda jungfruligt täktmaterial ges betydande minskning av klimatbelastningen och energianvändningen.

I figur 16 och 17 presenteras klimatpåverkan och energianvändning för drift och underhåll.



Figur 16 och 17. *Klimatpåverkan och energianvändning för drift och underhåll i 10 år*

För drift och underhåll så var produktion av material en betydande faktor både klimat- och energimässigt. Det är främst produktion av fyllmaterial som var betydande. Återfyllning med återvunna fyllmaterial istället för jungfruliga fyllmaterial så som TPE ger betydande mindre klimatpåverkan och energianvändning i driftskedet. Bortsett från fyllmaterialen så är det främst plogning, snöhantering, harvning och borstning som var betydande ur klimat- och energisynpunkt medan saltning hade en mindre betydelse. När

det gäller snöhanteringen är det bra ur klimat- och energisynpunkt att minimera transporter, t.ex. genom att etablera en plats lokalt där snön kan lagras. Detta kan även ge möjlighet till att återsamla fyllmaterial som följer med snön vid plogning och borstning vilket minskar behovet av att återfylla med fyllmaterial.

8.3. Sammanfattande resultat från tidigare riskkaraktiseringar

De flesta av riskkaraktiseringarna visar att den lokala miljörisken är generellt sett låg för SBR. Undantag görs i en studie för lokal miljöpåverkan till följd av potentiell zinkutlakning från SBR av traktordäck och i en studie för SBR av bildäck. Motsvarande miljöriskbedömningar saknas helt för R-EPDM och det finns även relativt få motsvarande studier för TPE och EPDM. Totalt sett så är de lokala miljöriskerna dåligt studerade för de olika materialen.

Resultat från riskkaraktiseringar visar att hälsoriskerna till följd av inandning på utomhusplaner med SBR är minimala. För de andra fyllmaterialen TPE, EPDM så finns det få studier genomförda och för R-EPDM inga. Risken för cancer till följd av inandning på inomhusplaner är minimala för SBR men att möjlig risk för latexallergi inte går att helt utesluta för SBR eftersom den inte undersökts. Endast enstaka motsvarande studier kring hälsorisk i inomhushallar finns för TPE och EPDM samt saknas för R-EPDM. Hälsorisken för hudkontakt är minimala för SBR, EPDM, och TPE. Undantag ges för potentiell allergisk risk för känsliga individer för SBR och EPDM. Inga motsvarande studier har gjorts för R-EPDM. Hälsorisken till följd av sväljning är minimala för SBR, EPDM och TPE. Undantag ges för SBR och EPDM när det gäller barn med Pica. Liknande studier för Pica saknas för TPE och R-EPDM. Gällande hälsoaspekter så är det problematiskt att antalet studier på EPDM, TPE och R-EPDM är lågt vilket gör det svårt att dra generella slutsatser. Totalt sett är hälsorisken relativt välstuderad för främst SBR. Hälsorisken är mindre välstuderad när det gäller EPDM och TPE samt att inga motsvarande studier finns på R-EPDM.

8.4. Kemisk analys av fyllmaterial

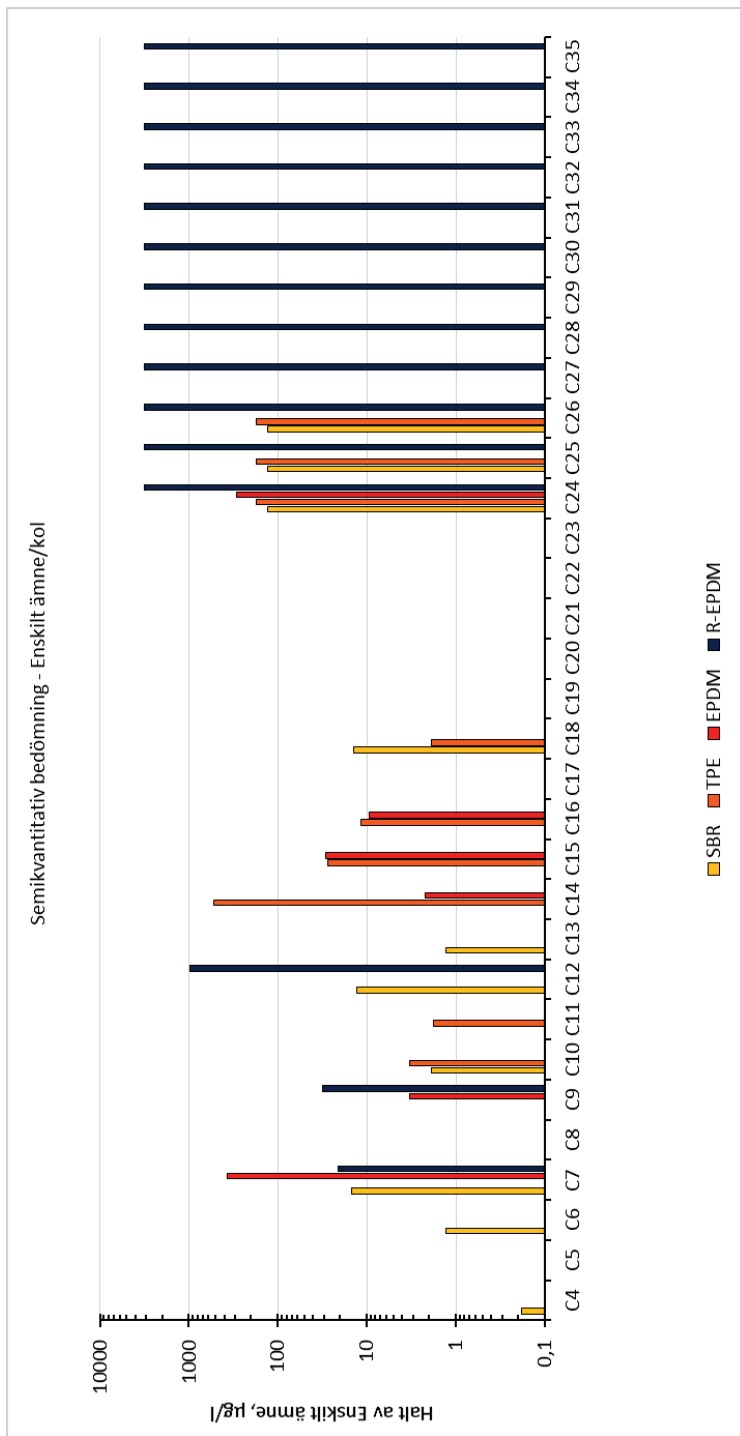
I Tabell 10 presenteras resultat från lakningsförsök för metaller, klorid, fluorid, sulfat, destillerbara fenoler och DOC för vardera fyllmaterial. Analysen är genomförd på ett materialprov per fyllmaterial.

Tabell 10. Lakdata för fyllmaterial

	SBR	EPDM	TPE	R-EPDM
	mg/kg Ts			
Antimon Sb	<0.0060	<0.0060	<0.0060	<0.0060
Arsenik As	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Barium Ba	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Bly Pb	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Kadmium Cd	<0.0040	<0.0040	<0.0040	<0.0040
Koppar Cu	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Krom Cr	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Kvicksilver Hg	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Molybden Mo	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Nickel Ni	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040
Selen Se	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Zink Zn	0.94	<0.40	<0.40	50
Klorid	<10	<10	10	13
Fluorid	1.2	<1.0	<1.0	<1.0
Sulfat	30	22	10	<10
Destillerbara fenoler	1.9	<0.10	0.17	0.18
DOC	240	20	86	930
Ts för lösta ämnen	<800	<800	<800	1200

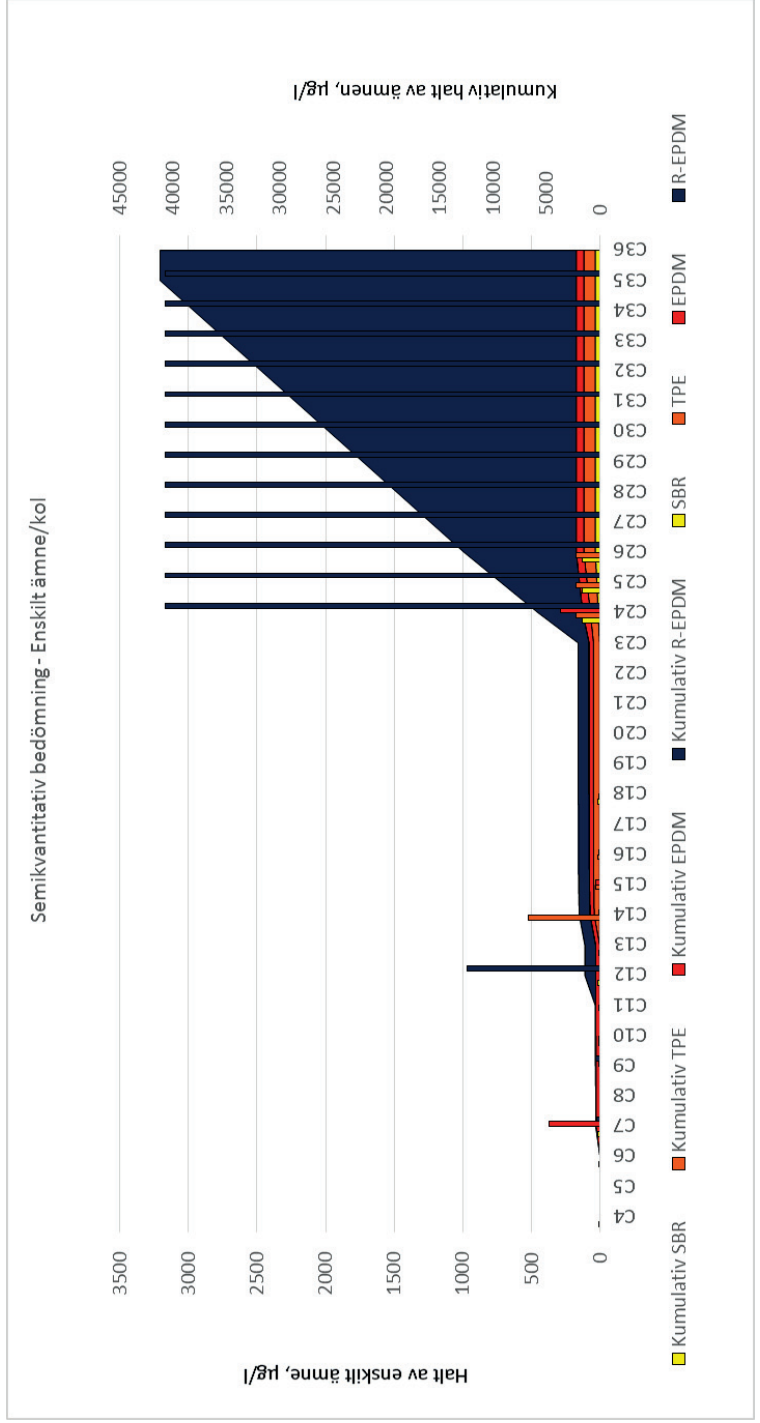
Utifrån resultat från metallakningen som presenteras i tabell 10 så har skillnader i uppmätta halter mellan fyllmaterialen markerats med fet stil. Skillnader fanns i uppmätta halter av zink, klorid, sulfat, destillerbara fenoler och DOC. R-EPDM hade mycket hög utlakning av zink jämfört med de andra materialen. Det ungefärliga förhållandet mellan fyllmaterialen i utlakning var 100 för R-EPDM, 2 för SBR och 1 för EPDM och TPE. R-EPDM hade även hög utlakning av DOC. Det ungefärliga förhållandet mellan fyllmaterialen i utlakning var 100 för R-EPDM, 27 för SBR, 10 för TPE och 2 för EPDM. SBR hade högst utlakad mängd fenoler. Det ungefärliga förhållandet mellan fyllmaterialen i utlakning av fenoler var 2 för SBR, ca 0,2 för R-EPDM och TPE samt ca 0,1 för EPDM.

