

Metoder för vegetationsbekämpning på banvallar

- en summering av resultat från UICs Vegetation Control Project och
erfarenheter från Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik

Vegetation control methods on railway embankment and track area

Anna-Mia Eriksson

David Hansson

Mark Huisman

Jan-Erik Lundh



Delrapport i FoU-projekt S 01-3284/08 "Skötsel av vegetation inom banområde"

SLU Alnarp
Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Horticultural Technology

Rapport 2004:5
Report

ISSN 1652-1552

I denna serie publiceras rapporter från
Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik
vid SLU Alnarp.

This is a publication from the Department of
Horticultural Technology at the Swedish
University of Agricultural Sciences in Alnarp.

En lista på publicerade rapporter i serien finns
på www.lt.slu.se.

The issues in this series of publications are
listed at www.lt.slu.se.

- Anna-Mia Eriksson** Anna-Mia Eriksson är hortonom och arbetar som forskningsassistent vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp
- Mark Huisman** Mark Huisman är landskapsarkitekt och arbetar med undervisning och forskning vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp
- David Hansson** David Hansson är hortonom och Agronomie doktor och arbetar med forskning vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp
- Jan-Erik Lundh** Jan-Erik Lundh är skogsmästare och Skogl. Lic arbetar med undervisning och forskning vid Institutionen för bioenergi, SLU

Förord

Denna rapport är en del av slutredovisningen av Banverkets FoU-projekt ”Skötsel av vegetation inom banområde” med projektnummer S01-3284/08, som pågått åren 2002-2004. Rapporten sammanfattar de viktigaste åtgärderna som används för bekämpning av vegetation inom spårområden. Rapporten bygger till stor del på en omfattande rapport från ”International Union of Railways”, UIC, som heter ”Vegetation Control” Project Final Report. Målet med UICs arbete var att kartlägga behovet av ogräsbekämpning, att ge rekommendationer om användning av icke-kemiska metoder samt att ge en grundläggande förståelse för vegetationsregleringssystem.

Vi har valt att delvis följa den struktur, terminologi och metodindelning som finns i UIC-rapporten. Vissa bekämpningsmetoder beskrivs i denna rapport mera utförligt än andra och detta står oftast i proportion till hur vanliga de är. En del bekämpningsmetoder finns idag endast på teoriplanet medan andra praktiseras i ett flertal länder.

En motsvarande rapport (Hansson *et al*, 1995, Vegetationsbekämpning på banvallar, Rapport 191, Institutionen för lantbruksteknik, SLU) om vegetationsbekämpning på banvallar har tidigare skrivits vid institutionen. För några bekämpningsmetoder är delar av materialet hämtat från denna rapport. Notera att institutionen numera heter ”Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik.”

Denna rapport är en katalog av framförallt icke-kemiska ogräsbekämpningsmetoder för spårmiljöer. Den speglar den aktuella situationen inom området i Europa 2004. Schweiz, Sverige och Tyskland, och kanske i viss utsträckning även Danmark och Norge går i spetsen för att utveckla icke-kemiska bekämpningsmetoder inom järnvägs- sidan. Publicerade eller opublicerade resultat från forsknings- och utvecklingsarbete i dessa länder ligger till grund för merparten av den kunskap denna rapport är ett koncentrat av.

Alnarp i december 2004

Mark Huisman

Sammanfattning

Den främsta anledningen till att Banverket bekämpar vegetationen på banvallar är säkerheten. Vegetation i spårområdet leder till ökad olycksrisk på grund av skymd sikt, risk för slirningar, halka och brand. På sikt leder vegetationen även till försämrad bärighet i ballastbädden. Banverkets utvecklingsarbete på vegetationsbekämpning är delvis inriktat på att finna och utveckla bättre metoder för att undvika oönskade effekter av kemisk bekämpning. I dag är det kemiska bekämpningsmetoder som används mest. Det finns dock sträckor där kemisk bekämpning inte kan eller får genomföras, så kallade restriktionsytor. Det är viktigt att finna fungerande vegetationsbekämpningsmetoder lämpliga att använda på dessa sträckor för att kunna hålla hög säkerhet här.

Metoder för bekämpning av växter kan delas in i fem kategorier baserat på den teknik som tillämpas vid insatser. De olika metodkategorierna är förebyggande åtgärder, biologisk, mekanisk, kemisk respektive termisk/elektrisk bekämpning. Förebyggande åtgärder används dels för att hindra att rotogräsens rötter växer in i banvallen dels för att hindra att växter etablerar sig i ballastens ytskikt. Förebyggande åtgärder är t ex ballastrening och anläggning av olika typer av ogrässpärrar. Biologiska metoder är till exempel röjning av vedartat material, plantering av konkurrerande vegetation eller slåtter. Vid mekanisk bekämpning skadas växterna genom att de på olika sätt tillfogas mekanisk skada t ex genom borstning eller manuell ogrärensning. Exempel på termisk bekämpning är flamning, frysning eller behandling med hetvatten. Vid elektrisk bekämpning skadas växtens celler av olika typer av strålning. I tabellerna på följande sidor sammanfattas metoderna som presenteras i denna rapport.

Vid vegetationsbekämpning är väletablerade rotogräs svårbekämpade eftersom de försörjs av ett stort system av rötter eller jordstammar. De ogräs som kommer från frön som grott i banvallens ytskikt är lättbekämpade om man utför behandlingen medan plantorna är små.

Innan man börjar använda nya metoder är det viktigt att känna till metodernas påverkan på såväl yttre miljö som arbetsmiljö. Emissioner från förbränningsmotorer utgör en stor del av miljöpåverkan från flertalet av bekämpningsmetoderna eftersom både maskinerna och redskapsbärarna oftast drivs med diesel.

Tabellen sammanfattar de **förebyggande metoder** som tas upp i rapporten och grundar sig till största delen på information i UIC Vegetation Control Project – Final Report, 2003. Man måste vara medveten om att uppgifterna i denna sammanställning inte grundar sig på studier gjorda under likvärdiga förhållanden. Tabellens bakomliggande material utgörs av litteraturstudie samt enkätsvar från 31 länder som svarat på frågor angående vegetationskontroll.

++ Metoden används regelmässigt

0 Metod under försök/utveckling, ännu inte anpassad för regelmässig användning

- Metoden ligger på teoriplanet

	Ogrässpärrar	Växthämmande utformning av banketten	Porösa betongbarriärer	Mängd och typ av ballastmaterial	Ballastfri bädd
	++	0	0	0	++
Ogräseffekt	hindrar ogräset att växa in i ballastytan	hindrar ogräs att gro i banketten	hindrar ogräset att växa in i ballastytan	”rätt” material håller ogräsen borta längre	hindrar växter att växa upp underifrån
Kostnad	125’ - 900’ :-/km	135’ - 180’ :-/km	900’ - 1 800’ :-/km	160 - 250 :-/m ³	1,4 till 2 gånger dyrare än traditionell ballast
Varaktighet	25-50 år	5 år	mer än 5 år	30-50 år	troligen minst 60 år
Påverkan på el, signal och bana	nej	nej	nej	nej	nej
Utsläpp	sekundära miljöeffekter vid tillverkning och anläggning				
Olycksrisker	risker finns under arbetet med tillverkning och anläggning - buller, avgaser och fara för personskada				
Arbetsmiljö					
Kombineras med	ballastrening, byte av ballast, slätter och kemiska metoder som ryggsprutning och avstrykning				
Länder med erfarenhet	Schweiz, Holland, Italien, Norge, Belgien, Sverige, Ungern	Tyskland, Schweiz	Schweiz	Holland, Schweiz, Sverige	Tyskland
Övrigt	effekten beroende av materialval			hindrar frön att gro, hindrar ej roto-gräs	ogräseffekten är sekundär

Tabellen sammanfattar de **biologiska metoder** som tas upp i rapporten och grundar sig till största delen på information i UIC Vegetation Control Project – Final Report, 2003. Man måste vara medveten om att uppgifterna i denna sammanställning inte grundar sig på studier gjorda under likvärdiga förhållanden. Tabellens bakomliggande material utgörs av litteraturstudie samt enkätsvar från 31 länder som svarat på frågor angående vegetationskontroll.

