



Ogräsbekämpning med hetvattenskum

Resultat från en fältstudie på en av järnvägens
driftplatser

Harald Cederlund, Institutionen för mikrobiologi, SLU

ISBN 978-91-576-9278-8

Referera gärna till rapporten på följande sätt:

Cederlund H. 2015. *Ogräsbekämpning med hetvattenscum – Resultat från en fältstudie på en av järnvägens driftplatser*. Rapport från Institutionen för mikrobiologi, Sveriges lantbruksuniversitet

Omslagsfoto: Jämförelse mellan bekämpad (vänster) och obekämpad yta (höger) på Kristianstad godsbangård ca 1 månad efter bekämpning med hetvattenscum.

Kontakt:

harald.cederlund@slu.se

www.slu.se/

Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning	2
Summary	3
1 Introduktion	4
1.1 Tidigare försök med alternativa preparat	4
1.2 Ogräsbekämpning med hetvattenskum	5
2 Skummets sammansättning och miljöpåverkan.....	5
2.1 Skummets kemiska sammansättning.....	5
2.2 Tillverkning.....	6
2.3 Mikrobiell nedbrytning	6
2.4 Miljöpåverkan	7
2.4.1 Energiförbrukning.....	7
2.4.2 Ekotoxikologi.....	8
2.4.3 Påverkan av alkylpolyglykosider på föroreningar i mark	8
3 Försök med hetvattenskum på Kristianstads bangård.....	10
4 Resultat	12
4.1 Test av påverkan på signalsystemet	12
4.2 Vattenförbrukning och bekämpningshastighet.....	12
4.3 Ogräseffekter.....	13
4.4 Kvalitativa skillnader och observationer.....	15
5 Diskussion.....	16
6 Referenser	19
Appendix 1 – jämförelse mellan kemisk och termisk ogräsbekämpning.....	22
Appendix 2 – dygnsnederbörd och dygnsmedeltemperatur.....	24

Förord

Innan ogräsbekämpning med hetvattenskum kan komma till användning på järnväg behöver metoden utvärderas för att undersöka hur effektiv den är och hur den bör användas i anläggningen. Det är också viktigt att säkerhetsställa att metoden inte utgör en risk för säkerheten eller har negativ påverkan på miljö eller arbetsmiljö. Den här rapporten presenterar resultaten från ett fältförsök som utfördes under sommaren 2014 på Kristianstad bangård just med syfte att utvärdera hur användbar ogräsbekämpning med hetvattenskum är i järnvägsmiljön. Dessutom har en litteraturgenomgång genomförts med syfte att sammanfatta kunskap om ogräsbekämpning med hetvattenskum och dess miljöpåverkan samt identifiera kunskapsluckor.

Arbetet finansierades och utfördes på uppdrag av Trafikverket. Flertalet personer på Trafikverket har varit engagerade i projektet, jag vill särskilt tacka Kerstin Ollvik-Aasa för att du hjälpte till att koordinera arbetet, Björn Schelin för hjälp med att identifiera en lämplig försöksplats och Ola Magnusson för stöd på plats i Kristianstad. NCC bidrog med sprututrustning och personal vid utläggningen av försöket. Särskilt stort tack skall riktas till Robert Mellberg och Emelie Henningsen på NCC som svarade på många frågor och Håkan Björk som hjälpte till på plats i Kristianstad.

Uppsala, 2015-01-14
/Harald Cederlund

Sammanfattning

Som en del i arbetet att utvärdera alternativ till kemiska bekämpningsmedel för ogräsbekämpning i järnvägsmiljöer utfördes under sommaren 2014 ett test med hetvattenskum på en bangård i Kristianstad. Den här rapporten presenterar resultat från fältförsöket och innehåller också en sammanställning av kunskapsläget kring ogräsbekämpning med hetvattenskum och dess miljöpåverkan. Ogräsbekämpning med hetvattenskum är en termisk metod som dödar ogräsen genom att denaturera proteiner och förstöra cellstrukturer. Skummet, vars funktion är att bilda ett isolerande skikt så att mer energi kan överföras till växten, består av biologiskt nedbrytbara alkylpolyglykosider. Behandlingen med hetvattenskum gav en tydlig men relativt kortvarig minskning av ogräsens täckningsgrad på behandlade ytor men behöver upprepas under växtsäsongen för att förhindra att ogräs återväxer från överlevande rötter och att nya ogräs etablerar sig efter utförd bekämpning. Även en enkel behandling med hetvattenskum kan dock ge skillnader i hur högväxande ogräsen blir och i vilken utsträckning de går i blom som kvarstår under större delen av sommaren. Litteraturstudien indikerade att den största miljöpåverkan från hetvattensbekämpningen uppstår i samband med uppvärmningen av preparatet. En rekommendation är därför att i samband med framtida användning ålägga entreprenören att redovisa data över vatten-, bränsleförbrukning och bekämpad areal i form av dagrapporter för att bättre kunna bedöma hur stor denna påverkan är. Bekämpning med hetvattenskum är dyrare än kemisk ogräsbekämpning men framstår ändå som ett intressant alternativ för ytor där användningen av kemiska bekämpningsmedel inte är tillåten.

Summary

Weed control by hot foam was evaluated as an alternative to using chemical pesticides in a field experiment on a rail yard in Kristianstad in southern Sweden. This report presents the results from the field experiment and also contains a literature review on hot foam weed control and its environmental effects. Hot foam weed control is a thermal method that kills weeds by denaturing proteins and destroying cell structures. The function of the foam is to form an isolating layer so that more energy can be transferred to the plant, and it consists of biologically degradable alkyl polyglycosides. One treatment by hot foam gave a significant decrease in the weed coverage, but the duration of the effect was relatively short-lived and the treatment needs to be repeated during the growing season in order to prevent surviving weeds from re-establishing themselves and new weeds to emerge. However, only one treatment with hot foam was enough to give persistent effects on average weed height and degree of flowering. The literature review indicated that the largest environmental impact of the hot foam treatment is likely to stem from the large amount of energy required to heat the water. In order to obtain better estimates of its environmental impact it is recommended that future contractors should be required to report regularly on water- and fuel consumption as well as the size of the treated area. Weed control by hot foam is more expensive than chemical weed control but still represents an interesting alternative for surfaces where the use of herbicides is prohibited.

1 Introduktion

Det finns flera anledningar till varför ogräs behöver bekämpas utmed svenska järnvägar. Ogräs försvårar inspektion av anläggningen och kan bidra till att minska sikten för lokförare. Mycket ogräs medför också ett säkerhetsproblem för i spåret arbetande personal, då dessa kan snubbla, halka eller fastna på ogräs. En väl utförd ogräsbekämpning bidrar till att förlänga banans livslängd och fördröjer dyrare underhållsåtgärder som t.ex. mekanisk ballastrensning.

Ogräsbekämpningen utförs idag huvudsakligen med kemiska metoder då dessa bedöms vara mest effektiva. Det finns dock flertalet ytor på järnvägen som inte får eller bör bekämpas kemiskt på grund av risken för påverkan på grund- och ytvatten eller omedelbar närhet till andra typer av känsliga områden. Sådana ytor benämns med Trafikverkets terminologi ”restriktionsytor” och för dessa områden finns i dagsläget ingen riktigt bra alternativ metod för att hantera ogräsproblematiken. Bekämpningsmedelslagstiftningen betonar också vikten av att i möjligaste mån begränsa användningen av kemiska bekämpningsmedel så det finns ett stort behov av att undersöka och utveckla alternativa ogräsbekämpningsmetoder.