I figur 18 presenteras resultat från länkingsförsök för halterna av lättflyktiga ämnen som för fyllmaterial av SBR, TPE, EPDM och R-EPDM som analyserades vid screeningsundersökningen. Analysen är baserad på ett materialprov per fyllmaterial. Ämnena har sorterats utifrån hur många kolatomer som ingår i kolvätemolekylen. Generellt sett så är kolväten med stort antal kolatomer av intresse när det gäller miljö- och hälsorisker.



Figur 18. Emissionshalter av lättflyktiga organiska ämnen från fyllmaterialen

De undersökta fyllmaterialen av SBR, EPDM, TPE och R-EPDM innehöll alla lakbara VOC-ämnen. R- EPDM lakade betydligt mycket mer än de andra fyllmaterialen. Både R-EPDM, SBR och TPE och lakade främst olika typer av oljor (C24-26, C16 – C32 respektive CC24-C35) medan EPDM innehöll andra komponenter av VOC. En kumulativ summering av de totala utlakade halterna presenteras i figur 19. Det är viktigt att notera att de kumulativa halterna inte representerar dos utan de ska enbart användas som jämförelsevärden mellan fyllmaterialen. För vidare riskbedömning krävs fördjupad analys.



Figur 19. Kumulativ halt av lakbara VOC-ämnena

Från fyllmaterialet av R-EPDM lakade störst mängd VOC- ämnen ut, ca 40 000 mikrogram/ liter. Skillnaden på totala mängder utlakad VOC skiljer sig tydligt mellan R-EPDM och de övriga fyllmaterialen. Storleksmässigt så är skillnaden ungefär en faktor 100 jämfört med SBR, en faktor 50 jämfört med EPDM och en faktor 40 jämfört med TPE.

Från SBR lakade det ut minst total mängd VOC, ca 437 mikrogram/liter fördelat på totalt 10 olika ämnen. Fyllmaterialet av EPDM lakade minst antal olika VOC ämnen, totalt utlakas sex olika ämnen. För fyllmaterialet av TPE lakade det ut totalt nio olika VOC-ämnen och den summerade utlakade halten är ca 1086 mikrogram/liter vid L/S=10. Fyllmaterialet R-EPDM lakade ut fyra olika VOC – ämnen.

För att ytterligare kunna jämföra materialen utifrån dess kemiska karaktär så är det lämpligt att studera de VOC-ämnen som kan utlakas och dess påverkan på miljö och hälsa.

8.5. Övriga potentiella föroreningskällor

När det gäller övriga potentiella föroreningskällor visade resultaten från studien att även andra material kan ge upphov till föroreningar. I tabell 11 presenteras material och potentiella föroreningar en sammanställning av de studier som även berör andra material än fyllmaterial och som finns presenterade i tabell 1 samt den information från leverantörer som presenteras i kapitel 7.1.

Tabell 11. Övriga potentiella föroreningskällor i en konstgräsplan

Material	Potentiella föroreningar	Referens
Rör av PVC eller Polyeten	PVC, Bly, andra oönskade ämnen	SWEREA KIMAB 2008
Konstgräsmatta av polyeten, polypropen	Koppar, zink, bly, krom, ftalater, 4-t-octylphenol, iso-nonyl-fenol, nonylfenol,	Norska Byggforsk 2004 Zhang et al 2008
Lim, tvåkomponents polyuretanbaserat	VOC, Isocyanater	Inga studier har hittats på lim
Pad	PAH, ftalater	NGU 2011
Linjefärg	Konserveringsmedel och fungicider	Sveffs 2012
Salt	Salt	Trafikverket 2015

9. DISKUSSION

Syftet med studien var att identifiera betydande miljö- och kostnadsaspekter för konstgräsplaner i samband med byggnation, drift och underhåll. Målet var att tydliggöra skillnader mellan olika typlösningar och val av material med avseende på kostnader och ställa dessa i relation till klimat, energi och miljögifter/farliga ämnen. Målet var vidare att identifiera de viktigaste områdena vad gäller miljö och kostnader.

Resultaten visade att byggandet, drift och underhåll är alla faser som har betydelse för miljöpåverkan och kostnader.

I samband med byggandet av en konstgräsplan så var markarbetet och användningen av krossprodukter både kostsamt, klimatbelastande och energiintensivt. Klimatpåverkan från produktion och hantering av krossprodukter och jord- och schaktmassor uppgår till ca 150 000 kg CO₂ ekvivalenter. Att försöka minimera schaktarbetet och återvinna mer jord- och bergmaterial på plats istället för att använda jungfruligt täktmaterial kan ge en betydande minskning av klimatbelastningen och energianvändningen. En möjlighet att minska behov av schaktning och jungfruliga material är att modifiera jordmaterialen på plats. Detta kan ske genom exempelvis inblandning av material med bindande egenskaper. En annan möjlighet är att i högre grad dimensionera bärlager efter de platsspecifika markförhållandena eller använda lättfyllnadsmaterial.

Den totala klimatbelastningen från konstgräsplanen visade sig variera mellan ca 350 000 – 600 000 kg CO₂ ekvivalenter under en tioårsperiod, räknat på ett medelvärde för klimatbelastning och kostnader för fyllmaterial och beroende på om konstgräsmattan och granulatet förbränns eller återvinns då det avinstalleras. På samma sätt uppgår den totala kostnaden till omkring 6 Mkr eller mer om konstgräsmattan ska deponeras vid avinstallation. Resultaten visar på fördelen med att återvinna materialen då de avinstalleras istället för att de deponeras.

Kostnad, klimatpåverkan och energianvändning för fyllmaterialen varierade kraftigt och de fyllmaterial av jungfruliga ursprung medförde hög kostnad, energianvändning och klimatpåverkan i relation till andra material och processer i bygg, drift och underhåll. Den största skillnaden var mellan fyllmaterialet TPE och de återvunna fyllmaterialen SBR och R-EPDM. Beroende på om ett fyllmaterial av TPE respektive SBR användes så skiljde sig klimatpåverkan från fyllmaterialet med ca 260 000 kg CO₂ ekvivalenter och kostnaden med 1, 2 Mkr under tioårsperioden. I denna studie har behovet av påfyllnad av fyllmaterial satts till 6 ton per år vilket kan vara högt men vilket var fallet på den anläggning som har legat till grund för studien. Behovet av fyllmaterial kan variera och genom att se till att svinnet minskar, t.ex. genom återföring av fyllmaterial som hamnat vid sidan av konstgräsplanen, så kan klimatpåverkan, kostnaderna och eventuella lokala effekter på miljön minska. Det är samtidigt viktigt att inte minska mängden fyllmaterial så att slitaget på konstgräset ökar vilket kan medföra kortare livslängd på gräsfibern.

Gällande klimatpåverkan från pad så är den relativt låg i förhållande till andra processer och material i byggandet. Det är viktigt att tydliggöra att i studien har paden antagits vara av SBR. För pad som består av jungfruliga material av gummi eller plast bör

klimatpåverkan vara betydligt större. Det är därför högst troligt att denna studie har underskattat padens betydelse för klimatpåverkan.

När det gäller drift och snöhantering är det bra ur klimat- och energisynpunkt att minimera transporter, t.ex. genom att etablera en plats lokalt där snön kan lagras. Detta kan även ge möjlighet till att återsamla fyllmaterial som följer med snön vid plogning och borstning vilket minskar behovet av att återfylla med nytt fyllmaterial.

Eftersom studien har avgränsats till material och aktiviteter i och på konstgräsplanen så finns det risk att viktiga miljöaspekter har exkluderats. Ett uppenbart bidrag till miljöpåverkan från en konstgräsplan är resor till och från planen, belysning, samt i de fall det finns planvärme. Några räkneexempel genomförs därför för att utreda den klimatmässiga betydelsen av resor, uppvärmning och belysning. I det första räkneexemplet antas att konstgräsplanen har 20 användare per timme och att planen används 2500 h per år. Om sedan antagandet görs att 25 % av användarna åker bil och 25 % åker buss samt att 50 % går eller cyklar till konstgräsplanen så motsvarar det utsläpp på 250 000 kg CO₂ ekvivalenter under 10 år (räknat på CO₂ utsläpp 150 g/ km för bil och 50 g/km för buss). I nästa räkneexempel inkluderas klimatpåverkan från belysning och uppvärmning av plan. I räkneexemplet antas uppvärmningen vara 570 MWh/ år, elanvändning till belysning uppgå till 30 MWh/ år (Ekologgruppen 2013). Vidare antas klimatpåverkan från fjärrvärmens uppgå till 128 g CO₂ ekvivalenter/KWh och för nordisk el 74 g CO₂ ekvivalenter/KWh (Sabo 2013). Klimatpåverkan från belysning blir då ca 2600 kg CO₂ ekvivalenter per år och från uppvärmning ca 36000 kg CO₂ ekvivalenter per år. Det motsvarar totalt under en tioårsperiod ca 400 000 kg CO₂ ekvivalenter över tio år.

De ovanstående räkneexemplen visar att framförallt resor till anläggningen och uppvärmning också är betydande för den totala klimatbelastningen då dessa poster uppgår till ca 600 000 kg CO₂ ekvivalenter under en tioårsperiod. Gällande klimatpåverkan från resor så kan de minskas genom exempelvis samåkning till och från anläggningen.

När det gäller material i en konstgräsplan så har dess innehåll av miljögifter/farliga ämnen samt lokala miljörisker studerats genom en litteraturstudie och genom en kemisk analys av olika fyllmaterial. Resultat från riskkaraktiseringar varierar. Dock visar de flesta av studierna att den lokala miljörisken är generellt sett låg för SBR, EPDM och TPE. En studie gör undantag för SBR av traktordäck och en annan studie gör undantag för SBR av bildäck, detta på grund av potentiell zinkutlakning. Motsvarande riskbedömningar saknas helt för R-EPDM och det finns även få motsvarande studier för TPE och EPDM. Gällande hälsoaspekter så visar studier att hälsoriskerna med SBR är små. För de andra materialen så finns det få eller inga studier. Det är problematiskt att antalet riskkaraktiseringar gällande lokal miljörisk och hälsorisk på EPDM, TPE och R-EPDM är lågt vilket gör det svårt att jämföra materialen och dra generella slutsatser.

En intressant iakttagelse gällande miljö- och hälsorisker från SBR är att ungefär hälften av de genomförda riskkaraktiseringarna som har studerats är från 2009 eller äldre. Trots att däck hade högre halter av PAH innan 2010 års minskning så visade inte de äldre studierna på någon ökad risk för allvarliga miljö- och hälsokonsekvenser till följd av PAH innehållet i däck som då rådde.

I tabell 12 presenteras en sammanställning av resultat från riskkarakteriseringar gällande lokal miljörisk och hälsorisker med de olika fyllmaterialen.