++ Metoden används regelmässigt

0 Metod under försök/utveckling, ännu inte anpassad för regelmässig användning

-Metoden ligger på teoriplanet

	Konkurrerande vegetation	Selektiv röjning	Biologisk ogräskontroll	Slätter	Allelopatiska växter
	++	++	-	++	-
Drivmedel	-	diesel, bensin	-	diesel	-
Hastighet	-	1 – 40 km/h	-	upp till 5 km/h	-
Ogräseffekt	val av vegetation som konkurrerar ut icke önskade växter	röjning av icke önskade individer med olika aggregat	kontroll med hjälp av svamp, bakterier och nematoder	slätter av vegetation med olika aggregat	växter konkurreras ut av andra växters kemiska substanser
Kostnad (båda sidor)	14 - 32 :-/m ²	3 - 18 :-/m ²	uppgift saknas	1,4 - 11 :-/m ²	uppgift saknas
Varaktighet / behandlingar per år	varaktighet runt 10 år	en gång om året närmast spår annars efter behov	uppgift saknas	vartannat år – flera gånger / år beroende på strategi	uppgift saknas
Påverkan på el, signal och bana	de biologiska metoderna påverkar inte el, signal eller bana				
Utsläpp		avgaser		avgaser	
Olycksrisker		ja vid röjning		ja	
Arbetsmiljö		buller, avgaser		buller, avgaser	
Kombineras med	slätter	slätter	förebyggande åtgärder	förebyggande åtgärder	förebyggande åtgärder
Länder med erfarenhet	Frankrike, Holland, Ungern, Sverige, Ungern, Schweiz	Belgien, Holland, Norge, Australien, Schweiz, Sverige		Belgien, Tyskland, Danmark, Japan, Ungern, Slovakien, Lettland, med flera	Tyskland
Övrigt			metoden används inte stor risk för oönskade effekter på omgivande växtlighet		metoden ligger på försöksplanet

Tabellen sammanfattar de **mekaniska metoder** som tas upp i rapporten och grundar sig till största delen på information i UIC Vegetation Control Project – Final Report, 2003. Man måste vara medveten om att uppgifterna i denna sammanställning inte grundar sig på studier gjorda under likvärdiga förhållanden. Tabellens bakomliggande material utgörs av litteraturstudie samt enkätsvar från 31 länder som svarat på frågor angående vegetationskontroll.

++ Metoden används regelmässigt

0Metod under försök/utveckling, ännu inte anpassad för regelmässig användning

- Metoden ligger på teoriplanet

	Ballastrening och byte av ballast	Manuell ogrärensning	Borstning
	++	++	0
Drivmedel	diesel		diesel
Hastighet	200 - 300 m/h	9 – 105 m ² /h	2 – 4 km/h
Ogräseffekt	rensar bort föroreningar ur ballasten	ogräsen hackas eller rensas bort	skadar ovanjordiska växtdelar, viss effekt på rötter
Kostnad (båda sidor)	46' - 3 150' :-/km	2 800 - 36 000 :-/km	1 - 4 :-/m ²
Varaktighet / behandlingar per år	varar upp till 40 år	en till fyra gånger om året	1 – 4 gånger/år
Påverkan på el, signal och bana	nej inte om rätt utfört	nej	nej
Utsläpp	avgaser	nej	avgaser
Olycksrisker		nej	
Arbetsmiljö	buller, avgaser, damm	damm	damm, avgaser
Kombineras med	förebyggande åtgärder, ogrässpärrar	förebyggande åtgärder, slätter	slätter, ogrässpärrar, förebyggande åtgärder,
Länder med erfarenhet	Rumänien, Tyskland, Storbritannien, Schweiz, Sverige, Lettland med flera	Lettland, Litauen, Bulgarien, Holland, Slovenien, Ungern, Rumänien, Tyskland, Sverige	Schweiz, Sverige
Övrigt	ogräseffekten sekundär	används mycket i länder med billig arbetskraft	bör vara lite fuktigt

Tabellen sammanfattar de **kemiska metoder** som tas upp i rapporten och grundar sig till största delen på information i UIC Vegetation Control Project – Final Report, 2003. Man måste vara medveten om att uppgifterna i denna sammanställning inte grundar sig på studier gjorda under likvärdiga förhållanden. Tabellens bakomliggande material utgörs av litteraturstudie samt enkätsvar från 31 länder som svarat på frågor angående vegetationskontroll.

++ Metoden används regelmässigt

0 Metod under försök/utveckling, ännu inte anpassad för regelmässig användning

- Metoden ligger på teoriplanet

	Ryggspruta	Spruttåg	Väg/rälsgående sprutfordon	Weed-eye selektiv sprutning	Avstrykning
	++	++	++	0	0
Drivmedel	-	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Hastighet	150 – 4 700 m ² /h upp till 5km/h	12 500 – 400 000 m ² /h upp till 40 km/h	10 000 – 50 000 m ² /h upp till 40 km/h	260 000 m ² /h upp till 40 km/h	8 000 – 25 000 m ² /h upp till 10 km/h
Ogräseffekt	Herbicer dödar växtlighet				
Kostnad (båda sidor)	45 - 7700 :-/km	300 - 2 400 :-/km	1700 - 2 700 :-/km	2 300 :-/km	2 :-/m ²
Varaktighet	6 månader till 2 år varaktigheten är givetvis beroende av vilken herbicid som används				
Påverkan på el, signal och bana	nej inte om metoderna utförs på korrekt sätt				
Utsläpp	användning av kemikalier innebär alltid en risk för spridning till grundvatten och risker för påverkan på levande organismer				
Olycksrisker					
Arbetsmiljö	hantering och spridning av kemikalier innebär en arbetsmiljörisk				
Kombineras med	förebyggande metoder samt slätter och selektiv röjning på järnvägsbanken				
Länder med erfarenhet	Jugoslavien ¹ , Belgien, Schweiz, Tyskland, Storbritannien, Litauen, Slovakien, Holland, Danmark med flera	Frankrike, Tyskland, Sverige, Rumänien, Belgien, Ungern, Lettland, Storbritannien, med flera	Belgien, Tyskland, Ungern, Australien, Japan, Frankrike	Tyskland, Sverige, Ungern, Japan, Grekland, Bulgarien	Sverige, Australien
Övrigt	bekämpning med kemikalier kräver torrt och relativt vindstilla väder, de flesta metoderna tar spårtid				

¹ Forna Jugoslaviens förenade järnvägar

Tabellen sammanfattar de **termiska metoder** som tas upp i rapporten och grundar sig till största delen på information i UIC Vegetation Control Project – Final Report, 2003. Man måste vara medveten om att uppgifterna i denna sammanställning inte grundar sig på studier gjorda under likvärdiga förhållanden. Tabellens bakomliggande material utgörs av litteraturstudie samt enkätsvar från 31 länder som svarat på frågor angående vegetationskontroll.

++ Metoden används regelmässigt

0 Metod under försök/utveckling, ännu inte anpassad för regelmässig användning

-Metoden ligger på teoriplanet

	Flamning	Ångning	Hetvatten	Frysning	Hett skum	UV-ljus	Infraröd strålning	Hetluft
	-	0	-	-	-	-	-	-
Drivmedel	gasol	diesel	diesel	N ₂ , CO ₂	diesel	diesel	diesel	diesel
Hastighet	max 6 km/h	0,5 - 1 km/h, 3 500 m ² /h	upp till 6 km/h är realistiskt	uppgift saknas	uppgift saknas	sannolikt mycket långsamt	65' :- /km	600-700 m/h
Ogräseffekt	termiska metoder skadar ovanjordiska växtdelar men har ingen eller mycket liten effekt på underjordiska växtdelar							
Kostnad (båda sidor)	uppgift saknas	5' - 18' :-/km	5 :-/m ²	uppgift saknas	uppgift saknas	uppgifter saknas		
Behandlingar per år	runt 5 gånger/år	troligen runt 5 gånger/år	runt 5 gånger/år	troligen runt 5 gånger/år	3-4 gånger första året sedan 2-3 gånger/år	uppgifter saknas		
Påverkan på el, signal och bana	det kan finnas värmekänsliga material	nej	nej	nej	nej	risk för påverkan på el och värmekänsliga material	risk för påverkan på och värmekänsliga material	uppgift saknas
Utsläpp	gaser, partiklar, CO ₂	avgaser	avgaser	avgaser, N ₂	avgaser	avgaser, eventuellt ozon	uppgift saknas	avgaser
Olycksrisker	stor brandrisk, risk för explosion	brännskaderisk	brännskaderisk	risk för frysskador		risk för brand	risk för brand	risk för brand
Arbetsmiljö	brännskaderisk	brännskaderisk	brännskaderisk	N ₂	brännskaderisk	risk för strålning	risk för strålning	
Kombineras med	olika förebyggande åtgärder, slätter,							
Länder med erfarenhet	Schweiz, Sverige, Danmark	Tyskland, Sverige, Schweiz, Canada, Danmark, Jugoslavien ²	Sverige, Schweiz	Tyskland, Sverige	Tyskland, Nya Zeeland	Sverige, Danmark	Tyskland, Schweiz	Sverige
Övrigt	metoden bedöms ej vara aktuell pga stor brandrisken	energi- och vattenkrävande		mycket energikrävande	endast på försöksstadiet		vissa länder kallar flamning för IR-strålning	metoden inget att satsa på

² Forna Jugoslaviens förenade järnvägar

Tabellen sammanfattar de **elektriska metoder** som tas upp i rapporten och grundar sig till största delen på information i UIC Vegetation Control Project – Final Report, 2003. Man måste vara medveten om att uppgifterna i denna sammanställning inte grundar sig på studier gjorda under likvärdiga förhållanden. Tabellens bakomliggande material utgörs av litteraturstudie samt enkätsvar från 31 länder som svarat på frågor angående vegetationskontroll.