1.1 Tidigare försök med alternativa preparat

Trafikverket har tidigare bland annat finansierat forskning kring ogräsbekämpning med ättika och hetvatten. Ättika (ättiksyra) klassas som ett kemiskt bekämpningsmedel av kemikalieinspektionen men uppfattas som ett förhållandevis ofarligt och miljövänligt alternativ. Det är ett effektivt ogräsbekämpningsmedel om dosen är tillräckligt hög och bekämpningen kan upprepas åtminstone en gång under växtsäsongen (Cederlund et al., 2010). Ättika har dock den nackdelen att det är korrosivt (Sederholm, 2007) vilket är olämpligt i många järnvägsmiljöer och den höga dosen som krävs för att ge en god effekt (3000 liter 12 % ättika/ha) gör det opraktiskt att använda ättika annat än på begränsade områden.

Hetvattensbekämpning är en termisk metod som undersöktes i ett antal försök i början av 2000-talet (Hansson and Mattson, 2003; Hansson and Mattsson, 2002; Hansson, 2002). Hetvatten har god potential att kunna användas på järnvägar i åtminstone begränsad omfattning men metoden är energikrävande, långsam och kräver att behandlingen upprepas några gånger under en växtsäsong för att ge gott resultat (Hansson, 2002). De termiska metoderna (hetvatten, flamning, ångning etc.) verkar ospecifikt genom att hetta upp växten så att proteiner denaturerar och cellstrukturer förstörs. En god effekt är därför beroende av en hög energiöverföring till växten. Metoderna har det gemensamt att de relativt effektivt slår ut växtens ovanjordsdelar men oftast lämnar rötterna opåverkade då värmen inte tränger ned i marken i tillräcklig utsträckning.

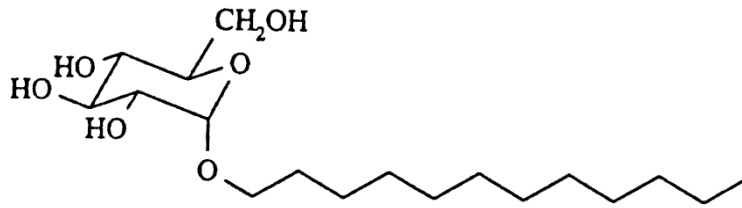
1.2 Ogräsbekämpning med hetvattenscum

Bekämpning med hetvattenscum skiljer sig från bekämpning med enbart hetvatten genom att skummet bidrar till att isolera växten från den omkringliggande luften och därmed i teorin öka energiöverföringen till växten. Enligt NCC som säljer ogräsbekämpning med hetvattenscum (NCC Spuma) bidrar detta till att metoden är mer varaktig än andra termiska alternativ och att färre behandlingar krävs per säsong (NCC, 2014). Ett visst stöd för detta påstående får man i en studie av Rask et al (2013) där det krävdes i genomsnitt 3 behandlingar med hett skum per säsong jämfört med 5-5,5 behandlingar med flamning eller ångning för att hålla täckningsgraden under 2 % på en hårdgjord yta. Inga direkta jämförelser mellan ogräsbekämpning med hetvatten och hett vatten med skum tycks dock finnas publicerade så det är svårt att uttala sig konkret om hur viktig/effektiv skummets isolerande effekt är. Överhuvudtaget är antalet publicerade vetenskapliga artiklar som har studerat bekämpning med hetvattenscum få och heller inte särskilt informativa.

2 Skummets sammansättning och miljöpåverkan

2.1 Skummets kemiska sammansättning

Skummet som används består av så kallade alkylpolyglykosider. Ofta kan man läsa att skummet består av t.ex. kokossocker och majssocker (t.ex. i DN, 2013) eller motsvarande. Detta är dock en förenkling som inte är helt rättvisande. En *alkylglykosid* är molekyl som består av en sockermolekyl i ena änden sammankopplad med en alkylkedja (enkel kolkedja) i den andra. Sockret är relativt hydrofilt (vattenälskande) och alkylkedjan hydrofob (vattenhatande/fettlöslig) vilket gör att molekylerna är en ytaktiv tensid – dvs. den har egenskaper som liknar t.ex. diskmedel. En *glukosid* är en *glykosid* där sockermolekylen består av sockret glukos (druvsocker) medan den hos något som kallas glykosid även kan bestå av andra typer av socker som t.ex. maltos.



Figur 1. Exempel på strukturen hos en alkylmonoglukosid med en vattenlöslig glukosmolekyl i ena änden och en fettlöslig kolkedja (med 12 kolatomer = C12) i den andra. En alkylpolyglykosid (APG) har i genomsnitt fler sockermolekyler och har varierande längd på kolkedjan.

Alkylpolyglykosider (APG:er) betecknar en blandning av liknande molekyler där antalet sockerenheter och längd på kolkedjan varierar. Kolkedjan kan vara enkel (linjär) eller grenad. Kolkedjans längd och antalet sockermolekyler bestämmer molekylens egenskaper (Ware et al., 2007; von Rybinski and Hill, 1998) och brukar därför ofta anges. En längre kolkedja ger t.ex. mindre vattenlöslighet. Alkylkedjans längd anges t.ex. som C8-C12 vilket betyder att antalet kolatomer i alkylkedjan varierar mellan 8-12 st. Det genomsnittliga antalet sockermolekyler hos en APG anges som dess polymerisationsgrad (von Rybinski and Hill, 1998). Exemplet i figur 1 har en glukosmolekyl, dvs. polymerisationsgraden är 1, och en kolkedja med 12 kolatomer dvs. kolkedjans längd anges som C12.

2.2 Tillverkning

Det finns flera olika metoder för att producera alkylpolyglykosider – den mest kända och använda är så kallad Fischers glykosylering, uppkallad efter Emil Fischer som först upptäckte och beskrev syntesmetoden. I Fischers syntes så reagerar glukoser med en fet alkohol under katalys av en syra. Ofta används t.ex. majsstärkelse (stärkelse består av sammankopplade glukosmolekyler) och feta alkoholer från t.ex. kokosnöt och i palmkärnolja som råvaror (von Rybinski and Hill, 1998). Användningen av naturliga råvaror gör att alkylpolyglukosider ofta brukar räknas in i gruppen naturliga tensider. Man skall dock ha i åtanke att flera kemiska syntesteg krävs för att få fram de feta alkoholer som används i tillverkningen och APG är därför inte naturlig i betydelsen naturligt förekommande (Holmberg, 2001). Efter syntesen renas de resulterande alkylpolyglykosiderna ofta i olika steg för att t.ex. avvattna, bleka eller stabilisera slutprodukten (von Rybinski and Hill, 1998).

2.3 Mikrobiell nedbrytning

Eichhorn et al. (1999) undersökte nedbrytningen av octyl- decyl- och dodecylmonoglukosid (C8, C10 och C12) i vatten från Rhen. Nedbrytningen var mycket snabb med en fullständig nedbrytning inom 24 h. Nedbrytningskurvorna uppvisade en typiskt metabolisk kinetik - dvs. nedbrytningshastigheten ökar med tiden allteftersom mikroorganismerna som bryter ned substansen blir fler.