Tabell 12. Riskkarakteriseringar och dess resultat för fyllmaterial utifrån miljö- och hälsorisker

	SBR	TPE	EPDM	R-EPDM
Hälsorisker				
Hudkontakt	Minimala ^{1,2,3,4,5} Potentiell Allergirisk ⁶	Minimala ^{2,6}	Minimala ³ Potentiell Allergirisk ⁶	Okänt
Sväljning	Minimala ^{1,5,6,7}	Minimal ⁶	Minimal ⁶	Okänt
Pica-barn	Ej minimal ³	Okänt	Ej minimal ³	Okänt
Inandning, utomhus	Minimala ^{1,2,3,4,8,9}	Minimal cancerrisk ²	Minimala ^{3,6}	Okänt
Inandning, inomhus	Ingen förhöjd cancerisk ^{8,10}	Okänt	Okänt	Okänt
Miljörisker				
Grundvatten	Potentiell risk ¹¹ Liten påverkan ^{4,5,6}	Okänt	Okänt	Okänt
Ytvatten	Potentiell risk/påverkan ^{4,11} Liten risk/påverkan ^{6,7}	Okänt	Liten risk ⁶	Okänt
Jord	Potentiell risk ¹¹ Liten risk ⁷	Okänt	Okänt	Okänt

¹Pavilonis et al 2014

²Ruffino et al 201

³Kim et al. 2012

⁴New York State, 2009

⁵State of California, 2007

⁶Danish EPA, 2008

⁷Birkholz et al 2003

⁸Ginsberg 2011

⁹Menichini et al. 2011

¹⁰Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital 2006

¹¹RIVM Report 2007

I tidigare riskkarakteriseringar så har lakningsegenskaper för och innehåll i SBR studerats väl medan andra fyllmaterial studerats betydligt mindre. För riskkarakteriseringarna har ofta materialprover tagits för innehållsanalyser och lakningsstudier av fyllmaterial. I tabell 13 ges en sammanställning av hur många materialprover som tagits. För SBR uppgår de sammanlagda materialproverna till 82 stycken medan motsvarande siffra för TPE, EPDM och R-EPDM är nio, fem och tre.

Tabell 13. Antal materialprover i innehållsanalyser och lakningsstudier

Fyllmaterial	SBR	TPE	EPDM	R-EPDM
Innehållsanalyser				
Pavilonis et al 2014	15			
Kim et al. 2012	7			
Menichini et al. 2011	18	2		3
Danish EPA, 2008	3	3	3	
Ruffino et al 2013		1		
Summa	43	6	3	3
Lakningsstudier				
Ruffino et al 2013	5	1		
New York State, 2009	31			
Danish EPA, 2008	3	2	2	
Summa	39	3	2	0

Av studierna i tabell 13 finns endast två undersökningar av lättflyktiga organiska ämnen i lakvatten från TPE och utgörs av totalt endast två materialprov. I den ena studien var totala utlakningen av PAH från TPE jämförelsevis på samma nivå som för SBR (Rossino et al 2013). Gällande fortsatta arbeten med miljöriskkaraktärisering så behövs det studier som baseras på verkliga mätningar då endast två studier baseras på mätningar av dränvattnets kvalitet.

I denna studie genomfördes en kompletterande kemisk analys av olika fyllmaterial för att ytterligare undersöka materialen. Materialprover togs på SBR, TPE, EPDM och R-EPDM, materialen lakades och lakvatten analyserades med avseende på metaller och lättflyktiga organiska ämnen. Utifrån resultaten från den kemiska analysen av fyllmaterialen så kan slutsatsen dras att gällande metaller så är det främst utlakning av zink från R-EPDM som är signifikant. Förhållanden mellan fyllmaterialen i utlakning av zink var för TPE och EPDM 1, för SBR 2 och för R-EPDM 100. När det gäller lättflyktiga organiska ämnen så visade resultaten att alla testade fyllmaterial emitterar denna ämnesgrupp. Gällande den kumulativa totalhalten av utlakade lättflyktiga organiska ämnen så var den störst för R-EPDM följt av TPE, EPDM och sedan SBR. Utlakningen från R-EPDM av VOC var mellan 40 till 100 gånger högre än från de andra fyllmaterialen. Det är viktigt att notera att de kumulativa halterna inte representerar risk utan de ska enbart användas som jämförelsevärden mellan fyllmaterialen. Denna jämförelse visar dock att alla av de testade fyllmaterialen emitterar VOC-ämnena i samband med lakningsförsöket och materialen har en komplex

sammansättning av ämnen. Det är viktigt att komma ihåg att för varje typ av material (SBR, EPDM, TPE, R-EPDM) så finns det många olika producenter och sammansättningen av materialen varierar. Det betyder att ur perspektivet lokal miljörisk så går det därför inte att säga vilken typ av fyllmaterial som är mest fördelaktigt. De enda miljömässiga fördelar som kan tilldelas någon typ av fyllmaterialgrupp är den klimat- och energi-, och givetvis resursmässiga fördelen som de återvunna materialen har.

I denna studie har de olika fyllmaterialen behandlats som att vardera typ av material SBR, EPDM, TPE och R-EPDM är homogena grupper av material med de kan vara olika. För varje grupp av material så kan produkterna vara producerade på olika sätt och bestå av olika typer av råvara. Därför är det viktigt att skaffa sig kunskap om ursprunget för att säkerställa ett bra val. Innehållet av miljö- och hälsoskadliga ämnen i däck på den europeiska marknaden är betydligt hårdare reglerat än för däck på vissa andra marknader. Detta bör kontrolleras för att ur lokal miljösynpunkt-och hälsosynpunkt välja ett bästa lämpliga SBR. På samma sätt behövs säkerställas ursprung och innehåll för att välja ett bästa lämpligt fyllmaterial av TPE, R-EPDM eller EPDM.

För R-EPDM kan det återvunna gummit vara från olika typer av återvunna gummiprodukter så som t.ex. kablar och bilmattor. EPDM och TPE kan framställas från olika råvaror och tillsatserna kan variera.

Andra potentiella källor till föroreningar från en konstgräsplan som identifierades är främst konstgräs som har visat sig kunna innehålla tungmetaller och fenoler, pad som har visat sig kunna innehålla PAH och ftalater, Lim till konstgräs som kan innehålla lättflyktiga organiska ämnen och isocyanater, samt salt för saltning. Även dräneringsrör av PVC men även av andra plasttyper kan vara en potentiell föroreningskälla.

10. SLUTSATSER

De viktigaste slutsatserna sammanfattas i följande punkter:

- För byggskedet medför markarbetet, krossprodukter, fyllmaterial, konstgräs och pad betydande kostnader, energianvändning och klimatpåverkan
- För drift- och underhållsskedet så medför fyllmaterial och användande av maskiner betydande kostnad, energianvändning och klimatpåverkan
- Transportsätt till och från konstgräsplanen och uppvärmning har betydande klimatpåverkan
- Eventuellt deponering av ett avinstallerat konstgräs medför betydande klimatpåverkan
- Alla typer av fyllmaterialen SBR, EPDM, TPE och R-EPDM innehåller ur miljösynpunkt oönskade ämnen som kan emitteras till vatten, men det kan inte likställas med att de innebär en miljörisk
- För varje typ/grupp av fyllmaterial så finns skillnader i innehåll, råvara, tillsatser och produktion vilket påverkar miljöprestandan
- Den lokala miljörisken för fyllmaterial är okänd, riskbedömningar som jämför olika typer av fyllmaterial på samma premisser saknas
- SBR är den mest studerade typen av fyllmaterial gällande miljöpåverkan
- Fyllmaterial av SBR och R-EPDM medför lägre klimatpåverkan, energi- och resursanvändning jämfört med TPE och EPDM

11. REKOMMENDATIONER FÖR MINIMERING AV KOSTNADER OCH MILJÖPÅVERKAN

Vid byggandet av en konstgräsplan så påverkar markförhållandena behovet av schakt och krossprodukter. Genom att i högre grad anpassa dimensionering av underbyggnad utifrån förväntade laster så kan behovet av schaktning och krossprodukter minska. Genom att arbeta med återvinning av schaktmassor i projektet så kan även transporter och behov av krossprodukter minska. Detta kan ske genom att sortera ut bra jordmaterial och t.ex. genom att uppgradera lösa jordar genom inblandning av bindemedel.

Vid byggandet, och under konstgräsplanens livstid, så påverkar fyllmaterial miljön, både ur klimat- och energiperspektiv samt lokalt. Huruvida den lokala miljöpåverkan är betydande är okänt på grund av det lilla antalet riskbedömningar som genomförts. Ett antal miljö- och hälsoriskkrakteriseringar har genomförts för SBR. Resultaten från de flesta av dessa visar att den lokala miljörisken är låg medan en studie visar på att det kan finnas en potentiell miljörisk. För de andra materialen saknas det liknande studier.

Alla typer av fyllmaterial SBR, TPE, EPDM och R-EPDM innehåller miljömässigt oönskade ämnen som potentiellt kan emitteras lokalt till miljön. Vilka dessa ämnen är, hur mycket de emitteras och huruvida det sedan medför risk för ytvatten, mark och grundvatten är okänt. Det är också så att innehållet av materialen varierar mellan material av samma typ beroende på produktion och råmaterialens ursprung eller tillsatser. Därför är det viktigt att skaffa sig kunskap om ursprunget för att säkerställa ett bra val. Innehållet av miljö- och hälsoskadliga ämnen i däck på den europeiska marknaden är betydligt hårdare reglerat än för däck på vissa andra marknader. Detta är viktigt att ha koll på för att ur lokal miljösynpunkt-och hälsosynpunkt välja ett bästa lämpliga SBR. På samma sätt behövs säkerställas ursprung och innehåll för att välja ett bästa lämpligt fyllmaterial av TPE, R-EPDM eller EPDM. På motsvarande sätt som görs för att säkerställa innehåll i byggmaterial i andra byggsammanhang genom likvärdig, jämförbar och relevant dokumentation så är det lämpligt att även ställa krav på fyllmaterial.

Den grupp av fyllmaterial som tydligt medför miljönytta gentemot andra är de återvunna materialen SBR och R-EPDM på grund av dess goda klimat- och energiprestanda. Dessa material minskar även kostnaderna i faserna bygg, drift och underhåll väsentligt. Vid plogning och borstning av snö i samband med driften vintertid så kan kostnader, klimatpåverkan och energianvändning minskas genom snölagring på plats vilket minskar transportsträckorna. Genom att ploga och borsta rätt kan svinnet av fyllmaterial från konstgräsplanen minimeras. En upplagsplats för snö som möjliggör uppsamling av fyllmaterial kan minska behovet av påfyllnad av nytt fyllmaterial.

I samband med att en konstgräsmatta ska avinstalleras så är det lönsamt både utifrån kostnad och klimatpåverkan om konstgräset kan återvinnas och installeras på annan plats. Genom att planera i tid när behov av byte uppkommer och med vilka planer bytet kan samordnas så minskar behovet av deponering och inköp av ny konstgräsmatta.

Det finns betydande klimat- och energibesparingar att hämta genom att för utövare och åskådare samordna resor eller öka andelen gående eller cyklande till och från anläggningen.

12. REFERENSER

Arboga Kommun, 2013. *Sammanträdesprotokoll Idrottsprojektet*. Tillgänglig på <http://www.arboga.se/Documents/Protokoll/Tekniska%20n%C3%A4mndens%20arbetsutskott/2013/Idrottsprojektet-protokoll%20130115.pdf> [Hämtat 20 maj 2015]

Baitz M., Kreißig J., Byrne E., Makishi C., Kupfer T., Frees N., Bey N., Hansen M.S. Annegrethe H., Bosch T., Borghi V., Watson J., Miranda M., 2004. *Life Cycle Assessment of PVC and of principal competing materials*. Commissioned by the European Commission, July 2004

Bengtsson J., 2015. *Personlig kommunikation 2015-02-16*

Birkholz D. A., Belton K. L., Guidotti T. L., 2003. *Toxicological Evaluation for the Hazard Assessment of Tire Crumb for Use in Public Playgrounds*.