++ Metoden används regelmässigt

0 Metod under försök/utveckling, ännu inte anpassad för regelmässig användning

-Metoden ligger på teoriplanet

	Elektrisk direktkontakt	Laser
	-	-
Drivmedel	diesel	diesel
Hastighet	5 km/h	mycket långsam
Ogräseffekt	skadar ovanjordiska växtdelar	
Kostnad (båda sidor)	uppgift saknas	
Antal behandlingar per år	ingen uppgift men troligen som för flamning, dvs 5 gångar / år	
Påverkan på el, signal och bana	eventuellt påverkan på signal	eventuellt påverkan på signal
Utsläpp	avgaser	
Olycksrisker	brandrisk	
Arbetsmiljö	risk att komma i kontakt med strömförande delar	risk för strålning
Kombineras med	förebyggande metoder, slätter, selektiv röjning	
Länder med erfarenhet	Schweiz, Sverige	Danmark
Övrigt	torrt väder krävs	

Summary

This report is a review of methods for vegetation control on railway embankments. Vegetation control along railways has for many years been dominated by the use of chemical herbicides. The chemical methods have been criticised because of its effects on the environment and the safety conditions for workers. It's not allowed to use chemicals everywhere along the railway in Sweden and therefore satisfactory non-chemical methods must be developed.

Methods of controlling growing weeds can be divided into constructional, biological, mechanical, chemical and thermal/electrical methods. Preventive methods that restrict the spread of plants should be defined at the planning stage; design, plant selection and installation methods must be chosen with the aim of restricting the opportunities for unwanted vegetation to spread. Biological methods include for example mowing and greening with special plants. Mechanical control, for example brushing, means that also the ballast material is being treated. Signals, poles, cables, switches etc. in the railway environment are obstacles and limitations to which new control methods must be adapted. Thermal/electrical control does not involve physical contact, that is, it can be carried out without any contact between machine and plant/embankment.

When going over to new methods, it is important to know how these affect both the surrounding environment as well as the working environment for the employees who implement them. The working environment is to a large extent determined by the properties of the machines used and to a smaller extent by the control method. Since diesel is a common fuel, the emissions from the combustion engine represent a major influence on the environment. Improved purifying methods and, in the long run, the disuse of fossil fuels is a necessary development to reduce the burden on the environment.

This study shows that for many methods there is not enough material to evaluate their practical usefulness. In other cases, the fundamental theoretical knowledge of the methods is fairly good, whereas the practical experience is inadequate as a basis for deciding to try them out on a large scale.

Innehållsförteckning

Inledning	1
Vegetation och bekämpningsstrategier.....	3
Vad händer då olika områden förorenas med växtlighet.....	3
OgräSENS biologi – koloniseringsstrategier.....	4
Indelning av bekämpningsmetoder.....	5
Begränsningar vid användning av icke-kemisk vegetationsbekämpning.....	6
Problemväxter.....	6
Krav på vegetationsbekämpningsmetoder.....	7
Förebyggande åtgärder.....	8
Ogrässpärrar.....	8
Växthämmande utformning av banketten.....	11
Porösa betongbarriärer.....	12
Mängd och typ av ballastmaterial	12
Ballastfri bädd	13
Sammanfattning förebyggande åtgärder.....	13
Biologisk bekämpning.....	15
Konkurrerande vegetation.....	15
Selektiv röjning	16
Biologisk ogräskontroll med insekter, svampar eller nematoder.....	18
Slåtter.....	18
Allelopatiska växter.....	19
Sammanfattning biologisk bekämpning.....	20
Mekanisk bekämpning	21
Ballastrening och byte av ballast.....	21
Manuell ogrärensning.....	23
Borstning	23
Sammanfattning mekanisk bekämpning.....	26
Kemisk bekämpning.....	27
Ryggspruta – herbicider.....	27
Spruttåg.....	27
Väg/rålsgående sprutfordon	27
Weed eye – selektiv sprutning med spruttåg.....	27
Avstrykning	28

Sammanfattning kemisk bekämpning	28
Termisk/elektrisk bekämpning.....	29
Flamning.....	29
Ångning.....	32
Hetvatten	33
Frysning	35
Elektrisk direktkontakt	37
UV-ljus	39
Hett skum	41
Laser	42
Infraröd strålning.....	43
Hetluft	44
Sammanfattning termiska/elektriska metoder.....	44
Slutord	46
Slutsats	48
Referenser	49
Litteratur	49
Internetkällor.....	54
Personliga meddelanden.....	55
Figurer.....	55

Inledning

Det svenska järnvägsnätet består av ungefär 17 000 kilometer spår³. En del av spårnätet utgörs av högtrafikerade stambanor, en annan del av industri- och hamnspår. Banverket förvaltar statens spåranläggningar vilka utgör ungefär 80 % av hela järnvägsnätet.

Det är nödvändigt att utföra vegetationsbekämpning längs järnvägsspår för att upprätthålla säkerhet, spårkvalitet och god arbetsmiljö. Järnvägsspår är uppbyggda på ett sätt som tillåter dränering av vatten. Ballasten förlorar sin dränerande egenskap då den förorenas av humus och växtdelar eftersom föroreningarna binder vatten. Försämrade kvaliteten på ballastbädden innebär minskad säkerhet och ökad risk för olyckor. Vintertid fryser vattnet till is, vilket orsakar förskjutningar av rälsens läge med ökad risk för urspårningar som följd. Vid tjälförskjutningar måste hastigheten sänkas och axellaster minskas. Andra orsaker till ogräsbekämpning är ökad halkrisk exempelvis för personal vid växlingsarbete, slirningsrisk för tåg och brandrisk om torrt ogräs finns på banvallen. Dessutom förkortas träsliparnas livslängd om de ligger i fuktig ballast.

Från det att järnvägar började byggas i Sverige fram till mitten av 1940 har ogräs på banvallar och bangårdar bekämpats manuellt. Den kemiska ogräsbekämpningen började under 1930-talet för att till slut bli den enda bekämpningsmetoden⁴. I början såg man herbiciderna som den moderna lösningen på alla ogräsproblem. Efterhand har nackdelarna med kemisk bekämpning uppmärksamrats; kemiska hälsorisker för användarna och risk för oönskad spridning till naturen. Idag försöker man hitta alternativa metoder.

Man är skyldig att inkomma med skriftlig anmälan till de kommunala nämnder som fullgör uppgifter inom miljö- och hälsoskyddsområdet då man avser sprida bekämpningsmedel på banvall. Vidare är man skyldig att iakttaga försiktighet vid spridningen. I Naturvårdsverkets föreskrifter om spridning av kemiska bekämpningsmedel, SNFS (1997:2, 5§), kan man läsa att:

”Vid spridning och annan hantering av bekämpningsmedel samt vid rengöring av spridningsutrustning är den som utför detta skyldig att bestämma och iakttaga de

³ Banverkets Årsredovisning, 2003

⁴ Lindholm, 1989

skyddsavstånd som med hänsyn till omständigheterna är nödvändiga till skydd för vattentäkter, sjöar och vattendrag samt omgivande mark och annans egendom.”

Det finns delar av järnvägssystemet där växtligheten av olika anledningar inte kan bekämpas kemiskt. Det kan vara vattentäkter, ställen där järnvägen passerar vattendrag, naturreservat eller andra speciellt känsliga områden. Dessa ytor kallas restriktionsytor i Sverige och det är viktigt att finna lämpliga alternativa icke kemiska bekämpningsmetoder för dessa ytor.

Spårområdet kan delas in i olika delar vilka är uppbyggda på olika sätt. Direkt under rälerna finns ballastbädden som består av speciell makadam- eller grusballast. Bädden är 30 cm tjock och avslutas på båda sidor med ballastskuldran som övergår i banketten som finns mellan spåren och på båda sidor om dessa⁵. Det finns även ballastfria bäddar som är gjutna av betong. Banketten är främst till för att gå på vid inspektioner och underhållsarbete. Utanför banketten finns ett område som kallas järnvägsbank. Förutom dessa ytor finns det ytterligare områden utanför själva spårområdet som kan behöva vegetationsbekämpas. Det kan vara områden runt kraftstationer, lastningsytor, parkeringar och perronger. Dessa yttre ytor tas inte vidare upp i denna rapport.