Madsen et al (1996) mätte mineralisering (dvs. fullständig nedbrytning till koldioxid eller metan) av två olika APG:er, en C8 (grenad kolkedja) och en C12-C14 (linjär), i aktiverat slam och i rötrest från ett vattenreningsverk. I det aktiverade slammet uppnåddes under aeroba förhållanden (med syre) 50-60 % mineralisering inom 15 dagar för båda typerna av APG. Detta tyder på en i stort sett fullständig nedbrytning då delar av kolet kommer att byggas in i mikrobiell biomassa snarare än att släppas ut som koldioxid. Under de anaeroba (syrefria) förhållandena i rötresten var nedbrytningen långsammare och mineraliseringen uppgick till 72 % av ett teoretiskt maxvärde för C12-C14 efter knappt 8 veckors inkubation, men endast till 22 % för C8 efter samma tidsperiod.

Qin et al (2006) undersökte nedbrytbarheten hos ett antal APG:er i ett mineralmedium (vatten med tillsats av näringsämnen och med APG som enda kolkälla). De fann att samtliga APG:er bröts ned relativt snabbt men att APG:er med längre kolkedja eller med högre polymerisationsgrad bröts ned långsammare. Huvudanledningen var den längre lag-fasen för dessa ämnen. Den längre lag-fasen tyder på att det förmodligen fanns färre mikroorganismer i ursprungsprovet som kunde bryta ned dessa. Förgrening i kolkedjan påverkade inte nedbrytbarheten i deras försök.

Zhang et al (2011), undersökte hur tillsats av APG (100 mg APG/kg kompost) påverkade kompostering av substrat från svampodling med kogödsel. Effekterna av APG-tillsats var små men nedbrytningen av organiskt material blev något snabbare och mängden mikroorganismer ökade något i APG-ledet.

Sammanvägd bedömning av nedbrytning

Inga artiklar som direkt har studerat nedbrytningen av alkylpolyglykosider i mark kunde hittas i litteraturen. Det förefaller dock troligt, utifrån de studier som har genomförts och utifrån deras kemiska struktur, att nedbrytningen i mark kommer att ske snabbt i de flesta fall och att nedbrytningen kommer att vara fullständig.

2.4 Miljöpåverkan

2.4.1 Energiförbrukning

Genom en livscykelanalys kan man analysera vilka steg av framställningen eller användningen av en produkt som ger störst miljöpåverkan. Ofta väljer man att inrikta analysen på att bedöma produktens påverkan på klimatet, och räknar om energiförbrukning och utsläpp i olika produktionsled till koldioxidekvivalenter för att möjliggöra jämförelse. Sådana analyser visar att den viktigaste faktorn som bidrar till utsläpp i samband med produktionen av APG:er är hur råvarorna odlas. I synnerhet gäller det framställningen av palmolja – utsläppen kan variera mellan 1,9 - 49,8 ton koldioxidekvivalenter per ton APG beroende på hur (på vilken mark) palmerna odlas. Den näst största posten utgörs av transporten av råvarorna (Guilbot et al., 2013). En livscykelanalys som också inkluderade själva användningen av

hetvattenskummet (NCC Spuma) för ogräsbekämpning indikerade dock att förbrukningen av diesel för att upphetta skummet ger upphov till flera gånger större utsläpp än den sammanvägda miljöpåverkan från framställningen av extraktet (Henningsen, 2013).

2.4.2 Ekotoxikologi

Madsen et al., (1996) undersökte två APG:er, en grenad kortkedjad (C8) och en linjär med längre kolkedja (C12-C14) och deras toxicitet mot några vattenlevande organismer. Toxiciteten hos den grenade, kortkedjade APG:n var relativt låg medan toxiciteten hos den linjära var måttlig mot testorganismerna *Kirchneria subcapitata* (en grönalg), *Daphnia magna* (ett kräftdjur) och Zebrafisk (*Brachydanio rerio*). Som exempel kan anges att EC₅₀, koncentrationen vid vilken hälften av kräftdjuren bedömdes som orörliga, mot *D. magna* efter 48 h exponering var 557 mg/l för C8 men endast 12 mg/l för C12-C14 APG.

Garcia et al. (1997) undersökte också toxiciteten mot *D. magna* och uppmätte EC₅₀ på >500 mg/l för C6, C8 och C10 APG:er, samt >100 mg/l för en APG med C12 efter 24 h exponering. Som jämförelse anges EC₅₀ för glyfosat mot samma organism vara 40 mg/l (University of Hertfordshire, 2013). Toxiciteten mot en fluorescerande bakterie *Photobacterium phosphoreum* var dock högre (EC₅₀ = 5,9-16) i Garcia et als studie. På grund av den snabba nedbrytningen kunde dock ingen toxicitet alls detekteras efter 3 dagar.

Amoroux et al. (1999) studerade toxiciteten hos olika kosmetiska ingredienser inklusive en decylglukosid (C10) mot ägg från sjöborrar. IC₅₀ för inhibering av äggets delning kunde inte bestämmas då det låg över 400 mg/l.

Messinger et al., (2007) konstaterade att den APG de undersökte (C12-C14, polymerisationsgrad 1,43) inte hade några hormonstörande eller reproduktionsstörande effekter.

Sutton och Cohen (2012) undersökte hur en tillsats av ett rengöringsmedel som innehöll APG påverkade ekosystemet i en avloppsdamm. De fann att en tillsats av produkten motsvarande 0,1-1 % av dammens totala volym kraftigt reducerade förekomsten av flera makroinvertebrater. De visar data för Chironomidae (Fjädermyggor) som ex. Minskningen beror enligt författarna troligtvis på att mängden löst syre i dammen reducerades kraftigt som en följd av att APG:erna bröts ned.

2.4.3 Påverkan av alkylpolyglykosider på föroreningar i mark

En fråga som har uppstått är om besprutning med hett skum med alkylpolyglykosider skulle kunna bidra till att laka ut föroreningar från banans underbyggnad där dessa finns. Då järnvägsmiljön ofta innehåller föroreningar som t.ex. polyaromatiska kolväten (Thierfelder and Sandström, 2008) och/eller tungmetaller kan detta vara en anledning till oro.

Han et al. (2009) testade att "tvätta" jord förorenad med råolja i vattenlösningar med tillsats av alkylpolyglykosider. APG ökade tvätteffektiviteten; en längre alkylkedja (C10-C12) var effektivare än en kortare (C8-C10). Vid optimala betingelser: 80 °C, 10 ml vätska/g jord, skakning 350 varv/min och tillsats av oorganiska salter, uppnåddes 97 % effektivitet. Försöket visar att APG:er har potential att lösliggöra oljeföroreningar, men förhållandena (vattenlösning, skakning etc.) var optimerade för tvättning och motsvarar inte vad man kan förvänta sig efter en besprutning med hett skum på en järnväg.

Liu et al (2013a, 2013b) bevattnade mark som de hade förorenat med tre polyaromatiska kolväten (PAH:erna: anthracen, fenantren och pyren) och bly med APG-lösning (0-150 mg/l; C12-14; polymerisationsgrad 1,5). De fann att nedbrytningen av PAH:er och upptaget av bly i *Scirpus triqueter* (ett slags skogssäv) stimulerades signifikant vid måttliga koncentrationer i bevattningsvattnet ~30-40 mg APG/l. Detta tyder också på att föroreningarna gjordes mer lösliga och därmed mer tillgängliga att brytas ned/tas upp.