Bocca B. Forte G., Petrucci F., Costantini S., Izzo P., 2009. *Metals contained and leached from rubber granulates used in synthetic turf areas*. Science of the Total Environment 407 (2009) 2183–2190

Book, K. och Carlsson, B. 2011, *A diagnosis of environmental awareness in sport and sport policy*. International Journal of Sport Policy and Politics, 3:3, 401-416, <http://dx.doi.org/10.1080/19406940.2011.596155>

Bristol S. G. and McDermott V. C., 2008. *Evaluation of the Environmental Effects of Synthetic Turf Athletic Fields*. Milone & Macbroom

Byggmax, 2015. *Dräneringsrör svart*. Tillgänglig på <https://www.byggmax.se/gjutning-och-husgrund/dranering-och-fuktisolering/dranering/draneringsror-svart-p31310> [Hämtat 20 maj 2015]

Byggvarubedömningen (2013) Conipur 315, FARBLOS

Cheng H., Hu Y., Reinhard M., 2014. *Environmental and Health Impacts of Artificial Turf: A Review*. dx.doi.org/10.1021/es4044193 | Environ. Sci. Technol. 2014, 48, 2114–2129

DA Mattsson, 2015. *Prislista Mottagningsavgifter*. Tillgänglig på <http://damattsson.se/index.asp?page=6> [Hämtat 20 maj 2015]

Danish EPA 2008. *Mapping, emissions and environmental and health assessment of chemical substances in artificial turf*. The Danish Technological Institute

Denly E., Rutkowski K., Vetrano K. M., 2008. *A Review Of The Potential Health And Safety Risks From Synthetic Turf Fields Containing Crumb Rubber Infill*. TRC Project No. 153896. May 2008

Einarson, E. (2009). *Emissioner från bildäck (Metod och tillämpning av miljörisikbedömning för emissioner från varor)*.

Ekologgruppen, 2013. *Miljöbelastning vid anläggning och drift av fotbollsplan med naturgräs eller konstgräs*. Finns tillgänglig på http://www.landskronadirekt.com/bilder_nyheter/Fotbollsplan_MKB_nov2013.pdf [Hämtat 20 maj 2015]

Eriksson, K. 2015, Anders Diös Hallen, *Personlig kommunikation 2014-10-09*

Eriksson, H. 2015b). Polykemi. *Personlig kommunikation 2015-02-24*.

Eriksson & Finnveden, 2009. *Plastic waste as a fuel - CO2-neutral or not?*. Energy & Environmental Science. DOI: 10.1039/b908135f

Forgrin 2015, Mario Smit, personlig kommunikation

Frosth, S. 2014. *Åtgärder i hanteringen av jord- och bergmassor – Ekonomisk Nyttä*. EcoLoop Intern Rapport

Gezolan, (2014). *Datasheet concerning the safe handling of Gezolan EPDM granules*. Nedladdat 2015-03-03.

Gezolan (2014b). Gezolan. *EPDM Rubber*. Nedladdat 2015-02-25.
[http://www.sportsbuilders.org/events/presentations/pontevedra2014/Session_1B2_Primer_on_Rubber_Types.pdf]

Ginsberg G., Toal B., Simcox N., Bracker A., Golembiewski B., Kurland T., Hedman C. 2011. *Human Health Risk Assessment of Synthetic Turf Fields Based Upon Investigation of Five Fields in Connecticut*. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 74:1150–1174, 2011 DOI: 10.1080/15287394.2011.586942

Gomes J., Mota H., Bordado J., Cadete M., Sarmiento G., Ribeiro A., Baiao M., Fernandes J. Pampulim V., Custódio M., Veloso I., 2012. *Toxicological Assessment of Coated versus Uncoated Rubber Granulates Obtained from Used Tires for Use in Sport Facilities*. ISSN:1047-3289 J. Air & Waste Manage. Assoc. 60:741–746
DOI:10.3155/1047-3289.60.6.741

Hedermo, 2011. *Konstgräsplaner - Miljö- och hälsoaspekter*. Akademin för hållbar samhälls och teknikutveckling, HST Mälardalens högskola, Västerås VT 2010

Hoefstra, 2007. *Environmental And Health Risks Of Rubber Infill Rubber Crumb From Car Tyres As Infill On Artificial Turf*.

ILCD Handbook 2012, *The international reference life cycle data system (ILCD) handbook*. JRC Reference reports

IVL 2012. *Livscykelanalys på återvinning av däck - Jämförelser mellan däckmaterial och alternativa material i konstgräsplaner, dräneringslager och ridbanor*

Jehandars, 2014. *Konsumentprislista inklusive moms. Pris- och sortimentlista nr 3*.

Johns M., XXXX. *Initial Evaluation of Potential Human Health Risks Associated with Playing on Synthetic Turf Fields on Bainbridge Island*. Windward Environmental LLC, Seattle

Joost G. M. R. , Jongeneelen F. J., 2009. *Hydroxypyrene in urine of football players after playing on artificial sports field with tire crumb infill*. Int Arch Occup Environ Health (2010) 83:105–110 DOI 10.1007/s00420-009-0465-y

Jula, 2015. *Vägsalt 10 kg*. Tillgänglig på <http://www.jula.se/catalog/tradgard/tradgardsredskap/snorojning/tosalt/vagsalt-719000/> [Hämtat 20 maj 2015]

Kemi 2006. *Konstgräs ur ett kemikalieperspektiv – en lägesrapport*.

Kim H. H., Lim Y. W., Kim S. D., Yeo I. Y., Shin D. C., Yang J. Y. 2012 *Health Risk Assessment for Artificial Turf Playgrounds in School Athletic Facilities: Multi-route Exposure Estimation for Use Patterns*. Asian Journal of Atmospheric Environment Vol. 6-3, pp.206-221, September 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.5572/ajae.2012.6.3.206>

Klima- og forurensningsdirektoratet 2011. *Vurdering av miomessige konsekvenser av ulike behandlingsformer for kasserte dekk*.

Klima- og forurensningsdirektoratet, 2012. *Innehold og spredning av miljøgifter fra produkter framstilt av gummigranulat*, Oslo: Klima- og forurensningsdirektoratet.

Kolitzus H. J., 2006. *Investigation and Assessment of Synthetic Sports Surfaces in Switzerland Including Athletic and Soccer Facilities*. IST Switzerland

Konstgräset.se (2015). *Lim och limtejp*. Tillgänglig på <http://www.xn--konstgraset-r8a.se/lim-och-limtejp.html> [Hämtat 20 maj 2015]

Ledoux T., 2007. *Preliminary Assessment of the Toxicity from Exposure to Crumb Rubber: its use in Playgrounds and Artificial Turf Playing Fields [Abstract]*. Environmental Assessment and Risk Analysis Element NJDEP 2007

Li X., Berger W., Musante C., Incorvia M., 2010. *Characterization of substances released from crumb rubber material used on artificial turf fields*. Chemosphere 80 (2010) 279–285

Llompert M., Sanchez-Prado L., Lamas P., a, Garcia-Jares C., Roca E., Dagnac T., 2012 *Hazardous organic chemicals in rubber recycled tire playgrounds and pavers*. Chemosphere 90 (2013) 423–431

Magnusson L., 2005. *Miljösystemanalys av regional materialförsörjning - En undersökning av bärighetsåtgärder med restprodukter i Norrbottens län*.

Menichini E., Abate V., Attias L., De Luca S., Domenico A., Fochi I.a, Forte G., Iacovella N., Iamiceli A. L., Izzo P. Merli F., Bocca B., 2011. *Artificial-turf playing*

fields: Contents of metals, PAHs, PCBs, PCDDs and PCDFs, inhalation exposure to PAHs and related preliminary risk assessment. *Science of the Total Environment* 409 (2011) 4950–4957

Murfitts, (2012). *Product Data Sheet 0,8-2,55 mm granulated SBR*. Nedladdat 2015-02-03.

Naturvårdsverket, 2009. *Riskbedömning av förorenade områden - En vägledning från förenklad till fördjupad riskbedömning*. RAPPORT 5 9 7 7 • december 2009

New York State, 2009. *An Assessment Of Chemical Leaching, Releases To Air And Temperature At Crumb-Rubber Infilled Synthetic Turf Fields*. New York State Department of Environmental Conservation. New York State Department of Health May 2009

Nilsson & Wall, 2009. *Hantering och mellanlagring av jordmassor. Examensarbete 2009 Byggnadsteknik*

Norges Geologiske Undersøkelse NGU, 2011. *Helse og miljøskadelige stoffer i støttempende fallunderlag på lekearealer for barn*. Trondheim kommune og NGU 2011.

Norwegian Building Research Institute, 2004. *Potential health and environmental effects linked to artificial turf systems - final report*

Norwegian Institute for Air Research, 2006. *Measurement of air pollution in indoor artificial turf halls*.

Norwegian Institute of Public Health and the Radium Hospital, 2006. *Artificial turf pitches – an assessment of the health risks for football players*

Olsson, J. (2015). Trelleborgskoncernen. Telefonsamtal 2015-02-24

Oskarshamns Kommun, 2010. *Granskning av exploateringsprojekt Kvastmossen*. Tillgänglig på <http://oskarshamn.se/upload/KLK/Revision/Revisionsrapport%20kvastmossen%202010%202.pdf> [Hämtat 20 maj 2015]

Otterström S., 2015, *personlig kommunikaton 2015-02-10 och 2015-02-17*

Pavlovich G., Phelan J. och Jewell, J., 2011. *Life Cycle Assessment of Polyiso Insulation For Polyisocyanurate Insulation Manufacturers Association (PIMA). Final Report April 11, 2011*

Sabo 2013. *Emissionsdata för fjärrvärme och el*

SCB, 2015. *Lönedatabasen – [713] Byggnadshantverkare*. Tillgänglig på <http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Arbetsmarknad/Loner-och-arbetskostnader/Lonstrukturstatistik-hela-ekonomin/14372/Lonedatabasen/> [Hämtad 20 maj 2015]

Svahn, P. (2015). Fabrikschef Ragn-Sells. Studiebesök 2015-02-27.

Pavilonis B.T., Weisel C. P., Buckley B, Liroy P. J. 2014. *Bioaccessibility and Risk of Exposure to Metals and SVOCs in Artificial Turf Field Fill Materials and Fibers*. Risk Analysis, Vol. 34, No. 1, 2014

Ragn-Sells (2012). *Technical Data, Ragn-Sells “RG Medium Infill”*.

Rhodes E. P., Ren Z., Mays D. C., 2012. *Zinc Leaching from Tire Crumb Rubber*. dx.doi.org/10.1021/es3024379 | Environ. Sci. Technol. 2012, 46, 12856–12863

RIVM report 2007. *Leaching of zinc from rubber infill on artificial turf (football pitches)*. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment A.J. Verschoor

Ruffino B, Fiore S, Zanetti M. C., 2013 *Environmental–sanitary risk analysis procedure applied to artificial turf sports fields*. Environ Sci. Pollut. Res. (2013) 20:4980–4992. DOI 10.1007/s11356-012-1390-2

Schiliro T., Traversi D., Degan R., Pignata C., Alessandria L., Scozia D., Bono R., Gilli G., 2013. *Artificial Turf Football Fields: Environmental and Mutagenicity Assessment*. Arch Environ Contam Toxicol (2013) 64:1–11. DOI 10.1007/s00244-012-9792-1

Simcox, N. J., Bracker A., Ginsberg G., Toal B., Golembiewski B., Kurland T., Hedman C., 2011. *Synthetic Turf Field Investigation in Connecticut*. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 74:1133–1149, 2011

SINTEF 2009, *Miljoaspekter ved kunstgressbaner – Document 1.*

Siverling K., 2015, *Personlig kommunikation 2015-03-25*

Skatteverket, 2015. *Arbetsgivaravgifter*. Tillgänglig på <http://www.skatteverket.se/foretagorganisationer/arbetsgivare/socialavgifter/arbetsgivaravgifter.4.233f91f71260075abe8800020817.html> [Hämtad 21 maj 2015]

Sof.T.Er (2014). *Forgrin HT Technical Data Sheet – Provisional.*

State of California, 2007. *Evaluation of Health Effects of Recycled Waste Tires in Playground and Track Products*. Integrated Waste Management Board 2007

Stenbolaget, 2015. *Fiberduk F-20, 100x2 m*. Tillgänglig på <http://www.stenbolaget.se/fiberduk-100x2-m.html> [Hämtad 20 maj 2015]

Stenungssund kommun 2014. *Ej publicerad rapport.*

Stripple, 2001. *Life Cycle Assessment of Road - A Pilot Study for Inventory Analysis*. IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Sveff 2012. *Livscykelanalys av färg. Sammandrag av IVL Rapport B 1338-A.*

Svenska fotbollsförbundets riktlinjer och rekommendationer för anläggande av konstgräsplan.