Syftet med denna rapport är att summera de viktigaste resultaten från UICs Vegetation Control Projekt och presentera dem tillsammans med de erfarenheter vi gjort vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik under de senaste åren.

Metoderna för bekämpning av vegetation kan delas in i fem grupper baserat på teknik. De olika grupperna är förebyggande åtgärder, biologisk, mekanisk, kemisk respektive termisk/elektrisk bekämpning. Rapporten följer denna uppdelning. Metoderna presenteras var för sig och efter denna genomgång diskuteras möjligheterna att kombinera olika metoder samt strategier för att välja lämplig metod. Alla metoderna är inte lika väl studerade och används inte alls i samma omfattning vilket speglas i rapporten. De olika metoderna, undantaget de kemiska, beskrivs utifrån teknik, kapacitet, varaktighet, ekonomi, energiförbrukning och miljöpåverkan. Kemiska bekämpningsmetoder, liksom minde studerade metoder berörs endast mycket kort i denna rapport.

⁵ Axelsson, pers. med. 041019

Vegetation och bekämpningsstrategier

Vad händer då olika områden förorenas med växtlighet

Det är givetvis i det närmaste omöjligt att skydda banvallen från inkommande frön. Det är enklare att hålla miljön så ogästvänlig att de inte kan gro. En grusig eller stenig jord kan man jämföra med en ny ballastbädd. De har båda lågt näringsinnehåll och dålig vattenhållande förmåga. En gammal ballastbädd kan å andra sidan jämföras med en sandig lera eller en humusberikad jord⁶.

Ballastbädden består av ett lager makadamballast som, då det är nytt, ger god dränering samtidigt som det är elastiskt nog att stå emot/leda bort de krafter den utsätts för⁷. Vegetation i ballastbädden och ballastskuldran orsakar mera rost eftersom det blir skuggigare och fukt hålls kvar längre. Även det elektriska signalsystemet påverkas negativt av fukt⁴. Vegetationen medför minskad säkerhet genom att signaler skymms och det finns risk att man halkar vid inspektion och underhållsarbete. På lång sikt bidrar vegetationen i ballastytan till minskad resistans mot frost. Vegetationen bidrar till minskad stabilitet i de underliggande lagren och möjliggör, genom försämrade dränerande förmåga, upptransport av material till ytan. En åldrad ballastbädd består av en större andel fint material vilket gör att växter lättare koloniserar bädden. Banketten har större vattenhållande förmåga än ballasten beroende dels på att den består av större andel fint material och dels på att materialet är mera packat.

Till skillnad från ballasten och banketten är järnvägsbanken oftast täckt av vegetation i en eller annan form. Det är relativt vanligt att man sår in olika gräsfröblandningar⁸ för att hindra att banken eroderar och för att minska intrånget av andra arter. Vilka växter som intar denna yta bestäms givetvis till största delen av den omgivande vegetationens sammansättning. Järnvägsbanken är en av de viktigaste ytorna att sköta eftersom växtligheten där ger ett skydd mot erosion samtidigt som den måste hållas efter för att inte invadera de andra ytorna och för att inte störa trafiken.

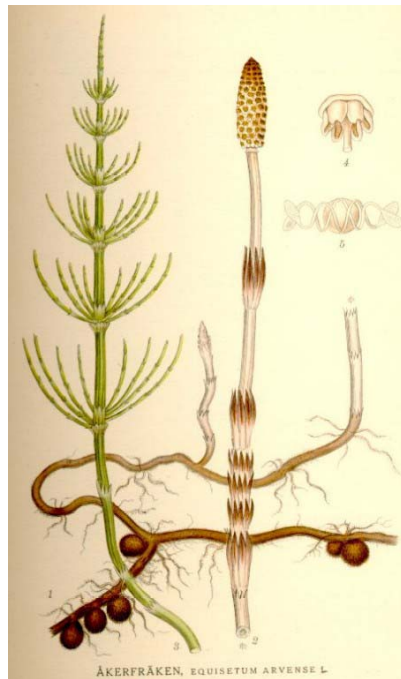
⁶ UIC, 2003

⁷ Axelsson, pers. med. 041019

⁸ UIC, 2003

Ogräsens biologi – koloniseringsstrategier

Växter har olika strategier för att kolonisera vegetationsfria ytor. Ur bekämpningssynpunkt är det därför intressant att dela in ogräsen i fröogräs och rotoqräs. Med rotoqräs menas en växt som kan sprida och etablera sig både med frön och vegetativa förökningsorgan (*Figur 1*), till skillnad från fröogräs som endast förökar sig med frön⁹.



Figur 1. Åkerfräken (Equisetum arvense) är ett besvärligt rotoqräs på banvallar. Jordstammarna växer normalt på 30 - 50 cm djup. (<http://www.lysator.lin.se/runeberg/nordflor/pics/515.jpg>)

Rotogräsen har följande egenskaper som gör dem till mycket svårbekämpade ogräs¹⁰:

- I de vegetativa förökningsorganen finns en stor näringsreserv som säkerställer etableringen trots störningar av olika slag.
- Tillväxtpunkterna, från vilka skotten utgår, är placerade långt under markytan hos många arter, vilket försvårar bekämpningen avsevärt.
- Rotogräsen kan sprida sig över stora ytor och t.ex. växa in i banvallar.

⁹ Raven *et al*, 1992

¹⁰ Schroeder, 1992

De flesta ogräs som koloniserar banvallar är rotogräs¹¹ och kommer således från området alldeles intill spåren. Så länge plantorna är kopplade till sina moderplantor i järnvägsbanken är det inte tillräckligt att ballastbädden är ogynnsam att växa i. I detta fall måste ogräset i banken hållas efter så det inte sprider sig.

Då det gäller fröogräs kan små frön fraktas långt med hjälp av vinden medan stora frön oftast kommer från områden nära spåren. Har man problem med fröplantor av en storfröig växt kan det alltså vara en möjlig lösning att ta bort dess moderindivid.

Indelning av bekämpningsmetoder

Det är möjligt att dela upp bekämpningsmetoderna i fem grupper baserat på teknik¹². De olika metoderna är förebyggande åtgärder, biologisk, mekanisk, kemisk respektive termisk/elektrisk bekämpning. I denna rapport kommer metoderna att presenteras och diskuteras utifrån denna indelning.

Förebyggande metoder syftar till att förhindra spridning av vegetation till banvallen via rötter eller jordstammar från omgivande vegetation. Dessa metoder ska även försvåra för ogräsens frön att gro och etablera sig på banvallen. Ett exempel på förebyggande åtgärd är olika typer av ogrässpärrar. Förebyggande åtgärder genomförs oftast och enklast i banvallens konstruktionsskede.

Biologisk, mekanisk, termisk/elektrisk respektive kemisk bekämpning är metoder som används för att bekämpa växande ogräs. Biologisk bekämpning är till exempel röjning av vedartat material, plantering av konkurrerande vegetation eller klippning av gräs. Vid mekanisk bekämpning skadas växterna genom att de på olika sätt tillfogas mekanisk skada till exempel genom borstning eller manuell ogräsrensning. Biologisk och mekanisk bekämpning innebär alltså att det sker en bearbetning av ogräs och ballast-materialet i banvallen. Termisk/elektrisk bekämpning liksom kemisk bekämpning är däremot beröringsfri, det vill säga att insatsen kan ske utan direkt kontakt mellan redskap och växt/banvall. Vid termisk bekämpning skadas växten genom upphettning eller nedkylning. Vid elektrisk bekämpning skadas växtens celler av olika typer av strålning. Kemisk bekämpning är i dagsläget den vanligaste bekämpningsmetoden. Den

¹¹ UIC, 2003

¹² UIC, 2003

sker oftast med hjälp av rälsgående fordon men appliceringen kan även ske med rygg-spruta. Det finns i dagsläget endast ett godkänt kemiskt preparat som får användas i spårmiljö i Sverige nämligen Roundup Bio med den aktiva substansen glyfosat. Banverket arbetar aktivt för att minska användningen av bekämpningsmedel¹³.

Förebyggande åtgärder, biologiska och i vissa mekaniska vegetationsbekämpningsmetoder kan sägas bekämpa orsaken till problemen medan kemiska, elektriska, termiska och de flesta mekaniska metoder bekämpar symptomen¹⁴.

Begränsningar vid användning av icke-kemisk vegetationsbekämpning

Körhastigheten är låg vid användning av de icke kemiska bekämpningsmetoderna jämfört med kemisk bekämpning. Detta framförs ofta som ett argument mot icke kemisk ogräsbekämpning. De enskilda restriktionsytorna är dock oftast begränsade till ytan. I den östra regionen är mer än hälften av sträckorna som klassats som restriktionsytor kortare än 100 meter, och 90 % av sträckorna är kortare än en kilometer. Om plankorsningarna, som inte heller bekämpas, räknats in hade andelen sträckor under 100 m blivit ännu högre.