Negrisola et al (2005) undersökte tillsats av APG i en tankmix tillsammans med herbiciden tebuthiuron som sprutades på halm från sockerrör. Man fann att APG minskade vindavdrift, ökade upptaget av tebuthiuron på halmen och att det reducerade eller inte påverkade utlakningen av bekämpningsmedlet.

Sammanvägd bedömning av miljöpåverkan

Den största miljöpåverkan är förmodligen kopplad till energiförbrukningen i samband med uppvärmningen av skummet när det ska användas. Storleken på miljöpåverkan från produktionen av alkylpolyglykosider varierar kraftigt beroende på hur råvarorna odlas.

Den akuta toxiciteten för de olika testorganismer som har undersökts har genomgående visat sig vara ganska låg. Spridning direkt till (mindre) ytvatten skulle dock kunna ha negativa effekter på ekosystemet genom att det kan minska tillgången till syre när alkylpolyglykosiderna bryts ned.

Det finns stöd för att alkylpolyglykosider har en förmåga att lösliggöra föroreningar i marken – detta kan bidra till större rörlighet hos föroreningar men också snabbare nedbrytning av organiska ämnen. En realistisk bedömning är dock att med de vattenmängder som används vid besprutningen, den låga koncentrationen APG som finns i skummet och dess snabba nedbrytning, kommer sådan påverkan att vara begränsad.

3 Försök med hetvattenscum på Kristianstads bangård

Under 2014 genomfördes ett försök på Kristianstads bangård för att undersöka användning av hetvattenscum för ogräsbekämpning. Under förmiddagen 2014-05-16 behandlades ett större område med hetvattenscum. Besprutningen utfördes av entreprenören NCC och preparatet som användes var NCC Spuma. Preparatet består enligt säkerhetsdatabladet av alkylpolyglykosider C8-C10 (0,2-0,3 viktsprocent i skummet som läggs ut), polymerisationsgraden anges inte. Skummet lades ut manuellt av två operatörer med sprutmunstycken kopplade med långa slangar till en sprutlastbil. Lastbilen var utrustad med vattentankar och brännare för upphettning av skummet till en temperatur av 98 °C.



Figur 2. Utläggning av hetvattenscummet med sprutmunstycke.

Vid utläggningen genomfördes ett mindre test av eventuell påverkan på spårledningen. Skummets spreds över en 10-15 m lång sträcka och spårledningen uppmättes av närvarande signaltekniker direkt före och efter utläggning.

Bedömningar gjordes i fält av hur snabbt skummet försvann från markytan, hur mycket vatten som åtgick och hur snabbt ogräsbekämpningen kunde utföras.

En mindre del av området på spår 12 och 13 delades in 10 m långa försöksrutor som märktes ut med metallbrickor fastspikade i sliparna. Försöksytan delades in i 4 block med 4 försöksrutor i varje. Ursprungstanken var att ogräsutvecklingen i obehandlade kontrollrutor skulle jämföras med ytor som bekämpats 1, 2 respektive 3 gånger under växtsäsongen. Endast två ogräsbekämpningar kunde dock genomföras och dessa utfördes med tre månaders mellanrum: 2014-05-16 och 2014-08-15.

Tabell 1. Översikt över behandlingarna

	bekämpning	försöksrutornas märkning	antal försöksrutor/avläsningsplatser
behandling 1	1 gång: 2014-05-16	1 (spår 13) 21 (spår 12)	4/12
behandling 2	2 gånger: 2014-05-16, 2014-08-15	2, 3 (spår 13) 22, 23 (spår 12)	8/23
kontroll	-	4 (spår 13) 24 (spår 12)	4/12

Försöksområdet inventerades översiktligt vid det första avläsningstillfället för att ge en uppfattning om den ungefärliga artsammansättningen och hur den varierade. Resultatet presenteras i tabell 2.

En bedömning av ogräsens täckningsgrad i försöksrutorna genomfördes vid 5 tillfällen under 2014: direkt innan besprutning, samt 26, 52, 87 och 110 dagar efter det första besprutningstillfället (2014-05-16, 2014-06-11, 2014-07-07, 2014-08-11 och 2014-09-03). Inom varje försöksruta togs på 3 platser återkommande bilder. För att kunna återkomma till precis samma plats märktes dessa platser ut med fettkrita i rälets innerkant. Ett område som avgränsades av rälerna och två sliprar användes för bedömning av täckningsgraden med hjälp av bildanalys.

Rutorna fotograferades med en kamera uppställd på stativ, i RAW-format, vid en brännvidd av 24 mm och bländare 9, med kameran inställd på bländarprioritet. Innan varje bild togs, lades rutans sifferkod på ett litet skrivblock ut på en av sliprarna för att möjliggöra senare identifiering av bilden.

Bilderna importerades till Adobe Lightroom där den totala färgmättnaden ställdes till + 100 %, färgmättnad och luminansen för färgen grönt ställdes till 100 %, färgmättnad och luminans för övriga färger ställdes till – 100 % och där nyansen för grönt ställdes till + 100 % (dvs. drogs åt det turkosa hållet). Inställningarna synkroniserades mellan samtliga bilder. Därefter beskars varje bild individuellt så att endast området mellan sliprar och räls togs med, exporterades till JPEG-format inom RGB-rymden.

I steg 2 processades bilderna med hjälp av bildhanteringsverktyget GIMP. För varje bild ställdes ljusstyrkan för turkos till värdet 100 och ljusstyrkan för övriga kulörer till – 100. Syftet med färgomställningarna är att tydligt särskilja levande växtdelar (ljusa) från döda växtdelar, stenar etc. Efter färgjusteringen appliceras funktionen tröskelvärde på bilden så att de ljusa delarna konverteras till vitt och de mörka konverteras till svart.

Användande av funktionen histogram i GIMP ger ett medelvärde för pixlarnas färg i bilden. Detta värde kan utnyttjas för att beräkna täckningsgraden då i RGB-

formatet samtliga vita pixlar ges värdet 255 och samtliga svarta pixlar ger värdet 0. Beräkningen ser ut enligt följande:

$$\text{färgmedelvärde}/255 * 100 = \text{täckningsgrad (\%)}$$

Bildanalysen så som den användes här kan således sägas mäta *grönhet* och registrerar varken vissnade eller torkade växtdelar eller blommor som starkt avviker i färg.

Skillnader mellan behandlingarna bedömdes statistiskt genom envägs variansanalys (ANOVA) där signifikansnivån var ($p < 0,05$). Analysen genomfördes med programmet JMP Pro, version 11.0. Om inte annat anges behandlades behandling 1 och behandling 2 var för sig i analysen även vid de fyra första avläsningsstillfällena.

4 Resultat

Besprutningen av driftplatsen kunde genomföras utan praktiska problem. Lastbilen med vattentankar och brännare parkerades vid sidan av spårområdet och operatörerna kunde sedan nå hela försöksområdet med hjälp av långa slangar.

4.1 Test av påverkan på signalsystemet

Innan besprutning mättes spårledningen till 5,7 volt och direkt efter var spårledningen 5,6 volt. Denna påverkan bedömdes av närvarande signaltekniker vara försumbar och inte mer än vad t.ex. ett regn skulle påverka.