Svenska fotbollsförbundets råd för skötsel och underhåll av konstgräsplaner,
<http://svenskfotboll.se/files/%7BA1FA657E-98A1-48D8-B9C6-6208481C2EDF%7D.pdf>

SWEREA KIMAB, 2008. *Framtida lösningar för distribution av dricksvatten – slutrapport Fas A*

Sysav, 2015. *Prislista för avlämning av de vanligaste avfallsslagen*. Tillgänglig på <http://www.sysav.se/foretag/Priser/Prislista-for-de-vanligaste-avfallsslagen/> [Hämtat 20 maj 2015]

Tanka.se, 2015. *Dieselpris 20/5 2015*.

TEC, 2015. Lim för konstgräs <http://www.tecspecialty.com/products/flooring-adhesives/turf-adhesives/TEC-149-2-C-Turf-Adhesive.html#.VXWqs8vvqM8> [Hämtat 8 juni 2015]

TGD, 2003. *Technical Guidance Document on Risk Assessment, Part I*. Institute for Health and Consumer Protection

TGD, 2003b. *Technical Guidance Document on Risk Assessment, Part II*. Institute for Health and Consumer Protection

Tossavainen M., Forsberg E., 2000. *Leaching behaviour of rock material and slag used in road construction: a mineralogical interpretation*. Steel Research International, Vol. 71, No. 11, 2000, p. 442-448

Trafik & Fritid 2015. *Gummigranulat-SBR, svart*. Tillgänglig på http://www.trafik-fritid.se/prod/Gummigranulat-SBR-svart_4141/Konstgrastillbehor_1734/SWE/SEK [Hämtat 20 maj 2015]

Trafikverket, 2015. *Är saltet ett miljöhot?* Tillgänglig på <http://www.trafikverket.se/Privat/Vagar-och-jarnvagar/Sa-skoter-vi-vagar1/Vintervaghallning/Vagsalt/Ar-saltet-ett-miljohot/> [Hämtat 19 maj 2015]

Trelleborg Ab, 2015. *Om koncernen Trelleborg*. Nedladdat 2015-02-25.

Täby kommun, 2011. *Kontroll av vatten från Täby idrottsplats, Vikingavallen*. Södra Roslagens Miljö- och hälsoskyddsnämnd 2011

Ulirsch V., Gleason K., Gerstenberger S., Moffett D. B., Pulliam G., , Ahmed T., Fagliano J., 2010. *Evaluating and Regulating Lead in Synthetic Turf*. *Environmental Health Perspectives*, volume 118, number 10, October 2010

Unirubber.com.pl, (2015). *Properties of EPDM / SBR Recycling Granules*.

US EPA 2009, *A Scoping - Level Field Monitoring Study of Synthetic Turf Fields and Playgrounds*. National Exposure Research Laboratory Office of Research and Development. U.S. Environmental Protection Agency

Västra Götalandsregionen Miljömedicinskt Centrum, 2007. *Miljömedicinsk bedömning angående konstgräsplan vid Hertingskolan i Falkenberg*.

Västra Götalandsregionen Miljömedicinskt Centrum, 2008. *Miljömedicinsk bedömning angående konstgräsplan i Trollhättan*.

Wall, M., & Nilsson, P. (2009). *Hantering och mellanlagring av jordmassor*. Tillgänglig på <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:221208/FULLTEXT01.pdf> [Hämtat 20 maj 2015]

Westin 2015, *Personlig kommunikation i april*

Wredh G. , 2014. *Miljö- och hälsorisker med konstgräsplaner*. Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms Universitet.

Zhang J., Han I. K., Zhang L., Crain W., 2008. *Hazardous chemicals in synthetic turf materials and their bioaccessibility in digestive fluids*. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology (2008) 18, 600–607. 2008 Nature Publishing Group All rights reserved 1559-0631/08/\$30.00

Örebro 2015. *Ej publicerad rapport*.

13. BILAGOR

Bilageförteckning

Bilaga A Riskbedömningens genomförande

Bilaga B Resultat

Bilaga C Datainsamling

BILAGA A – RISKBEDÖMNINGENS GENOMFÖRANDE

1. Informationssammanställning.

I TGD (2003) ges ingen beskrivning av vad informationssammanställning innebär. Naturvårdsverket (2009) beskriver att en riskbedömning inleds med problemformulering. Syftet är att få en första uppfattning av om det kan finnas en risk. I detta steg bestäms vilka undersökningar som behöver göras och hur effekter ska bedömas för att avgöra riskens storlek och eventuella åtgärder. I detta steg beskrivs kvalitativt vilka föroreningskällor, föroreningarnas egenskaper, transport- och exponeringsvägar samt vilka skyddsobjekt som kan exponeras i dag och på längre sikt. (Naturvårdsverket 2009)

2. Effektanalys

(a) Faroidentifiering. I första steget identifieras de skadliga effekter som ett ämne har en inneboende förmåga att orsaka.

(b) Dos (koncentration) - respons (effekt) bedömning. I detta steg uppskattas sambandet mellan dos eller exponeringsnivå för ett ämne samt frekvensen och svårighetsgraden av en effekt. Underlag tas fram för att kunna bedöma vid vilka koncentrationer eller doser som negativa effekter uppstår. I de fall en förenklad riskbedömning utförs så används ofta generella eller platsspecifika rikt- och gränsvärden som gräns för då risken för negativa effekter är acceptabel. I de fallen fördjupade riskbedömningar genomförs kan underlag från toxikologiska och ekotoxikologiska tester samt biologiska undersökningar behöva sammanställas. (TGD 2003b; Naturvårdsverket 2009).

3. Exponeringsanalys.

I exponeringsanalysen analyseras halter, spridning och exponering för skyddsobjekten I detta steg uppskattas koncentrationerna/ doserna som människor/befolkning eller miljöer (vatten, land, luft) är eller kan bli utsatta för utifrån representativa halter i olika kontaktmedier. Dosens storleks bedöms genom att kvantifiera exponeringsvägar och exponeringens omfattning. Här ingår även att beskriva spridningen kvalitativt eller kvantitativt. Vid genomförande av en fullständig exponeringsanalys ingår även att bedöma föroreningarnas biologiska tillgänglighet, bioackumulation, biomagnifiering, nedbrytning och omvandling (TGD 2003b; Naturvårdsverket 2009).

4. Riskkaraktisering.

I detta steg uppskattas frekvensen och svårighetsgraden av de skadliga effekter som är sannolika att uppstå i en befolkningsgrupp eller del av miljön till följd av faktisk eller förutsedd exponering för ett ämne. Detta steg kan omfatta en "riskberäkning", dvs. en kvantifiering av denna sannolikhet. Om en förenklad riskbedömning genomförs så jämförs oftast representativa halter i olika kontaktmedier med generella rikt- och gränsvärden. I de fall då halter överskrider de riskbaserade haltkriterierna så kan det inte

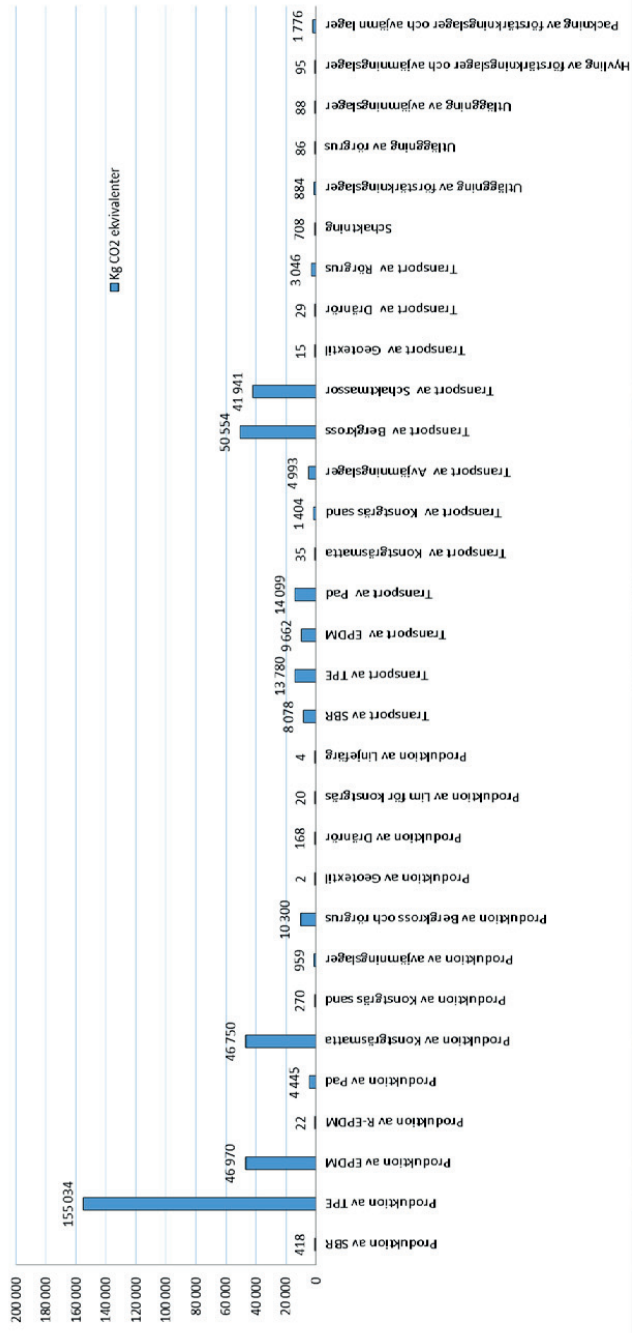
uteslutas att det innebär en oacceptabel risk. I fall en fördjupad riskbedömning genomförs så baseras riskkarakteriseringen på orsakssamband och flera undersökningar och beräkningar. (TGD 2003b; Naturvårdsverket 2009).

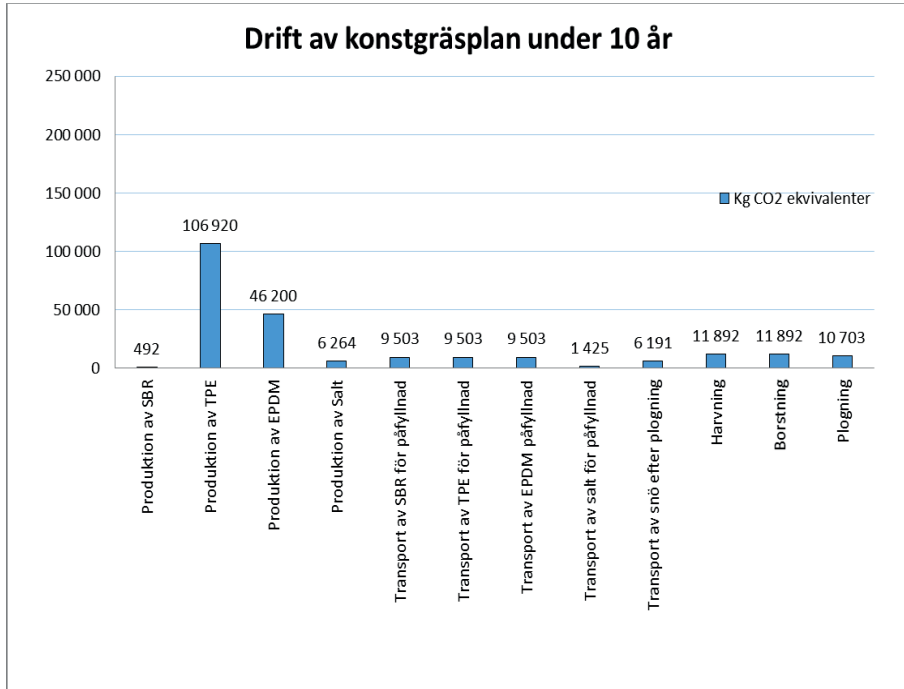
5. Resultat av riskbedömning/ samlad bedömning