På banvallar och bangårdar finns det flera olika typer av hinder som försvårar den icke-kemiska ogräsbekämpningen t.ex. signaler, stolpar, kablar och växlar. Det finns också komponenter som är känsliga för höga temperaturer och mekanisk påverkan, till exempel ledningar, kablar, signaler och växlar.

Problemväxter

Växter svarar olika på bekämpning. Vissa växter är svårare att bekämpa än andra. Problemväxter kallar man växter som måste behandlas med en speciell strategi, ofta en kombination av olika bekämpningsmetoder, för att man ska bli kvitt dem. Begreppet problemväxter är inte helt självklart. Vissa arter är kanske önskade och ses som ett bra inslag på järnvägsbanken men är ett problemogräs om de etablerar sig i ballastytan. Växter som kan ställa till bekymmer i banvallen här i Sverige är åkerfräken (*Equisetum arvense*), vass (*Phragmites vulgaris*) och vit sötväppling (*Melilotus albus*)¹⁵. Tabell 1 listar de

¹³ Banverkets Årsredovisning, 2003

¹⁴ UIC, 2003

¹⁵ David Hansson, pers. med. 041004

problemväxter som finns omnämnda i UIC Vegetation Control Project – Final Report, 2004. Observera att dessa arter i dagsläget inte är listade som problemväxter i Sverige. Problemväxter är dyra att bekämpa och det är därför mycket viktigt att behandla dem redan i ett tidigt stadium. Vissa vegetationsbekämpningsmetoder kan gynna en speciell art genom att metoden är effektiv mot övriga växter och lämnar en art kvar med förbättrade livsvillkor t ex klarar man inte åkerfräken med glyfosat. Olika metoder är dessutom effektiva mot olika typer av ogräs, exempelvis hindrar laterala barriärer inte fröogräs att etablera sig men medför att rotoogräs inte växer in från sidan.

Tabell 1. Sammanställning över de problemväxter som nämns i UIC "Vegetation Control" Project – final report.

Svenskt namn	Latinskt namn
vass	<i>Phragmites sp.</i>
rubusarter – björnbär, hallon	<i>Rubus sp.</i>
nävor	<i>Geranium sp.</i>
fräken	<i>Equisetum sp.</i>
parkslide	<i>Fallopia japonica (Polygonum cuspidatum)</i>
jätteloka	<i>Heracleum mantegazzianum</i>
starr	<i>Carex sp.</i>
åkervinda	<i>Convolvulus arvensis</i>
åkertistel	<i>Cirsium arvense</i>
klematis	<i>Clematis sp.</i>
stånds	<i>Senecio jacobaea</i>
jättebalsamin	<i>Impatiens glandulifera</i>

Krav på vegetationsbekämpningsmetoder

För att en ny vegetationsbekämpningsmetod ska vara attraktiv bör den ha egenskaper som kompletterar eller överträffar befintliga metoders. Metoden bör givetvis ha god och långvarig effekt, den bör vara gångbar inte bara i en del av banvallen utan helst i hela området. Metoden bör vara snabb för att inte uppta tid på spåren och den bör vara flexibel så den kan fungera både från spår och intill spår. Tekniken bör fungera oberoende av väder och får givetvis inte skada ballastbädden. Metoden bör ha minimal miljöpåverkan och vara prisvärd jämfört med befintliga metoder. Slutligen måste metoden vara säker för dem som vegetationsbekämpar och accepterad av gemene man.

Förebyggande åtgärder

I detta avsnitt behandlas de förebyggande åtgärderna ogrässpärrar, växthämmande utformning av banketten, porösa betongbarriärer, mängd och typ av ballastmaterial samt ballastfri bädd.

Ogrässpärrar

Ogrässpärren används främst för att förhindra ogräs som sprider sig med rötter eller underjordiska jordstammar från att växa in i banvallen (*Figur 2*). Ogrässpärren påverkar däremot inte inflygande ogräsfröns möjlighet att gro i ballasten. Ogrässpärrar kan vara laterala, vertikala eller ligga under ballastbädden¹⁶.



Figur 2. Gräns mellan geotextilen Lotrak 400 och en kort referensyta och därefter obehandlad banvallsslänt som ger en bild av utgångsläget. Från försök i Alvesta.

Vid användning av ogrässpärrar kan man tänka sig två huvudprinciper, antingen omges den rotogräsfria ballasten helt av ogrässpärren eller så placeras ogrässpärren vertikalt i övergången mellan den rotogräsfria ballasten och den angränsande marken. Alternativet att omge hela ballastbädden kan tillämpas vid nybyggnad men även i samband med

¹⁶ UIC, 2003

ballastrening då underliggande orenade massor innehåller rot- eller stamdelar från ogräs som kan sprida sig upp i den renade ballasten. Den laterala spärren hindrar rotogräs i angränsande mark att sprida sig in i järnvägsbanken. Om enbart en lateral spärr skall användas måste förutom ballasten även undergrunden vara fri från rotogräs. Som exempel kan nämnas att åkervindans vertikala rötter, som kan utveckla nya skott, går ned till ett djup av 2 m eller mer¹⁷.

Valet av material till ogrässpärren styrs av flera olika faktorer som till exempel förmåga att hindra skott och rötter, genomsläpplighet, risk för uppkomst av "glidyta" som påverkar banvallens stabilitet negativt och kostnad.

Begreppet geotextil kan användas som en samlingsbenämning för de genomsläppliga material som är aktuella att använda som ogrässpärr. Geotextilierna skiljer sig från varandra genom tillverkningssätt och de material de består av. De kan antingen vara vävda eller bestå av filtade alternativt termiskt sammanfogade fibrer. Geotextilierna är vanligtvis tillverkade av polypropen men kan även bestå av polyeten eller polyester¹⁸.

Med täta material menas i detta sammanhang täta när det gäller genomsläpplighet för dräneringsvatten. På marknaden förekommer olika fabrikat av folier, vanligtvis tillverkade av polyeten.

Flow coat är en typ av polymerfilm används som en "flytande" presenning. Detta innebär att materialet sprutas ut på plats till en sammanhängande film. Tänkbara användningsområden för Flow coat är inbyggda i järnvägsbanken och som täckskikt på markytan. Med en placering i markytan exempelvis i anslutning till växlar, runt stolpar eller på större ytor på bangårdar bör man även kunna hindra inflygande ogräsfrön från att gro.

I ett fullskaleförsök i Schweiz har man provat asfalt som ett spärrskikt. Asfalten består av fräsmassor från gamla vägbanor som återanvänds. På provsträckor har man också

¹⁷ Korsmo *et al.*, 1981

¹⁸ <http://www.viacon.se/foretaget/prod.asp> 041021

längs järnvägsbankens sidor placerat en avgränsning av betong för att förhindra inväxning¹⁹.

Med hjälp av olika betongstrukturer kan man hindra växter från att ta sig in i ballastbädden från järnvägsbanken. Genom att placera kabelrännorna lämpligt kan de utgöra en form av ogrässpärr liksom betongblock längs kanten av järnvägsbanken. Denna metod har använts i Norge, Schweiz och Italien²⁰. Då man anlägger dessa typer av barriärer måste man se till att dräneringen fortfarande är tillräcklig.

Försök har tidigare genomförts med geotextil för att förhindra skott från roto gräs att växa igenom asfalt på gång- och cykelbanor. Resultaten tyder på att termiskt sammanfogade geotextilier har en bättre förmåga att hindra genomväxning än nålfiltade²¹. Vid Institutionen för Landskaps- och trädgårdsteknik har försök med geotextil för att hindra rotgenomväxning från buskar och träd genomförts²². Rötter från träd och buskar som växer in i järnvägsbanken påverkar också bärigheten. Resultaten visar att rötterna har en stor genomträngningsförmåga även när det gäller de "tätaste" materialen som var med i undersökningen.

Det är enbart täta material (folier) som kan ge ett 100-procentigt skydd mot genomväxning. Ytor av asfalt som är 4 cm tjocka eller mindre hindrar inte växter att växa genom. Det är inte känt om Flow coat kan förhindra roto gräsens genomväxning. Betongbarriärer kan medföra genomväxning om man inte tätar skarvarna ordentligt.

För att inte äventyra järnvägsbankens stabilitet ska ogrässpärren i så liten utsträckning som möjligt minska friktionen mellan de enskilda stenarna som ballasten är uppbyggd av. En nålfiltad geotextil är mer elastisk än en termiskt behandlad vilket bör medföra att den nålfiltade duken är mer följsam och därför tillåter bättre sammanfogning mellan de enskilda stenarna. Vid användning av en folie ökar risken för uppkomst av en glidyta.