Det uttrycktes på plats en farhåga för att skummet om det applicerades direkt på rälsen skulle kunna bilda ett isolerande skikt som skulle kunna förhindra tåg från att kortsluta strömmen. Vid applicering av skum med handburna sprutmunstycken, som vid det här försökets utläggning, är applicering på själva rälsen enkel att undvika, men innan man använder sig av en spårgående utrustning är detta en aspekt som behöver utredas/avfärdas.

4.2 Vattenförbrukning och bekämpningshastighet

Vattenförbrukningen, som uppskattades genom att observera nivåskillnader i sprutlastbilens vattentankar, uppmättes till ca 5-5,5 m³ vid det första bekämpningstillfället. Den totala bekämpade ytan var ca 3225 m², dvs. det åtgick 1,6-1,7 liter vatten per m². Den bekämpade sträckan var ungefär 600 spårmeter. Den totala arbetstiden som åtgick för att bekämpa ytan var ca 3.5 h, dvs. arbetshastigheten (exklusive pauser) för två operatörer var ca 920 m²/h eller 170 spårmeter/h. En uppskattning är att det skulle krävas 3-4 arbetsdagar för att ogräsbekämpa hela Kristianstads godsbangård med den utvärderade utrustningen.

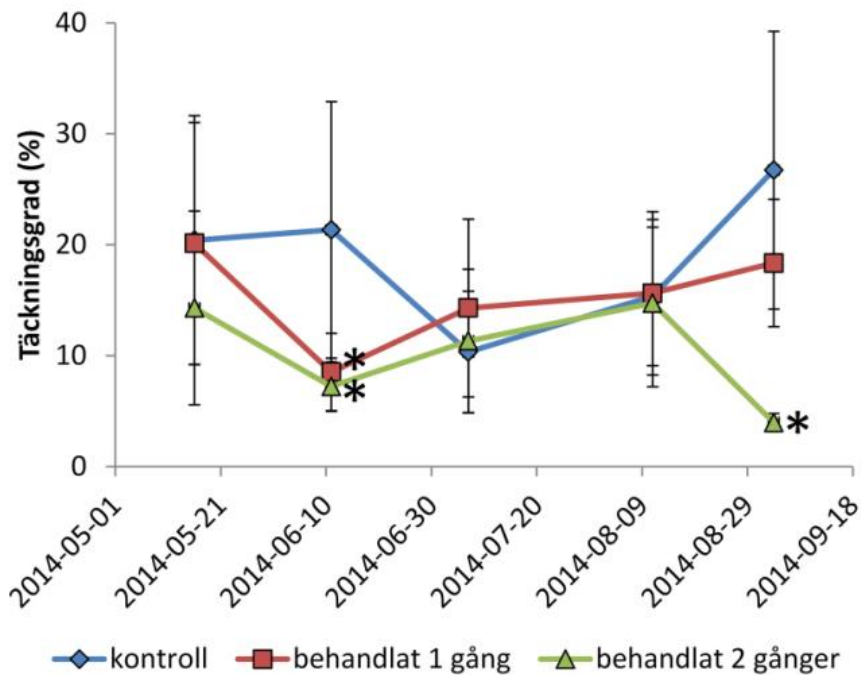
4.3 Ogräseffekter

Inventering av ogräsfloran på försöksytan visade att spår 13 (block 1-2), som låg närmast kanten, var frodigare bevuxet än spår 12 (block 3-4) som dominerades av torrmarksväxter. Även ogräsens täckningsgrad var signifikant högre i spår 13 (21.0 % i genomsnitt vid avläsningen i maj) än i spår 12 (13,5 % i genomsnitt).

Tabell 2. Artlista för försöksytan i bokstavsordning uppdelad efter spår

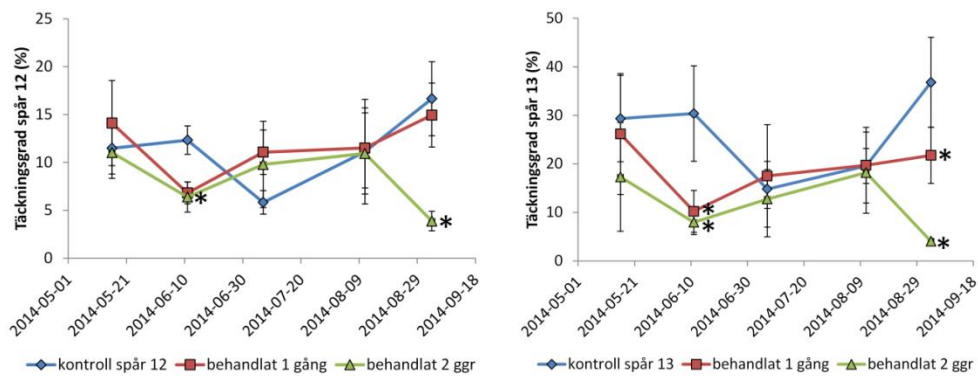
Arter spår 13	Arter spår 12
<i>Achillea millefolium</i> (rölleka)	<i>Arabidopsis suecia</i> (grustrav)
<i>Anthemis tinctoria</i> L. (färgkulla)	<i>Geranium molle</i> L. (mjuknäva)
<i>Bromus hordeaceus</i> L. (luddlost)	<i>Myosotis stricta</i> (vårförgätmigej)
<i>Epilobium angustifolium</i> L. (rallarros)	<i>Oenothera biennis</i> (nattljus)
<i>Festuca</i> sp. (svingel)	<i>Potentilla argentea</i> L. (femfingerört)
<i>Hypericum perforatum</i> (johannesört)	<i>Rumex acetosella</i> (bergsyra)
<i>Lotus corniculatus</i> (käringtand)	<i>Taraxacum officinale</i> . (maskros)
<i>Medicago lupulina</i> (humlelucern)	
<i>Oenothera biennis</i> (nattljus)	
<i>Pilosella officinarum</i> (gråfibbla)	
<i>Pimpinella saxifraga</i> L. (bockrot)	
<i>Rumex acetosella</i> (bergsyra)	
<i>Taraxacum officinale</i> . (maskros)	

Täckningsgraden minskade signifikant i de behandlade rutorna jämfört med kontrollbehandlingen vid avläsningstillfället närmast efter utförd bekämpning men återgick sedan gradvis till det ursprungliga värdet under sommaren. En signifikant minskning av täckningsgraden i kontrollrutorna mellan avläsningarna i juni och juli bidrog till att sudda ut skillnaderna mellan behandling och kontroll (Figur 3).



Figur 3. Täckningsgraden i kontrollrutor ($N = 12$), rutor behandlade en gång i maj ($N = 12$), samt rutor behandlade i maj och augusti ($N = 23$). Felstaplarna visar standardavvikelsen. Skillnader som är signifikant skilda från kontrollen ($p < 0,05$) är utmärkta med *.

Då både täckningsgraden och artsammansättningen skiljde sig åt redan från början så undersöktes även effekterna av ogräsbekämpningen för spår 12 och 13 var för sig.



Figur 4. Täckningsgrader uppdelat per spår. Vänster: täckningsgrader i spår 12, kontrollrutor ($N = 6$), rutor behandlade en gång i maj ($N = 6$) och rutor behandlade två gånger ($N = 11$). Höger: täckningsgrader spår 13, kontrollrutor ($N = 6$), rutor behandlade en gång i maj ($N = 6$) och rutor behandlade två gånger ($N = 12$). Felstaplarna visar standardavvikelsen. Skillnader som är signifikant skilda från kontrollen ($p < 0,05$) är utmärkta med *.