I detta steg dras slutsatser huruvida det är angeläget att genomföra åtgärder på grund av risken och i så fall vilka. (TGD 2003b; Naturvårdsverket 2009)

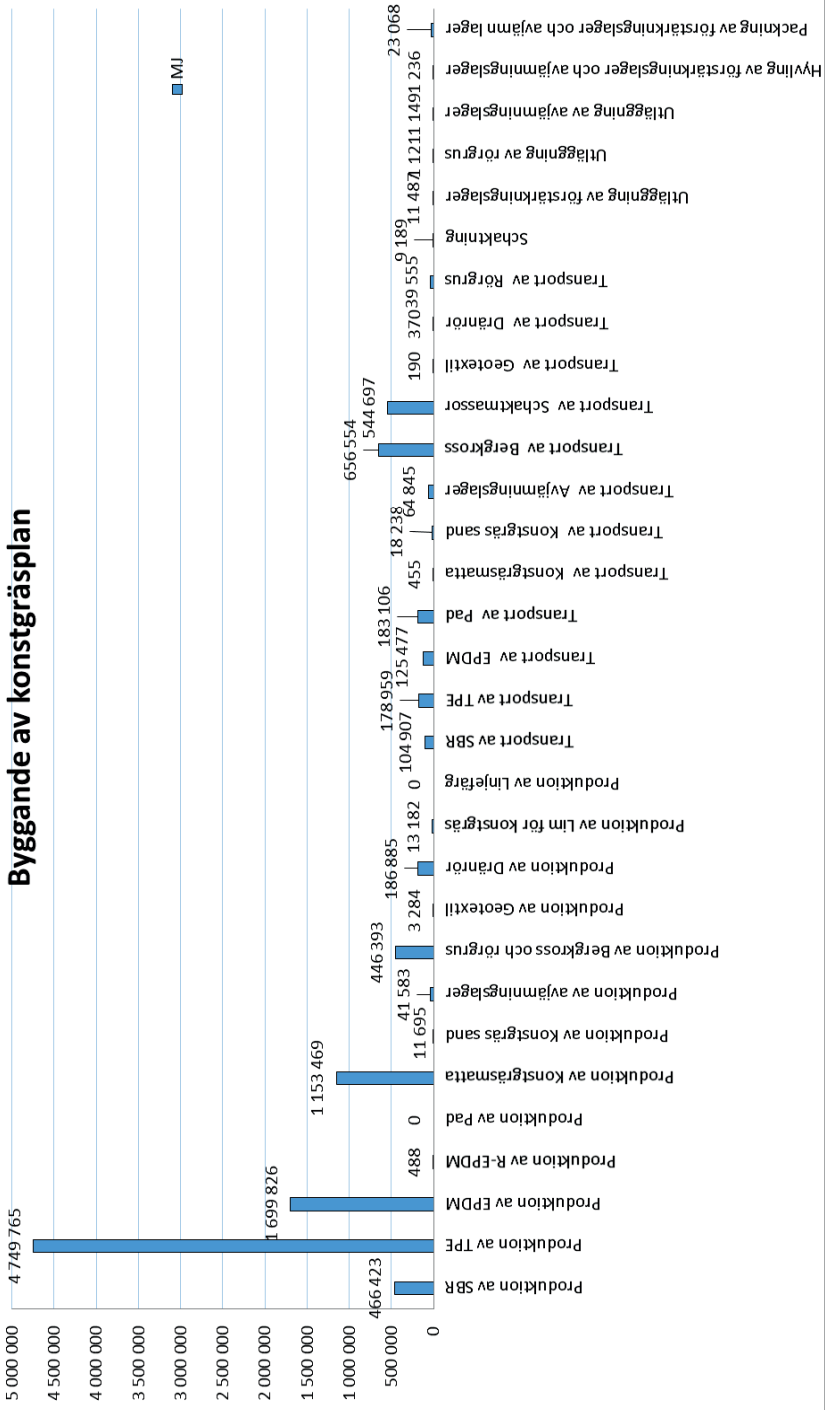
BILAGA B - RESULTAT

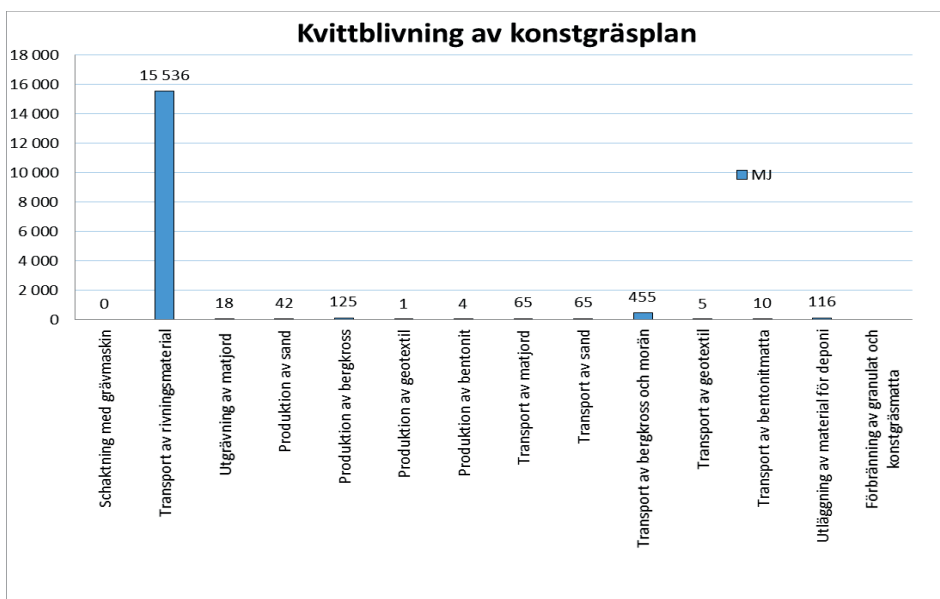
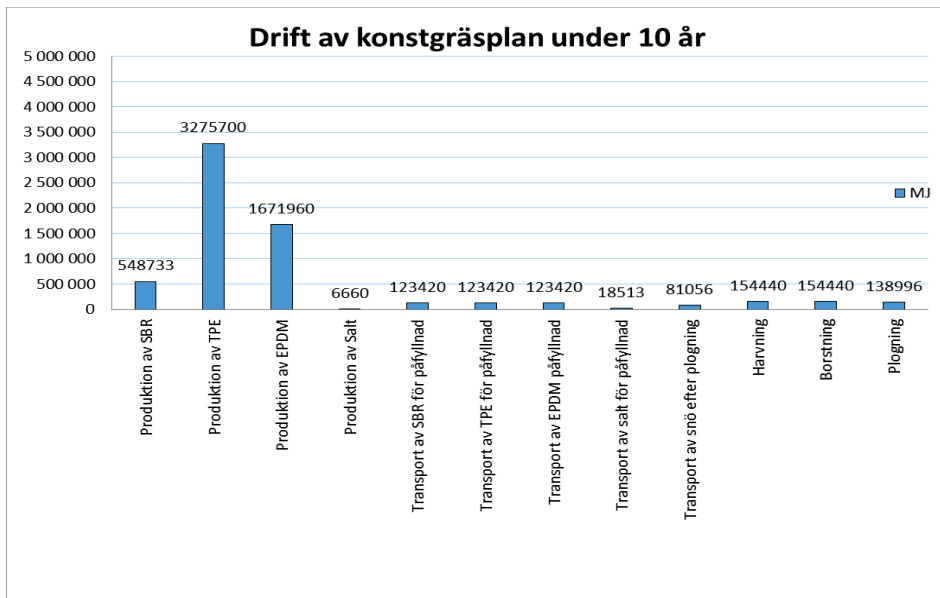
Byggnad av konstgräsplan

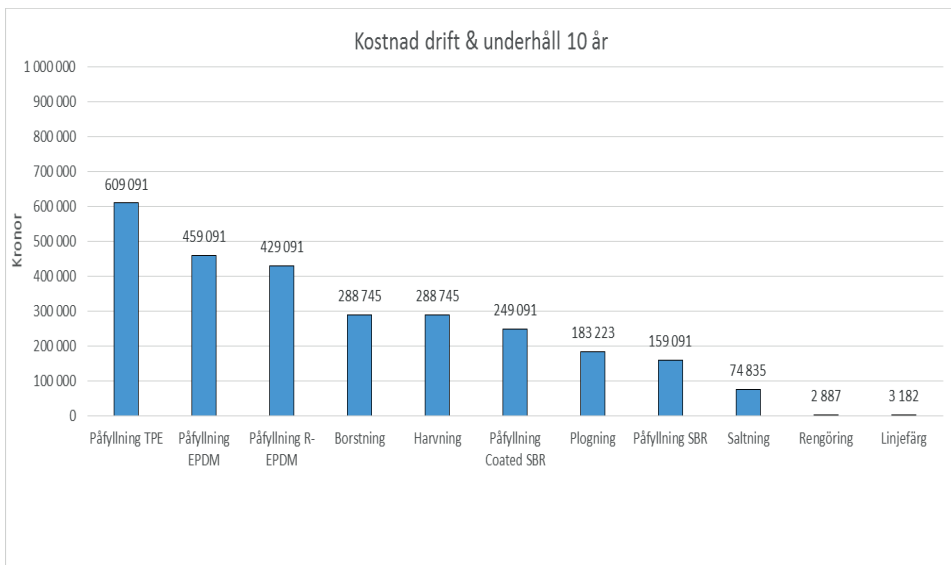
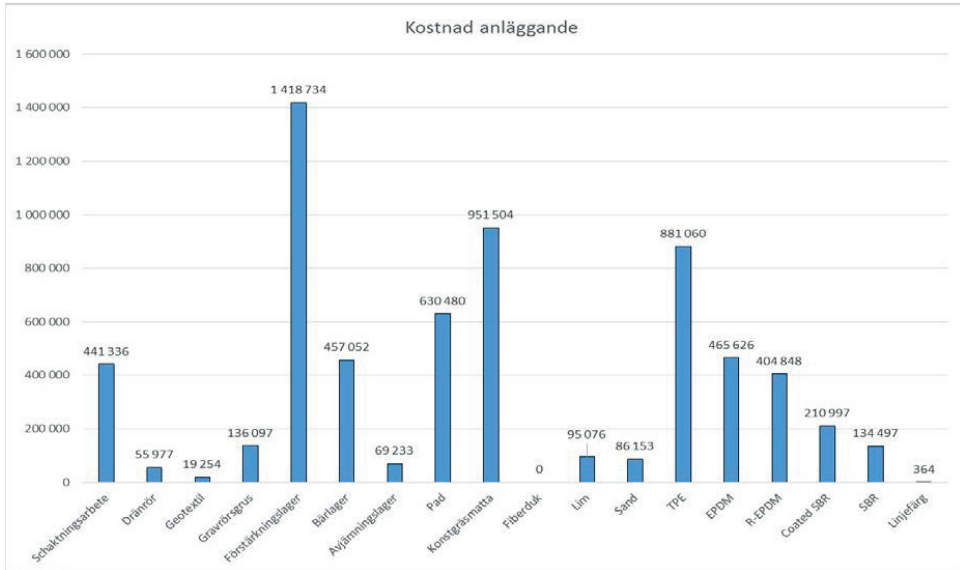