¹⁹ Zulauff, 1991

²⁰ UIC, 2003

²¹ Schroeder, 1994

²² Stål, 1993

Användningen av spärrar placerade under ballasten medför risk för att dräneringen försämrats. Även om materialet från början läggs med ett fall kan sättningar medföra att vattensamlingar bildas i järnvägsbanken. Även betongbarriärer utanför ballastytan kan medföra minskad dräneringsförmåga.

Resultat från försök²³ utförda vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik visar att vegetationsspärrar kan begränsa förekomsten av vegetation på banvallen och därmed minska behovet av vegetationsbekämpning. Metoden är dock inte färdigutvecklad sett till produktionstekniken, bland annat har man haft problem med att makadamtäckningen glidit av geomembranen.

De företag som marknadsför folier anger livslängden till 100 år då de är nedgrävda i marken²⁴. Då det gäller betongbarriärer håller dessa minst tio år efter byggnationen²⁵.

Kostnaderna för geotextilier och folier varierar enligt kontaktade leverantörer mellan 6 och 25 kr/m² beroende på typ av material och kvantiteter. Utläggingskostnaden i samband med ballastrening består av transport till utläggningsplats och utrullning.

För att tillverka en polyetenfolie används olja. Vid förbränning omvandlas polyetenplast till koldioxid och vatten. Monarflex AB anger att deras folier inte innehåller lösningsmedel och kan återvinnas²⁶.

Växthämmande utformning av banketten

Dessa metoder har studerats i försök i Tyskland och Schweiz och bygger på att banketten närmst ballastskuldran utformas av hårt packad grus som ger en jämn yta²⁷. Under denna yta måste man lägga ett dränerande lager som även fungerar som en ogrässpärr. Man kan även använda sig av andra material än grus som är sämre som substrat för växterna, i Schweiz har man till exempel provat flisor av återvunnet glas

²³ Schroeder och Hansson, 2002

²⁴ Ville Brobäck, pers. med. 041108

²⁵ UIC, 2003

²⁶ [http://www.icopal.se/icopal_se/icopal_se.nsf/0/672348D30F11BFA5C1256DFD003876BA/\\$file/Multi.pdf](http://www.icopal.se/icopal_se/icopal_se.nsf/0/672348D30F11BFA5C1256DFD003876BA/$file/Multi.pdf) 041102

²⁷ UIC, 2003

och grus av kalciumfritt silikat. Denna förebyggande vegetationsbekämpningsmetod fungerar att använda i områden där kemisk behandling inte är tillåten. I Tyskland har man i försök även använt metoden på järnvägsbanken och på gångvägar i anslutning till spårområdet. Att använda sig av icke inhemska stenar/grus kan i vissa områden ha en växthämmande effekt eftersom växtligheten inte är anpassad till dessa material²⁸.

Porösa betongbarriärer

Denna metod hindrar växterna från att växa in i ballastytan från sidan. Metoden bygger på att man anlägger ett dike längs spåren som fylls med runt grus och speciellt dräneringsmaterial. Barriären dränerar och stabiliserar ballastbädden. Man kan med hjälp av metoden konstruera gångar att gå på samtidigt som man får vertikala barriärer som hindrar ogräs. I Schweiz har man använt betongbarriärer sedan 1991²⁹. För att metoden ska fungera väl är det av stor vikt att man håller efter vegetationen på järnvägsbanken samt att man är noggrann vid anläggningen så man inte får in jord i diken.

Mängd och typ av ballastmaterial

Ballastmängden och kvaliteten på ballasten är av avgörande betydelse då det gäller växtlighetens möjlighet att etablera sig³⁰. Ballasten, som bör vara geologiskt homogen och av rätt kvalitet, får inte vara kontaminerad av jord eller växtlighet och bör vara kalkfri. Ballastlagrets tjocklek bör vara 30 cm för att ha en ogräshämmande effekt³¹. Det är många länder som har regler gällande ballastrening och ballastbyte men det är få som ser korrelationen mellan ballastkvalitet och kolonisering av växtlighet³². I Holland har man dock använt sig av kunskapen praktiskt i över 30 år. Att överväga materialval vid anläggning och rekonstruktion kan löna sig inte bara genom att banvallen står emot påfrestningar bättre utan även genom att det kan medföra minskade problem med växtlighet. Exempelvis förhindrar makadamballast ogräs att gro mycket effektivare än grusballast. Att medvetet välja viss typ av ballast är tyvärr inte så effektivt mot plantor som växer upp underifrån som mot fröogräs.

²⁸ UIC, 2003

²⁹ UIC, 2003

³⁰ Hansson och Schroeder, 1996

³¹ Lars-Erik Axelsson, Banverket, pers. med. 041015

³² UIC, 2003

Försök genomförda vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik har visat att 30 cm klass 1 makadam och 20 cm klass 2 makadam är tillräckligt för att förhindra igenomväxning av fröogräs³³. Rotogräsens tillväxt är svårare att hindra med makadam men tjocka lager fördröjer dock ogräsens utveckling. Generellt sett visade det sig att makadam av klass 2 utgör ett effektivare skydd mot igenomväxning av ogräs än grövre makadam eftersom det finare materialet utestänger ljuset effektivare. Med makadam av klass 2 är det dock större risk att olika typer av föroreningar fastnar i ballasten. Ballastens kvalitet är av stor vikt att känna till eftersom förekomsten av föroreningar är av avgörande betydelse för ogräsfröns groning och vidare tillväxt³⁴. Ökat antal transporter kan leda till ökad föroreningsgrad i överballasten på grund av siltvandring från underballasten.

Ballastfri bädd

Ballastfria bäddar innebär att ytan under spåren gjuts i betong istället för att byggas upp av ballastmaterial. Metoden används en del i Tyskland. Den vegetationsreglerande effekten fås dock där som en sideffekt då man anlägger bäddar för höghastighetståg³⁵. Man räknar med en livstid på 60 år för nyanlagda ballastfria bäddar. Priset ligger i dagsläget 1,4 till 2 gånger högre än för anläggning av vanliga ballastbäddar³⁰. I Tyskland har man studerat ballastfria bäddar i försök i omkring trettio år och använt metoden praktiskt i tio år.

Sammanfattning förebyggande åtgärder

- I samband med nyanläggning finns de bästa förutsättningarna för att utnyttja förebyggande åtgärder.
- Det är viktigt att redan i planerings- och projekteringsskedet beakta möjligheterna att bygga på ett sätt som försvårar för växtligheten att etablera sig eftersom detta gör det möjligt att minska behovet av fortlöpande bekämpningsinsatser.
- Ogrässpärrar och ballastfria bäddar används av banverken runt om i världen.
- Växthämmande utformning av banketten och val av alternativa ballastmaterial är i dagsläget metoder som testas och utvärderas.

³³ Hansson och Schroeder, 1998

³⁴ Hansson och Schroeder, 1996

³⁵ UIC, 2003

- Erfarenheter från användning av geotextilier visar att det är mycket svårt att uppnå ett helt säkert skydd med vattengenomsläppliga material. Kunskapen om ogrässpärrens placering och materialegenskaper är av central betydelse.
- Vid val av material för förebyggande åtgärder ska man kräva att leverantören kan lämna uppgifter om produktens miljöpåverkan vid produktion, användning och eventuell kvittblivning.

Biologisk bekämpning

I detta avsnitt behandlas de biologiska metoderna konkurrerande vegetation, selektiv röjning, biologisk kontroll med hjälp av skadeorganismer, slätter och vegetationskontroll med hjälp av allelopatiska växter.

Konkurrerande vegetation

Genom skötsel mot långsiktiga mål kan man, med rätt insatser, skapa stabila växtsamhällen med låga krav på skötsel. Vid nyanläggning och ombyggnad är det möjligt att anlägga växtbäddar med lämpliga arter. Dessa typer av miljöer har höga anläggningskostnader men relativt låga kostnader för skötsel och underhåll. Att med anläggning av riktiga växtbäddar minimera skötselinsatserna kan nog endast sägas vara försvarbart på sträckor med höga utseendekrav. Enklare och billigare metoder handlar om att så gynna redan befintliga arter eller att så in nya arter. Mestadels används metoden på järnvägsbanken men det är även möjligt att anlägga växtlighet på banketten. Dessa metoder har använts länge i Holland och Belgien.

Användning av marktäckande växter innebär att man aktivt introducerar växtarter som genom sin konkurrensförmåga minskar spridningsmöjligheterna för de växter som anses vara ett problem på banvallen. Ett konkret exempel är att man före herbicidernas intåg sådde ett band med grässorter utan utlöpare närmast gång- och cykelbanor för att förhindra gräsyntans utbredning in i de hårdgjorda ytorna³⁶. Genom att med marktäckande växter framförallt utestänga ljuset från markytan försvåras möjligheterna för icke önskvärda växter att gro och etablera sig. Denna strategi kan främst vara intressant för att minska förekomsten av "aggressiv" vegetation i banvallens omedelbara närhet. Olika svagväxande gräsarter utan utlöpare är troligen de mest effektiva i detta sammanhang³⁷.