Mönstret var likartat för de båda spåren även om täckningsgraden var högre och effekterna såg ut att vara något påtagligare i spår 13 (Figur 4). I spår 13 var skillnaden mellan rutorna som behandlats 1 gång och kontrollen signifikant även vid det sista avläsningstillfället i september. I spår 12 var skillnaden mellan behandling 1 och kontroll inte signifikant vid något tillfälle under säsongen, men om täckningsgraderna i behandling 1 och 2 vägdes samman i analysen var skillnaden signifikant i juni.

4.4 Kvalitativa skillnader och observationer

En aspekt som inte utvärderades systematiskt men som likväl observerades ute i fält var skillnaderna i växtlighetens höjd mellan behandlade ytor och kontrollrutor. I synnerhet nattljusen växte sig mycket höga i kontrollrutorna och skillnader i höjd var uppenbara även när ingen skillnad längre syntes i täckningsgrad (Figur 5). Nattljus är en tvåårig ört som i normalfallet bildar en låg bladrosett år ett och tillväxer på höjden och blommor år två.



Figur 5. Skillnad i höjd mellan en behandlad yta (till vänster i bilden) och obehandlad kontrollyta (till höger) vid det andra avläsningstillfället, 52 dagar efter utförd besprutning. Vid det här avläsningstillfället sågs ingen signifikant skillnad i täckningsgrad även om skillnaden i höjd är tydlig.

Utifrån bildmaterialet gick det att följa hur individuella plantor utvecklade sig över växtsäsongen. Efter en behandling slogs ogräsens ovanjordsdelar i de flesta fall ut helt, men i många fall gick det att se att samma planta återhämtade sig senare under säsongen (Figur 6). På ytor som frigjordes som en följd av den första bekämpningen etablerade sig ofta nya plantor vilket visar att det finns en stor fröbank på platsen.

En annan kvalitativ aspekt som är viktig är i hur stor utsträckning en behandling bidrar till att förhindra ogräsen blomning och i förlängningen fröbildning. Detta utvärderades inte systematiskt i försöket men det var tydligt att blomningen i hög grad fördröjdes eller förhindrades i de behandlade ytorna.



Figur 6. Exempel på ogräs vars rötter överlevt en behandling med hetvattenskummet. Fotografierna är tagna 26 dagar efter utförd bekämpning.

5 Diskussion

Testerna visade att hetvattenskummet fungerade ungefär som förväntat, och ger en tydlig men relativt kortvarig reduktion av ogräsen täckningsgrad när det mesta av ogräsen ovanjordsdelar vissnar ned. Effekten avtar dock gradvis under säsongen på grund av att vissa ogräs återväxer från överlevande rötter och eftersom nya ogräs växer till från frö. För att ge fullgod effekt behöver behandlingen därför upprepas under säsongen. Tillverkaren NCC rekommenderar att 2-3 behandlingar med hetvattenskum utförs per säsong. Utifrån resultaten i det här försöket ser det ut som att 3 behandlingar vore att föredra om ogräsen täckningsgrad ska hållas på en låg nivå under hela sommaren. Det är förmodligen viktigt att upprepa behandlingarna tätare in på varandra (gissningsvis med ca 1,5 månaders mellanrum) än vad som gjordes i försöket (där endast 2 behandlingar utfördes med ca 3 månaders intervall). Det är tänkbart att en tätare upprepning skulle kunna ge en mer varaktig effekt genom att förbruka energireserverna hos de ogräs som överlever den första behandlingen innan de hinner återhämta sig, och därmed slå ut dem permanent. Detta skulle kunna minska behovet av en tredje upprepning. Hur ofta en yta behöver behandlas är också beroende på vilka kvalitetskrav man ställer på resultaten, hur ogräsfloran ser ut på platsen och hur stor fröbanken är. För en driftplats likt den som undersöktes i Kristianstad är det viktigt att personalen kan röra sig i spåret utan risk för att snubbla, fastna eller halka på ogräs. Därmed behöver ogräsbekämpningen inte vara perfekt i den meningen att ogräsen helt uttraderas utan det räcker med att de hålls på en nivå som är acceptabel ur säkerhetssynpunkt. Utifrån arbetsmiljösynvinkel är ogräsen höjd en parameter som förmodligen är minst lika viktigt att beakta som täckningsgraden och med tanke på att skillnader i höjd syntes

kvarstå längre tid efter utförd bekämpning så kan nog 2 behandlingar under en säsong i många fall vara tillräckligt.

Som jämförelse kan det vara intressant att notera att även kemisk bekämpning med glyfosatpreparat kan behöva upprepas under säsongen för att ge fullgod effekt, vilket sällan sker idag. Glyfosatet verkar visserligen systemiskt, dvs. det slår ut hela växten inklusive roten, men det har ingen förebyggande verkan mot ogräs som ännu inte kommit upp när bekämpningen utförs. En jämförelse som tar upp skillnader och likheter mellan kemisk ogräsbekämpning med glyfosat och ogräsbekämpning med hetvattenskum finns i Appendix 1.

En intressant observation var att ogräsens täckningsgrad minskade signifikant i de obehandlade kontrollrutorna mellan mätningarna i juni och juli vilket bidrog till att radera ut skillnader mellan behandling och kontroll under den senare delen av sommaren. En närmare granskning av bildmaterialet visade att detta delvis berodde på en ökad blomning i kontrollrutorna. Då bildanalysen som användes för att bedöma täckningsgraden i princip mäter hur stor del av banans yta, sedd ovanifrån, som är grön, så medför en hög andel blommande växter att täckningsgraden underskattas. Blomning utgjorde dock inte hela förklaringen utan en del ogräs minskade de facto sin bladyta. En hypotes är att detta beror på torka. I kontrollrutorna tillväxer ogräsen frodigt under försommaren och det medför att förlusterna av vatten genom evapotranspiration blir större än i de behandlade ytorna. I de behandlade ytorna slås bladbiomassan ut, vilket medför lägre vattenförluster under försommaren. Vattentillförseln via själva behandlingen borde dock vara försumbar jämfört med tillförseln via nederbörd (jämför med nederbördsdata i Appendix 2).

När det gäller preparatets miljöpåverkan så framstår förbrukningen av diesel i samband med upphettning av hetvattnet som den huvudsakliga frågan. Det är svårt att få fram tillförlitliga uppgifter på exakt hur mycket diesel som förbrukas. Förbrukningen är förmodligen mer eller mindre direkt proportionerlig mot hur mycket vatten som åtgår per ytenhet. Förbrukningen av vatten i sin tur varierar beroende på hur mycket och vilken typ av ogräs som växer på platsen, och vid applicering med ett handhållet sprutmunstycke, på den enskilde operatörens bedömning. Inga tydliga riktlinjer finns för hur mycket vatten och skum som ska/bör appliceras per ytenhet för att ge en fullgod effekt. För att förbättra kunskapsunderlaget bör krav därför ställas på den/de entreprenörer som upphandlas att rapportera in förbrukad mängd vatten, mängd och typ av bränsle samt bekämpad areal vid utförd bekämpning. Detta kan förslagsvis redovisas i dagrapporter motsvarande de som redovisas när kemisk bekämpning utförs. På sikt kan det ge Trafikverket ett underlag för en mer tillförlitlig bedömning av metodens miljöpåverkan.