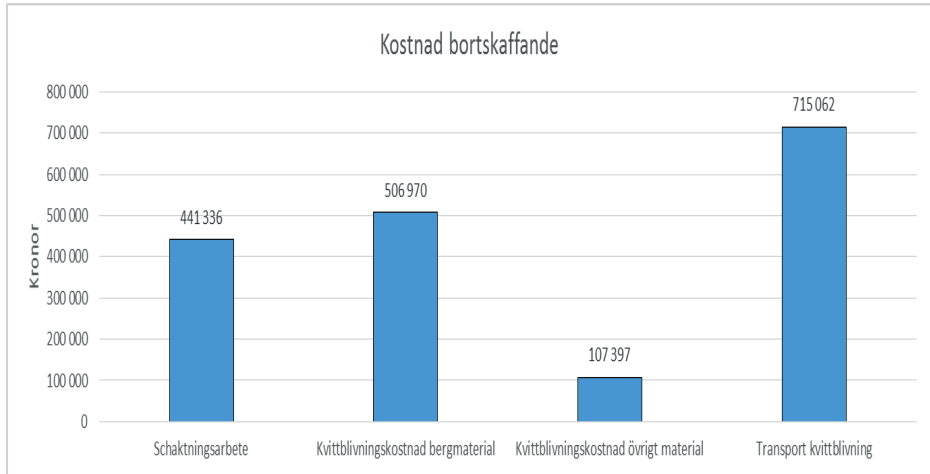


Byggnade av konstgräsplan









BILAGA C. INVENTERINGSDATA

Densitet sand avjämningslager	1,60	ton/m ³	Stripple, 2001
Densitet fuktig kompakterad jord, (morän)	2,10	ton/m ³	Stripple, 2001
Densitet jord, torr	1,10	ton/m ³	Stripple, 201
Densitet jord, fuktig opackad (ytjord)	1,68	ton/m ³	Stripple, 2001
Densitet geotextil (materialavskiljare)	0,083	ton/m ³	Magnusson, 2005
Bulkdensitet SBR	0,40	ton/m ³	Utifrån produktblad
Bulkdensitet TPE	0,85	ton/m ³	Utifrån produktblad
Bulkdensitet EPDM	0,48	ton/m ³	Utifrån produktblad
Bulkdensitet R-EPDM	0,50	ton/m ³	Utifrån produktblad
Densitet grus	1,70	ton/m ³	Veinge betong AB
Densitet dränrör	0,0006	ton/meter	Byggmax
Densitet bergkross (opackad)	1,62	ton/m ³	Stripple, 2001
Densitet bergkross (packad i konstruktionen)	2,00	ton/m ³	Toller 2007
Densitet berg (granit, fast volym)	2,97	ton/m ³	Stripple, 2001
Densitet pad	0,75	ton/m ³	uppvägt (0,00099975-753g)
Densitet tvåkomponent för Pad	1,10	ton/m ³	spentab, intervju
Densitet lim för konstgräs	1,00	ton/m ³	spentab/uppskattning
Densitet linjefärg	1,60	ton/m ³	Mipa Rasenmarkeringsfarge
Densitet konstgräsmatta	0,002	ton/m ²	uppvägt (0,05m ² - 89g)
Densitet sand för fyllnad i konstgräsmatta	1,50	ton/m ³	Veinge betong AB
Densitet geotextil (i bentonitmatta)	0,367	ton/m ³	Magnusson, 2005
Densitet bentonit (i bentonitmatta)	0,807	ton/m ³	Magnusson, 2005
Densitet diesel	0,830	ton/m ³	Simon, 2010
Densitet snö	0,050	ton/m ³	Antagande

Energi					
Energihällighet, diesel (effektiv värmevärde)	35,1	MJ/l	Stripple, 2001		
"Precombustion" diesel	0,1	MJ/MJ	Stripple, 2001		
Omvandling av 1 kWh till kJ	3600	kJ			
Energihällighet råolja	45	kJ/kg			
Arbetsmaskiner	1193735,07				
Liten traktor vid plogning (*3)	421	MJ/h			
Liten traktor	140	MJ/h	Ekologgruppen i Landskrona omräknat		
Ljullastare	211	MJ/h	Eriksson, A., & Leander, E. (2005). Ekonomiska aspekter av Skanskas miljöledningssystem. Omräk		
Grävmaskin	474	MJ/h	Eriksson, A., & Leander, E. (2005). Ekonomiska aspekter av Skanskas miljöledningssystem. Omräk		
Vält, soil compaction, 6,2 tonne	1	MJ/m ²	Stripple, 2001		
Hjullastare (Volvo BM L180) (exkl. precombustion)					
Energianvändning per m ³ (schaktbarhetsklass 2)	1,72E+00	MJ/m ³	Stripple, 2001		
Energianvändning per m ³ (schaktbarhetsklass 3)	3,00E+00	MJ/m ³	Stripple, 2001		Gäller hårt packad jor
Energianvändning per m ³ (schaktbarhetsklass 4)	3,32E+00	MJ/m ³	Stripple, 2001		Gäller blockrikt asgru
(Dieselförbrukning från Beyer)	9	l/h			
Grävmaskin (Volvo EC 620) (exkl. precombustion)					
Energianvändning per m ³ (schaktbarhetsklass 1)	2,65	MJ/m ³	Stripple, 2001		
Energianvändning per m ³ (schaktbarhetsklass 2)	2,78	MJ/m ³	Stripple, 2001		
Energianvändning per m ³ (schaktbarhetsklass 3)	3,32	MJ/m ³	Stripple, 2001		
Energianvändning per m ³ (schaktbarhetsklass 4)	3,98	MJ/m ³	Stripple, 2001		
Dieselförbrukning, grävmaskin	20	l/h	Fredrik Beyer, Skanska		
Kapacitet, grävmaskin	4450,79475	m ³ /sk	Fredrik Beyer, Skanska		

Emissioner och resursförbrukning	Värde	Enhet
Förbränning av 1 MJ olja i stationära installationer		
Produktion av 1 MJ elektricitet (svensk enomsnittsel)		
Produktion av 1 MJ elektricitet (europeiskt enomsnittsel) Elmix		
Primärenergi som krävs för att producera 1 MJ elektricitet	2,233E+00	MJ
Pre-combustion av 1 MJ diesel		
Produktion av material		
Produktion av 1 ton cement		
Produktion av 1 ton sand (Krossprodukt)		
Utvinning av 1 ton bergkross (makadam, krossprodukt)		
Produktion av 1 ton geotextil		
Produktion av 1 ton bentonit (brytning av magnetit)		
Produktion av 1 ton SBR		
Produktion av 1 ton EPDM		
Produktion av 1 ton TPE		
Produktion av 1 ton R-EPDM		
Produktion av 1 ton pad av SBR		
Utvinning av 1 ton grus (ej naturgrus)		
Produktion av 1 ton dränrör av PVC (110 mm diameter)		
Utvinning av 1 ton sand för konstgräs(kvartssand, krossprodukt)		
Produktion av 1 ton tvåkomponent till Pad		
Produktion av 1 ton lim för konstgräs (Baserat på data om MDI och Kalcium karbonat)		
Produktion av 1 ton linjefärg		
Produktion av 1 ton konstgräsmatta		
Produktion av 1 ton salt		
Produktion av 1 ton avjämningssand (krossprodukt)		
Produktion av 1 ton matjord (naturprodukt)		
Förbränning av 1 ton granulat och matta vid deponering		

Referens	Kommentar
Baumann & Tillman, 2004.	(exkl. precombustion)
Stripple, 2001	
Stripple, 2001	Antagit att europeisk
Beräknat	
Stripple, 2001	
Byggvarudeklaration Cement 2003 (Cementa), Christer Ljungkrantz (Cementa).	Alternativa bränslen:
Stripple, 2001	
Stripple, 2001	
Svingby & Båtelsson, 1999.	
Magnusson, 2005	
IVL, 2012 baserat.Insamling, klippning och granulering	
IVL, 2012	
IVL, 2012	
Antagande att R-EPDM kan jämföras med SBR	
IVL, 2012	endast co2 ekv.
Stripple, 2001, samma som för bergkross	
European Commission, July 2004	
Stripple, 2001, samma som för sand	
Jewell,Phelan, Palovich 2011	
Jewell,Phelan, Palovich 2011, IMA Europe (2012) För kalciumkarbonat har det antagits att primär energi är 10	
IVL, 1999	endast CO2, SO2
IVL, 2012 för co2, för energi se konstgräs-flik	Räknat på polypropyl
Stripple, 2001	
Stripple, 2001	
Stripple, 2001	Räkna på utgrävning
IVL rapport + http://www.ecolateral.org/plasticasafueirschem0709.pdf	

EI (ML)	Energiförbrukning (Enhet: MJ)				Resurser (Enhet: kg)				Utslippsfaktorer (Enhet: gram)											
	Bolbränsle (MJ)	Olja (MJ)	Lignit (MJ)	Kol (MJ)	Naturlgas (MJ)	Uran (MJ)	Valnötter (MJ)	Alternativa bränslen (MJ)	Jord och bergmaterial (kg) Olja (kg)	Avfall (kg)	CO2 (g)	SO2 (g)	NOx (g)	NZOG (g)	HC (g)	VOC (g)	CH4 (g)	Stoft	CO (g)	
	4.500E-02	6.400E-02	4.800E-03	4.000E-02	9.300E-03	1.600E-00	4.700E-01	2.233E+00	1.422E-03	7.000E-05	3.800E-00	6.700E-03	9.200E-03	4.200E-04	1.100E-03	1.400E-04	1.100E-03	1.400E-04	7.000E-05	2.100E-03
emix motorväg	4.500E-02	6.400E-02	4.800E-03	4.000E-02	9.300E-03	1.600E-00	4.700E-01	2.233E+00	1.422E-03	7.000E-05	3.800E-00	6.700E-03	9.200E-03	4.200E-04	1.100E-03	1.400E-04	1.100E-03	1.400E-04	7.000E-05	2.100E-03
	1.100E+00										7.580E+00	3.800E-02	1.500E-02						3.300E-02	1.300E-03
	4.500E-02	2.025E-01	2.779E-03	2.023E+00	1.800E-01	4.185E+00	7.200E-02	9.350E-02	1.900E-03	6.175E-01	1.710E-03	3.500E-02	1.130E-03	8.900E-01	0.000E+00	1.890E-01	6.300E-02	6.300E-02	3.150E-02	9.450E-01
	1.220E+01	9.540E-01	2.000E-01	9.540E-02	8.480E-01	1.979E-01	3.300E-01	9.960E-00	1.000E-03	4.444E-01	1.420E-03	7.890E-01	1.230E-01	3.010E-02	8.900E-01	3.820E-03	8.900E-01	3.820E-03	4.770E-01	1.490E+00
	1.800E-02	1.122E-04	1.890E-01	1.112E+04	3.900E-01	6.720E-03	1.974E+03	2.493E-02	2.900E-01	1.590E-04	2.814E-01	3.864E-01	1.794E+00	1.600E-04	4.620E-00	5.890E-01	2.940E-01	2.940E-01	8.920E-01	8.920E-03
	1.343E-01	4.310E-01	1.340E-01	1.194E-01	2.780E-00	4.770E-02	1.403E-02	4.573E-03	1.000E+03	2.9578E-01	2.000E-03	2.934E+00	2.570E-03	1.879E-02	1.000E-04	4.300E-05	4.300E-05	4.300E-05	2.877E-03	2.877E-03
	2.048E+03	9.216E+01	1.639E-04	8.190E-02	8.190E-02	1.639E-03	1.639E-03	6.628E-02	2.913E+00	1.434E-01	7.782E-06	1.372E-01	1.884E-01	8.602E-01	0.000E+00	2.233E+00	2.287E-01	1.434E-01	1.434E-01	4.301E+00
	2.048E+03	9.216E+01	1.311E-02	9.216E+00	8.192E-01	1.905E-01	3.277E+03	6.628E-02	2.913E+00	1.434E-01	7.782E-06	1.372E-01	1.884E-01	8.602E-01	0.000E+00	2.233E+00	2.287E-01	1.434E-01	1.434E-01	4.301E+00
	2.119E+01	9.540E-01	2.000E-01	9.540E-02	8.480E-01	1.979E-01	3.300E-01	9.960E-00	1.000E+03	4.444E-01	1.420E+03	7.890E-01	1.230E+01	3.010E-02	8.900E-01	3.820E-03	8.900E-01	3.820E-03	4.770E-01	1.490E+00
	4.650E+04	2.093E-03	2.979E-03	2.093E-02	1.860E-03	4.232E-02	7.440E+04	2.186E+04	6.613E-01	1.797E+05	3.116E-02	4.279E-02	1.935E+01	0.000E+00	5.115E+01	6.510E+00	3.259E+00	9.785E+01	3.259E+00	9.785E+01
	1.220E+01	9.540E-01	2.000E-01	9.540E-02	8.480E-01	1.979E-01	3.300E-01	9.960E-00	1.000E+03	4.444E-01	1.420E+03	7.890E-01	1.230E+01	3.010E-02	8.900E-01	3.820E-03	8.900E-01	3.820E-03	4.770E-01	1.490E+00
	5.728E+03	2.982E-02	3.672E-02	2.822E-01	2.295E-02	5.336E-01	9.191E+03	2.697E+03	8.161E-00	2.790E-01	3.988E+04	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03
	5.728E+03	2.982E-02	1.107E-03	2.822E-01	2.295E-02	5.336E-01	9.191E+03	2.697E+03	2.461E-01	0.000E+00	4.500E+00	9.900E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03	4.500E-03
en	1.448E+03	4.232E+04	5.814E-01	1.762E+03	3.166E+04	1.940E+03	5.300E-02	3.172E+06	9.408E-02	3.172E+06	3.172E+06	4.440E-02	4.440E-02	4.440E-02	4.440E-02	4.440E-02	4.440E-02	4.440E-02	4.440E-02	4.440E-02
	2.120E+01	9.540E-01	2.000E-01	9.540E-02	8.480E-01	1.979E-01	3.300E-01	9.960E-00	1.000E+06	4.444E-01	1.420E+03	7.890E-01	1.230E+01	3.010E-02	8.900E-01	3.820E-03	8.900E-01	3.820E-03	4.770E-01	1.490E+00
	2.530E+00	1.139E-01	1.619E-01	1.139E-02	1.012E-01	2.353E-02	4.048E-00	1.189E-00	1.000E+03	3.598E-03	9.614E+00	1.698E-02	2.328E-02	1.083E-03	0.000E+00	2.793E-03	3.542E-04	1.771E-04	5.313E-03	5.313E-03
									0.000E+00	0.000E+00	4.400E+06									