Daar (1994) beskriver Nordamerikanska erfarenheter av etablering av ogräskonkurrerande vegetation längs vägar. Växter som är anpassade till rådande förhållanden kan åstadkomma ett växttäck som effektivt utestänger oönskade växter. Under den ca treåriga etableringsperioden krävs skötselinsatser i form av klippning, svedjning i vissa fall och punktbehandling av besvärliga arter med kemiska bekämpningsmedel. Daar

³⁶ Svenska kommunförbundet, 1990

³⁷ Huisman, 2001

(1994) menar vidare att det utöver ekonomiska motiv även är positivt ur ekologisk och estetisk synvinkel att arbeta med vegetationsbeklädda vägrenar.

Selektiv röjning

Att hålla undan högre vegetation är ett av de viktigaste skötselmålen inom banområden. Det är viktigt att kunna bedöma ståndort och successionsstadium i det område man arbetar med. Med kännedom om växterna i området kan olika scenarier om hur det kommer att se ut i framtiden skissas fram. En sammanställning över art/släktspecifika egenskaper hos våra vanligaste träd och buskar finns i en förstudie³⁸ om ogräskonkurrerande vegetation som gjorts vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik.

Selektiv röjning handlar om att vissa arter eller individer tas bort från järnvägsbanken. Enstaka träd- och buskindivider eller grupper av träd och buskar sparas. Denna metod används i flertalet länder där Australien, Norge och Holland är de som har längst erfarenhet. Det är möjligt att röja maskinellt med spårbundna fordon eller motormanuellt (*Figur 3*) med olika typer av utrustning³⁹. Olika typer av utrustning har givetvis olika för- och nackdelar. Det finns fyra huvudtyper av röjningsaggregat. Kling- och klippaggregaten har en skärande funktion medan slaghacken och kättingslagen har en krossande funktion som mer eller mindre mal ned vegetationen. De sistnämnda är mer tåliga mot sten och andra hinder.

³⁸ Huisman *et al*, 1998

³⁹ Lundh och Huisman, 2002 samt UIC, 2003



Figur 3. Motormanuell röjning.

Vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik har reglering av vedartad vegetation utmed spåren studerats. En sammanställning över tänkbara basmaskiner och röjningsaggregat som finns för maskinell röjning i terrängen har gjorts⁴⁰ liksom jämförande studier av maskinella och motormanuella röjningsmetoder⁴¹.

Det är viktigt att sätta upp långsiktiga mål för vart man vill styra vegetationen och vara medveten om att det tar tid att nå dit. Ofta kan selektiv röjning vara den bästa åtgärden totalt sett. Selektiv röjning har stora estetiska och biologiska värden⁴² och bidrar till ett mer diversifierat växt- och djurliv.

⁴⁰ Johansson, 2001

⁴¹ Lundh och Huisman, 2002

⁴² Huisman *et al*, 1998

Biologisk ogräskontroll med insekter, svampar eller nematoder

Biologisk vegetationskontroll innebär att den oönskade växtligheten attackeras och skadas av insekter, svampar eller nematoder. Denna metod bedöms i dagsläget inte som aktuell för användning i banmiljön av olika anledningar⁴³. Främsta anledningen till detta är att de växter som växer på banvallen även växer i de kringliggande miljöerna. Detta innebär att de utsatta organismerna lätt skulle spridas till miljöer där de inte alls är önskade. Ett exempel är svampen purpurskinn, *Chondrostereum purpureum*, som eventuellt skulle kunna användas för att hämma stubbskottsskjutning hos lövträd⁴⁴. Svampen ger upphov till silverglans, en svampsjukdom, som medför att bladen på fruktträd blir skadade. Om ett isolat av svampen i framtiden blir registrerat som biologiskt bekämpningsmedel måste man ändå tänka på att hålla säkerhetsavstånd till fruktodlingar och villaträdgårdar³⁹.

Slätter

Att slå vegetationen längs spåren är en metod som används i flertalet länder. Det vanligaste är att man slår vegetationen på järnvägsbanken men även banketten slås i många länder. Slätter kan ske med flertalet olika typer av maskiner. Vissa länder använder sig av spårbundna maskiner (*Figur 4*) medan andra sköter slättern med icke-spårbunden utrustning. Målen med slättern är dels att hindra att växter sprids från järnvägsbanken in till spåren och dels att hindra att man får in oönskad vegetation på banken.

⁴³ UIC, 2003

⁴⁴ Huisman, 2001



Figur 4. Spårbunden maskin med slåtteraggregat.

I Tyskland, Ungern och Lettland tar man vara på biomassan och använder denna som täckmaterial. Om man väljer att inte föra bort det organiska materialet kan man få problem med att det sprids till ballastbädden. En anrikning av växtnäring sker också.

Allelopatiska växter

Växter kan konkurrera ut varandra genom allelopati. Det innebär att en växt avger kemiska ämnen som hämmar andra från att gro och etablera sig. Allelopatiska ämnen kan frigöras som exudat från levande rötter, blad och frukter, eller genom läckage från växtdelar som håller på att brytas ned. Exempel på växter med allelopatisk effekt är ljung (*Calluna vulgaris*) och nordkråkbär (*Empetrum hemaphroditum*). Det har visat sig att nordkråkbär förhindrar tall (*Pinus silvestris*) och aspfrön (*Populus tremula*) från att gro⁴⁵. Att plantera allelopatiska växter som i sin tur ska förhindra andra växter att etablera sig har studerats vid Max Plank Institutet i Tyskland utan tillfredsställande resultat⁴⁶.

⁴⁵ Zackrisson och Nilsson, 1992

⁴⁶ UIC, 2003

I Italien pågår ett projekt med syftet att försöka framställa bekämpningsmedel med hjälp av allelopatiska substanser från växter⁴⁷. Förhoppningen är att dessa preparat ska kunna bli alternativ till dagens herbicider.

Sammanfattning biologisk bekämpning

- Att upprätthålla en yta fri från vegetation innebär en ständig kamp mot en naturlig igenväxningsprocess.
- Metoderna konkurrerande vegetation, selektiv röjning och slåtter används frekvent runt om i världen.
- Plantering av allelopatiska växter samt biologisk ogräskontroll med insekter, svampar eller nematoder bedöms i dagsläget inte som lämpliga metoder för vegetationsbekämpning längs banvallar.
- En lockande tanke är att aktivt utnyttja vissa växter för att hindra etablering och spridning av icke önskvärda arter. Denna strategi kan vara tillämpbar på banvallens intilliggande ytor. Det saknas dock idag tillräckliga erfarenheter för att bedöma dels behov av skötselinsatser och dels uthålligheten när det gäller att fördröja invandring av ogräs.

⁴⁷ Huisman, 2004

Mekanisk bekämpning

I detta avsnitt behandlas de mekaniska bekämpningsmetoderna ballastrening, byte av ballast, mekanisk och maskinell ogrärensning samt borstning.

Ballastrening och byte av ballast

Ballastrening innebär att befintligt material tas upp från järnvägsbanken och siktas. Metoden används i ett flertal länder men inte huvudsakligen för dess ogräsröjande effekt utan av tekniska skäl för att återställa ballastens ursprungliga egenskaper såsom bärighet och elasticitet. Det nuvarande kriteriet för när ballastrening skall utföras är när andelen partiklar med en diameter under 31.5 mm överstiger 40 viktsprocent⁴⁸. Efter siktning återförs användbart material medan finmaterialet läggs åt sidan eller förs bort. I de flesta fall räcker det med att byta 0.2-0.5 m av underballastens översta skikt⁴⁹. En geotextil kan läggas in som materialskiljande lager under den över ballasten⁵⁰. Kapaciteten vid ballastrening är 100-200 m/timme beroende på val av utrustning⁵¹. Behovet av ballastrening respektive bankettrensning ligger i storleksordningen 15–20 mil/år⁵².

Ballastbyte kan utföras med olika typer av utrustning, med ballastreningsmaskin, genom utgrävning med bandgrävare eller genom urgrävning med grävmaskin med specialskopa⁵³. Ballastbyte kan också utföras med vacuumteknik i svåråtkomliga lägen⁵⁴. Drivmedel är i dagsläget diesel men alternativa energikällor är möjliga i framtiden. Plasser & Theurer är världens ledande tillverkare av banarbetsmaskiner och har ett brett sortiment av maskiner som fungerar för ballastrening⁵⁵.