När och var ogräsbekämpning med hetvattenskum bör ersätta kemisk ogräsbekämpning på järnväg är en avvägningsfråga där olika typer av miljöpåverkan ställs mot varandra. Ogräsbekämpning med hetvattenskum kan ge upphov till stora koldioxidutsläpp medan miljöpåverkan från den kemiska ogräsbekämpningen främst handlar om en oro för spridning av bekämpningsmedlet till grundvatten. Sådan

spridning kan förekomma även om resultaten från det miljökontrollprogram som bedrevs mellan 2007-2010 indikerade att risken för spridning av glyfosat i normalfallet är låg (Jonsson, 2011). Ett rimligt ställningstagande kan vara att prioritera ersättningen av den kemiska bekämpningen på sådana ytor där risken för spridning bedöms som särskilt hög eller konsekvenserna av en eventuell spridning som särskilt allvarliga. Sådana ytor finns redan idag identifierade som *restriktionsytor* på järnvägen där kemisk ogräsbekämpning inte utförs. Insamlade data (enligt ovan) och erfarenheter från en sådan begränsad användning kan hjälpa till att avgöra i vilken grad hetvattensskum på sikt kan/bör ersätta kemisk ogräsbekämpning även på andra ytor. Man bör notera att det finns vissa indikationer på att hetvattensskummet kan lösliggöra föroreningar och därmed potentiellt öka utlakningen av dessa ämnen från banvallen. Även om det är osannolikt att detta utgör ett stort problem bör det undersökas närmare, och innan sådana risker kan avfärdas bör man vara försiktig med att behandla ytor där det finns kända föroreningar.

I den här studien sågs inga signifikanta effekter på spårledningen av att ogräsbekämpa med hetvattensskum vilket är ett lovande resultat. Det var dock inte den här studiens syfte att undersöka denna frågeställning. Farhågan som lyftes vid utläggningen, om att skum på rälerna skulle kunna bilda en film som isolerar och därmed gör tåg ”osynliga”, behöver avfärdas även om detta förmodligen inte heller utgör ett stort problem. Med den handburna utrustning som testades i det här försöket är det också lätt att undvika utläggning på själva rälsen. Hetvattensskummet svalnar snabbt, försvinner helt inom ungefär en halvtimme och utgör knappast någon arbetsmiljörisk för övrig järnvägspersonal. Framkomligheten och kapaciteten hos den testade utrustningen upplevdes också som god respektive tillräcklig för att kunna utföra bekämpning på en driftplats. En viktig förutsättning för att på ett smidigt sätt kunna hantera en större driftplats är dock att det finns möjlighet att fylla på vatten någonstans i närheten då vattenförbrukningen är så hög. I dagsläget finns det ingen spårgående utrustning som sprider hetvattensskum och även om en sådan utrustning utvecklades skulle arbetshastigheten sannolikt vara för låg för att den skulle kunna framföras i trafikerade spår. Metoden utgör därför främst ett alternativ för ogräsbekämpning på driftplatser.

Den något osäkra kostnadsuppskattningen i Appendix 1 ger vid handen att en ogräsbekämpning med hetvattensskum skulle bli ungefär dubbelt så dyr som en kemisk ogräsbekämpning. Det finns dock ett stort antal ytor som inte får bekämpas kemiskt och i dagsläget är det enda andra alternativet till kemisk bekämpning mekanisk röjning vilket är ännu dyrare i jämförelse. Ogräsbekämpning med hetvattensskum är ett fungerande alternativ och tekniken erbjuds redan idag av flera operatörer på den svenska marknaden vilket möjliggör att tekniken skulle kunna komma till användning inom en snar framtid.

6 Referenser

- Amouroux, I., Pesando, D., Noël, H., Girard, J.-P., 1999. Mechanisms of cytotoxicity by cosmetic ingredients in sea urchin eggs. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 36, 28–37.
- Cederlund, H., Börjesson, E., Hansson, D., 2010. Resultat från 2009 års fältförsök på Bohusbanan, vid Dingle.
- DN, 2013. Ny skum metod stoppar ogräset. *Dagens Nyheter*, 2013-05-13.
- Eichhorn, P., Knepper, T.P., 1999. Investigations on the metabolism of alkyl polyglucosides and their determination in waste water by means of liquid chromatography - electrospray mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 854, 221–232.
- Garcia, M.T., Ribosa, L., Campos, E., Leal, J.S., 1997. Ecological properties of alkylglucosides. *Chemosphere* 35, 545–556.
- Guilbot, J., Kerverdo, S., Milius, A., Escola, R., Pomrehn, F., 2013. Life cycle assessment of surfactants: the case of an alkyl polyglucoside used as a self emulsifier in cosmetics. *Green Chem.* 15, 3337–3354.
- Han, M., Ji, G., Ni, J., 2009. Washing of field weathered crude oil contaminated soil with an environmentally compatible surfactant, alkyl polyglucoside. *Chemosphere* 76, 579–586.
- Hansson, D., 2002. Hot water weed control on hard surface areas.
- Hansson, D., Mattsson, J.E., 2003. Effect of air temperature, rain and drought on hot water weed control. *Weed Res.* 43, 245–251.
- Hansson, D., Mattsson, J.E., 2002. Effect of drop size, water flow, wetting agent and water temperature on hot-water weed control. *Crop Prot.* 21, 773–781.
- Henningsen, E., 2013. Analys av miljöanpassad ogräsbekämpning. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Holmberg, K., 2001. Natural surfactants. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 6, 148–159.
- Jonsson, E., 2011. Miljökontrollprogram för kemiska bekämpningsmedel - Slutrapport. Uppsala.
- Liu, F., Wang, C., Liu, X., Liang, X., Wang, Q., 2013a. Effects of alkyl polyglucoside (APG) on phytoremediation of PAH-contaminated soil by an aquatic plant in the Yangtze estuarine wetland. *Water, Air Soil Pollut.* 224, 1633.