Arbetsmaskiner: Hjulstare (volvo BM L180), grävmaskin (volvo EC 620), värt (Dynapac CA 301D), dumper

Förbräning av 1 MJ diesel i arbetsmaskin

VILKEN ANVÄNDAR? Strippa, 2001 (inkl. pre-combustion)

VILKEN ANVÄNDAR? LCi Fordonsbränslen (NTM, 1999)

Emissioner per MJ använd diesel (tM1)

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

1,1

Byggnation, drift och underhåll			
Borstning med traktor, sträcka	1 h/ tillfälle		
Harvning	1 h/ tillfälle		
Plogning	1 h/ tillfälle		
Saltning	7881 m/ tillfälle		
Saltning	150 kg/ tillfälle		
Rengöring	1 h/tillfälle		
Återfyllning av fyllmaterial	6 ton/ år		
Hyvlning vid byggnation i omgångar	8 h		
Packning vid byggnation i omgångar	39405 m	beräknat som att ytan välts 10 gånger	
Nederbörd			
Snömängd under 10 år	5 m	Eget antagande	

Växthuseffektpotential	
CO2	1 kg CO2-ekv./kg
CH4	21 kg CO2-ekv./kg
NOx	7 kg CO2-ekv./kg
CO	3 kg CO2-ekv./kg
HC	11 kg CO2-ekv./kg
N2O	310 kg CO2-ekv./kg

Kostnad schaktningsarbete	56,00 kr/m ²	http://oskarshamn.se/upload/KLK/Revision/Revisionsrapport%20kvastmossen%202010%202.pdf				
Förstärkningslager (0-90 mm) tj=350 mm	2758,35 m ³	7881 m ²	4413,36 ton			
Bärlager (0-32 mm) tj=100 mm	788,10 m ³	7881 m ²	1260,96 ton			
Avjämningslager (0-4 mm) tj=20 mm	118,22 m ³	7881 m ²	177,3225 ton			
Sand (0-2 mm) tj=15 mm	118,22 m ³	7881 m ²	177,3225 ton			
Gravörsgrus (0-32 mm) tj=10 mm	240,00 m ³	7881 m ²	384 ton			
Genomsnittligt pris bergkross 0-32	235,00 kr/ton	(Jehanders) file:///C:/Users/sandra.frosth/Downloads/konsumentprislista_stockholm_2014_we				
Genomsnittligt pris stenmjöl 0-40	262,00 kr/ton	(Jehanders) file:///C:/Users/sandra.frosth/Downloads/konsumentprislista_stockholm_2014_we				
Genomsnittligt pris bergkross 0-90	194,00 kr/ton	(Jehanders) file:///C:/Users/sandra.frosth/Downloads/konsumentprislista_stockholm_2014_we				
Genomsnittligt pris sand 0-2	366,00 kr/ton	(Jehanders) file:///C:/Users/sandra.frosth/Downloads/konsumentprislista_stockholm_2014_we				
Arbetstid markarbete	0,03 h/m ³	Antagande utifrån Nilsson, Wall (2009)				
Pris anläggningsarbete	350,00 kr/h	Antagande				
Maskintid markarbete	0,03 h/m ³	Antagande utifrån Nilsson, Wall (2009)				
Pris maskinhyra	429,00 hr/h	Antagande utifrån Nilsson, Wall (2009)				
Lim	499,00 kr/3 kg	http://www.xn--konstgrsnet-r8a.se/lim-och-limtejp.html			166333 kr/ton	
Lim dimensioner	0,001 m	7,88 m ³	0,56 ton	0,007881 m ²	Simon	
Linjefärg	0,06 m ³	60,0 L	0,10 L/m			
Dimensioner linjer	600,00 m	Antagande	0,1 m	Antagande	0,001 m	
Gånghastighet	2000,00 m/h	Antagande				
Kostnad linjefärg	4,20 kr/L	http://www.trafik-fritid.se/prod/Supreme--10-lit-dunk_17662/Linjeringsfarger_1735/SWE/SEK				
Dränrör	1500,00 m	0,11 m (dia)	Simon	0,9 ton		
Pris dränrör	33,75 kr/m	https://www.byggmax.se/gjutning-och-husrund/dranering-och-fuktisolering/dranering/drane				
Arbetstid dränrör	0,01 h/m	Antagande				
Fiberduk (runt dränrör)	1500,00 m	0,11 m (dia)	165 m ²	0,0005 m	0,0825 m ³	0,006848
Pris fiberduk	9,99 kr/m ²	http://www.stenbolaget.se/fiberduk-100x2-m.html				
Geotextil (i dränschakt)	1,26 m ³	1800,00 m ²	0,10458 ton	0,0007 m		
Pris geotextil	9,99 kr/m ²	http://www.stenbolaget.se/fiberduk-100x2-m.html				
Utläggning fiberduk	0,002 h/m ²	Antagande utifrån Nilsson, Wall (2009)				
Granulat TPE						
Konstruktion	87,00 ton	IVL, 2012	118 m ³	0,015 m		
Årlig påfyllning	6,00 ton	Simon	7 m ³			
Pris	10000,00 kr/ton	Pris från 2013. http://www.arboga.se/Documents/Protokoll/Tekniska%20n%C3%A4mndens%20				
Granulat EPDM						
Konstruktion	61,00 ton	IVL, 2012	118 m ³	0,015 m		
Årlig påfyllning	6,00 ton	Simon	13 m ³			
Pris	7500,00 kr/ton	Pris från 2013. http://www.arboga.se/Documents/Protokoll/Tekniska%20n%C3%A4mndens%20				
Granulat SBR						
Konstruktion	51 ton	IVL, 2012	118 m ³	0,015 m		
Årlig påfyllning	6,00 ton	Simon	15 m ³			
Pris	2500,00 kr/ton	http://www.trafik-fritid.se/prod/Gummigranulat-SBR-svart_4141/Konstgrastillbehor_1734/SWE/				

Granulat R-EPDM									
Konstruktion	56,74 ton	Antagande samma som EPDM	118 m3	Antagand	0,015 m				
Årlig påfyllning	6,00 ton	Simon	13 m3	Antagande samma som EPDM					
Pris	7000,00 kr/ton	Antagande							
Granulat coated SBR									
Konstruktion	51,00 ton	Antagande samma som SBR	118 m3	Antagand	0,015 m				
Årlig påfyllning	6,00 ton	Simon	15 m3	Antagande samma som SBR					
Pris	4000,00 kr/ton	Antagande							
Genomsnitt granulatmängd	61,35 ton								
Liten traktor drivmedel	4 L/h					Ekologgruppen			
Dieselpriis	13,50 kr/L	54 kr/h				Bensinpriser.nu (Stockholm 19/5 2015)			
Räckvidd traktor	1,50 m	7881,00 m2	5254 m körsträcka			Antagande			
Hastighet traktor	5000,00 m/h					Antagande			
Timlön vaktmästare	168,00 kr/h	Arbetsgivaravgifter:	31,42%	1,3142		Baserat på lön (http://www.scb.se/sv/_H)			
Timkostnad vaktmästare	220,79								
Harvning	100,00 ggr/år	Simon							
Borstning	100,00 ggr/år	Simon							
Plogning	30,00 ggr/år	Simon							
Saltning	30,00 ggr/år	Simon							
Rengöring	1,00 ggr/år	Simon							
Transportavstånd snöbortförel	2,00 mil								
Transportkostnad snö	161,00 kr/mil	Entreprenadbergsrapporten							
Antal ggr/år	30,00	Antagande utifrån antalet gånger plogning							
Kostnad salt	3490,00 kr/ton	http://www.jula.se/catalog/tradgard/tradgardskop/snorojning/tosalt/vagsalt-719000/							
Mängd salt/saltning	0,15 ton	Simon							
Pad	0,015 m (tj)	7881 m2	118,215 m3	88,66125 ton					
Pris pad	80 kr/m2	material + installation (gjutning)	Peo, Spentab 2015						
Installation pad	100 m2/h								
Konstgräsmatta	0,15 m	7881,00 m2	1182,15 m3	2,3643 ton					
Pris konstgräs	120,00 kr/m2	Peo, Spentab							
Bergmaterial som ska bortskaffas	6412,97 ton								
Övrigt material som ska bortskaffas	329,70 ton	Genomsnitt på fyllmaterialet							
Transport till deponi	50,00 km	Simon							
Transport till deponi (ToR 100 km)	1580,00 kr/transport	Entreprenadbergsrapporten							
Mängd/transport	14,00 ton	Entreprenadbergsrapporten							
Antal transporter för granulat och matta	23,55 st								
Deponeringsavgift byggavfall	700,00 kr/ton	http://www.sysav.se/foretag/Priser/Prislista-for-de-vanligaste-avfallslagen/							
Mottagningsavgift återvunnet berg	82,00 kr/ton	http://damattsson.se/index.asp?page=6				3 axlad lastbil å 14 ton			

Konstgräsplaner är materialintensiva anläggningar som kräver kontinuerlig drift och underhåll. Anläggningsägare tar många beslut som påverkar den ekonomiska och miljömässiga prestandan hos en konstgräsplan. Här presenteras samlad kunskap kring miljöpåverkan och kostnader för en konstgräsplans livscykel och vilken betydelse materialval och konstruktionslösningen har i dessa avseenden.

Luleå Tekniska Universitet
Institutionen för Samhällsbyggnad och Naturresurser
971 87 LULEÅ
SWEDEN

www.ltu.se, www.optimass.se