- Liu, F., Zhang, X., Liu, X., Chen, X., Liang, X., He, C., Wei, J., Xu, G., 2013b. Alkyl polyglucoside (APG) amendment for improving the phytoremediation of Pb-PAH contaminated soil by the aquatic plant *Scirpus triquetra*. *Soil Sediment Contam.* 22, 1013–1027.
- Madsen, T., Petersen, G., Seierø, C., Tørsløv, J., 1996. Biodegradability and aquatic toxicity of glycoside surfactants and a nonionic alcohol ethoxylate. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73, 929–933.
- Messinger, H., Aulmann, W., Koehl, M.K.W., 2007. Investigations on the effects of alkyl polyglucosides on development and fertility. *Food Chem. Toxicol.* 45, 1375–1382.
- NCC, 2014. Informationsfolder: NCC Spuma - Effektiv och miljöanpassad ogräsbekämpning.
- Negrisoni, A., Drolhe da Costa, E.A., Velini, E.D., Tofoli, A.L.C.G.R., 2005. Deposition and leaching of tebuthiuron on sugar cane straw applied with and without alkyl polyglycoside adjuvant. *J. Environ. Sci. Heal.* B40.
- Qin, Y., Zhang, G., Zhang, J., Zhao, Y., Zhao, J., 2006. Primary aerobic biodegradation of linear and oxo alcohol alkylpolyglucosides (APG). *J. Surfactants Deterg.* 9, 227–230.
- Rask, A.M., Larsen, S.U., Andreassen, C., Kristoffersen, P., 2013. Determining treatment frequency for controlling weeds on traffic islands using chemical and non-chemical control. *Weed Res.* 53, 249–258.
- Sederholm, B., 2007. Korrosionshastigheten hos låglegerat kolstål efter besprutning med olika ogräsbekämpningsmedel. Korrosions- och Metallforskningsinstitutet AB (KIMAB), Stockholm.
- Sutton, K.T., Cohen, R.A., 2012. APG-containing product reduces dissolved oxygen in freshwater pond mesocosms: implications for benthic macroinvertebrate abundance. *Fundam. Appl. Limnol.* 180, 291–298.
- Thierfelder, T., Sandström, E., 2008. The creosote content of used railway crossties as compared with European stipulations for hazardous waste. *Sci. Total Environ.* 402, 106–112.
- University of Hertfordshire, 2013. The Pesticide Properties DataBase (PPDB) developed by the Agriculture & Environment Research Unit (AERU).
- Ware, A.M., Waghmare, J.T., Momin, S.A., 2007. Alkylpolyglycoside: carbohydrate based surfactant. *J. Dispers. Sci. Technol.* 28, 437–444.
- Von Rybinski, W., Hill, K., 1998. Alkyl Polyglycosides - Properties and applications of a new class of surfactants. *Angew. Chemie* 37, 1328–1345.

Zhang, F., Gu, W., Xu, P., Tang, S., Xie, K., Huang, X., Huang, Q., 2011. Effects of alkyl polyglycoside (APG) on composting of agricultural wastes. *Waste Manag.* 31, 1333–1338.

Appendix 1 – jämförelse mellan kemisk och termisk ogräsbekämpning

	kemisk ogräsbekämpning med glyfosatpreparat (ryggspruta)	termisk ogräsbekämpning med hetvattenscum
ogräsverkan	<ul style="list-style-type: none"> - systemisk verkan (dödar hela växten) - påverkar bara ogräs som redan är uppkomna - de flesta ogräs slås ut (men vissa arter är okänsliga) - behandlingen behöver utföras 1-2 gånger per säsong 	<ul style="list-style-type: none"> - kontaktverkande (dödar inte roten) - påverkar bara ogräs som redan är uppkomna - alla ogräs påverkas (förmodligen) - behandlingen behöver utföras 2-3 gånger per säsong
miljöpåverkan	<ul style="list-style-type: none"> - risk för spridning till grund- eller ytvatten 	<ul style="list-style-type: none"> - hög energiförbrukning - eventuell risk att föroreningar mobiliseras
åtgång av preparat/vatten per behandling	<ul style="list-style-type: none"> - maximalt 5 l glyfosatpreparat/ha (varav 1,8 kg glyfosat/ha) - maximalt 0,2 m³ vatten/ha 	<ul style="list-style-type: none"> - ca 30-50 kg alkylpolyglykosider/ha^a - ca 15-17 m³ vatten/ha^a
framkomlighet	<ul style="list-style-type: none"> - god framkomlighet i spår miljön - arbetshastighet: 250-1800 spårmeter/h 	<ul style="list-style-type: none"> - god framkomlighet – dock begränsat av slanglängd - arbetshastighet: ca 100 spårmeter/h
kostnad (för en behandling)	<ul style="list-style-type: none"> 9 kr/spårmeter -> 2250 – 16200 kr/h^b 	<ul style="list-style-type: none"> 1600-2200 kr/h^c (för en respektive två operatörer) -> 12-19 kr/spårmeter^d
övriga kommentarer	<ul style="list-style-type: none"> - kräver merarbete i form av anmälan till kommuner och handhavande av rutiner för att säkerhetsställa att spridning inte sker i restriktionsytor 	<ul style="list-style-type: none"> - ingen anmälningsplikt

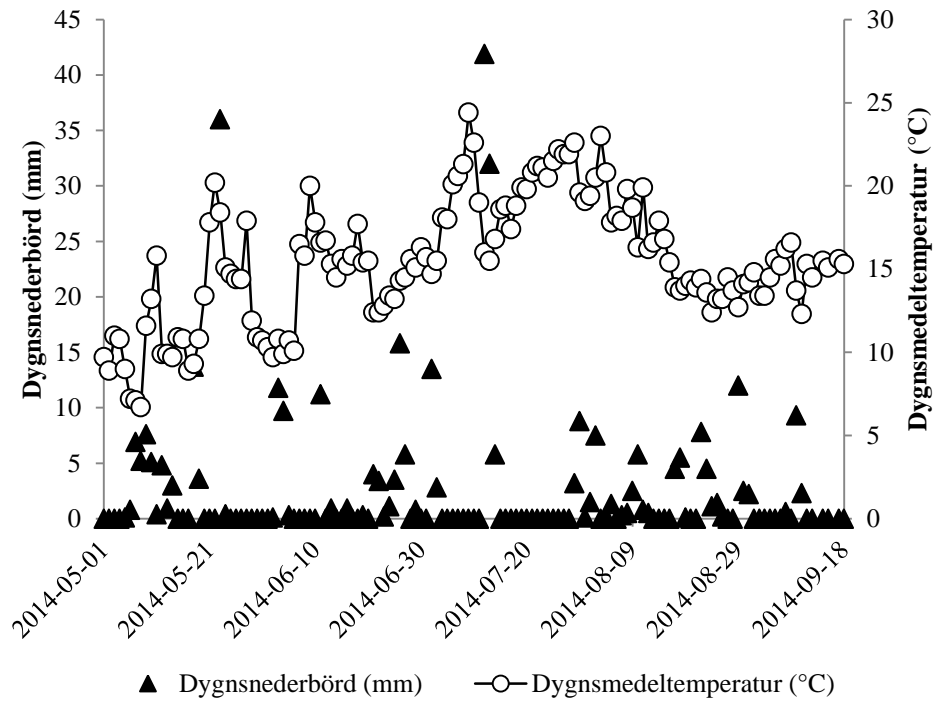
^a Uppskattning baserat på resultat från detta försök och uppgift om att skummet består till 0,2-0,3 % av alkylpolyglykosider, kan variera betydligt

^b Entreprenören ersätts idag med 9 kr per spårmeter som hålls ogräsfri, en driftplats med mycket ogräs ger därför en låg timkostnad (tar lång tid att bekämpa) och vice versa, uppgifter från Jonas Lycksell, Trafikverket. Merkostnader för administration av anmälning till kommunen etc. är inte inräknade i priset

^c NCC:s ungefärliga prissättning, uppgifter från Robert Mellberg, NCC

^d Uträknat baserat på arbetshastigheten i fältförsöket – kostnaden blir lägre på mer sparsamt ogräsbevuxna driftplatser där delar av ytan kan undantas från bekämpning

Appendix 2 – dygnsnederbörd och dygnsmedeltemperatur



Figuren visar en sammanställning av dygnsnederbörd och dygnsmedeltemperatur i Kristianstad för den aktuella tidsperioden. Data från SMHI. Som jämförelse var den uppmätta vattenförbrukningen i försöket 1,6-1,7 l vatten per kvadratmeter vilket motsvarar en vattentillförsel av 1,6-1,7 mm via nederbörden.