⁴⁸ Westerberg och Viklander, 2001

⁴⁹ Banverket, 1993

⁵⁰ Geoteknisk projektering, 1994

⁵¹ UIC, 2003

⁵² Hedström, R. 2002

⁵³ Banverket, 1993

⁵⁴ Hansson *et al*, 1995

⁵⁵ Plasser & Theurers hemsida, <http://showroom.creative.co.at/index.htm> 041025

Påverkan på ogräset sker dels genom att befintliga ogräsplantor tas bort, dels avlägsnas det fukthållande finmaterial i ballasten som utgör grogrunden för inflygande ogräsfrön. Det är oklart i vilken utsträckning skottbildande rot- eller stamdelar kan passera genom sikten i ballastreningsmaskinen och därmed återföras till banvallen.

Genom att ballasten befrias från finmaterial förbättras bärigheten. Ett av vakuumsugens användningsområden är att frilägga kablar vid schaktarbete. Vakuumsugtekniken gör detta arbete praktiskt taget riskfritt. Vid en ytlig bortsugning av makadamlagret, som vid ogräsbekämpning, kommer risken för skador på el- och signalsystemet att ytterligare reduceras.

Effekten av en ballastrening försvinner när nytt finmaterial från omgivning eller trafik tillförts i så stor omfattning att inflygande frön åter kan gro. Olika orsaker till nedbrytning av makadamballastlager kan urskiljas⁵⁶:

- finmaterial "pumpas upp" i makadam ballastlagret från underliggande mark.
- finmaterial kan rinna tillbaka in i makadamballastlagret om det utskiktade materialet lämnats på sidan vid renovering.
- förorening från tåg.
- växtlighet.
- jord blåser in från omgivande ytor.
- nedbrytning av ballasten.

Vid förekomst av roto-gräs som t.ex. åkerfräken kommer inväxningen i den renade ballasten från omgivande ytor att gå snabbt. Normalt genomförs ballastrening vid spårbyte som vanligtvis utförs med ca 30 års intervall⁵⁷. Kostnaderna för ballastrening är omkring 400 kr/spårmeter⁵⁸.

Miljöeffekterna i form av energiförbrukning och emissioner från en ballastrening är beroende av både ballastreningsmaskinen och det transportarbete som tillförsel av ny

⁵⁶ Geoteknisk projektering, 1994

⁵⁷ Hansson *et al*, 1995

⁵⁸ UIC, 2003

ballast medför. Det blir inga utsläpp till mark och vatten men utsläpp till luft finns i form av dieselavgaser.

Viss risk för störning av den omgivande miljön finns, men olika bullerdämpande åtgärder kan göras för att minska eventuella problem.

Vid tömning av uppsuget material kan det virvla upp damm. Dammets är ohälsosamt för föraren och kan i värsta fall ge upphov till silikos om det innehåller kvartsdamm⁵⁹. Nivågränsvärdet för totaldamm är 10 mg/m³, 0,1 mg/m³ för kvartsdamm⁶⁰. De avgaser som kan vara skadliga kommer från maskinernas dieseldrivna motorer.

Manuell ogrärensning

Manuell ogrärensning används regelbundet av flertalet länder. Främst är det länder med billig arbetskraft som använder sig av metoden och det är huvudsakligen ballastytan som rensas manuellt. Enligt UIC rapporten varierar ytan man klarar att rensa mellan 9 och 30 m²/timme.

Manuell ogräsbekämpning med handhackning utfördes under maj månad 1994 på bansträckan Söderhamn-Kilafors av Sundsvalls bandistrikt. Handhackningen gjordes på en yta av 100 x 3 meter. Tiden för att ta bort ogräset på ytan var 32 timmar. Kostnaden per kvadratmeter blev ca 20 kr/m² ⁶¹.

Borstning

Borstning med penselborste (*Figur 5*) tar bort de ovanjordiska delarna av växten och en del av rotsystemet. Metoden har liten effekt på väletablerade rotogräs. Sopning (med roterande vals) förhindrar ogräsets etablering på hårdgjorda ytor genom att ta bort frön och organiskt material. Den bästa ogräseffekten fås om materialet i borsten är av stål⁶². De vanligaste penselborstarna och sopvalsarna av plastmaterial kan inte slita upp väletablerat ogräs. Trycket mot ytan ska inte vara för hårt, och rotationshastigheten inte så snabb att ogräset skärs av, det skall slitas upp. Den bästa effekten av behandlingen

⁵⁹ http://www.av.se/webbshop/pdfroot/adi_244.pdf, 041027

⁶⁰ Arbetarskyddsstyrelsen, 1993

⁶¹ Banverket, 1994

⁶² Svensson, 1991

uppnås då marken är fuktig. Då får man med sig den största delen av rotsystemet⁶³. Ogräsborstning är därför en relativt sett bra metod för bekämpning av större ogräs på "missköta" ytor.



Figur 5. Borstning

Det är endast i Schweiz⁶⁴ förutom i Sverige som det utförts försök med borstning. Försök från Schweiz visar att det finns en potential då det gäller borstning med aggregatet Camulino^{65 66}. Man tror på metoden som alternativ till herbicider. Drifhastigheten ligger på 100 m per timme.

⁶³ Svenska kommunförbundet, 1990

⁶⁴ UIC, 2003

⁶⁵ http://www.mueller-gleisbau.ch/boeschung_i2.html, 041115

Vid ogräsborstning på grusballast kommer gruset att förflyttas något. Det bör emellertid inte utgöra något problem. På makadamytor lär borstning inte fungera så bra eftersom stenarna troligen kommer att slungas iväg vid tillräckligt aggressiv bearbetning. Det är önskvärt att ogräs som tagits upp flyttas ur spåret för att inte bilda förmultningsrester. Det är dock osäkert om fördelarna med att ta bort ogräset överskrider kostnaderna för insatsen. Diesel används idag som bränsle för redskapsbärare men alternativa bränslen är möjliga.

Försök på sand- och grusbanvall som genomförts vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik⁶⁷ visade att penselborste effektivt kunde bekämpa större och mer väletablerade ogräs medan valsborste endast hade effekt på de minska ogräsen.

Skall man lyckas med ogräsborstning är det viktigt att börja behandlingen i tid när ogräsen börjar växa, i södra Sverige i maj, och i de norra delarna i början av juni. På hårdgjorda ytor som kantstensfogar krävs det 3-4 behandlingar per år för att få ett tillfredsställande resultat.

Den påverkan som kan ske är mekanisk om ledningarna till el- och signalsystemet ligger för ytligt. Borstaggregatet kan medföra ett visst slitage på rälen i dess kontakt med ballasten. Detta gäller även slipers men slitaget bedöms inte vara av besvärande omfattning.

Anskaffningskostnaden beräknas vara ca 400 000 kr för en ogräsborste med 4 meters arbetsbredd. Driftkostnaderna beräknas vara ca 300 kr/timme för borstaggregatet, och 97 kr/timme för diesel.

Borstmaterialet slits ned kraftigt vid ogräsbekämpningen. Miljöproblem kan då uppstå mycket beroende på materialet i borsten⁶⁸. Eventuellt kan hydraulolja läcka från maskinen men det finns vegetabiliska alternativ. Avgaser bildas vid användning av diesel för drivningen av borstmaskinen. Utsläppen är proportionella mot energiförbrukningen i de fall diesel används. Eventuellt kan skada på elektriska ledningar leda till brand och explosion.

⁶⁶ Huisman, 2004

⁶⁷ Hansson, 1996

⁶⁸ Hansson *et al*, 1995

Bullernivån är mycket beroende av redskapsbärare. Riktvärden från byggarbetsplatser kan jämföras med de riktvärden som gäller för buller som uppkommer vid ogräsbekämpning. Det finns goda möjligheter att åtgärda en dålig arbetsmiljö.

Hörselskydd skall användas om ljudnivån överstiger 85 dB⁶⁹.

Vid ogräsbekämpning på upptorkade ytor rivs damm upp om inte vatten tillförs. Damm är ohälsosamt för föraren och kan i värsta fall ge upphov till silikos om det innehåller kvartsdamm. Operatören bör därför ha en förarkarbin med övertryck och filterad inloppsluft. De avgaser som kan vara skadliga från ogräsborstning kommer från ogräsborstens dieseldrivna motor. Då det gäller arbetsmiljö och ergonomi är denna beroende av redskapsbärarens egenskaper. Det kan eventuellt uppstå problem med t.ex. vibrationer, men de kan klaras med rätt utformad redskapsbärare.

Sammanfattning mekanisk bekämpning

- Ballastrening och byte av ballast används frekvent runt om i världen.
- Manuell ogrärensning av ballastytan tillämpas fortfarande i stor utsträckning i länder med billig arbetskraft.
- Mekanisk bekämpning och borstning används idag inte i någon större utsträckning.
- Ballastrening eller byte av ballast är en underhållsinsats som effektivt förhindrar ogräsfrön från att gro i ballastens ytskikt, om ballasten är grov.
- Det saknas undersökningar som visar vilken varaktighet ballastrening uppnår ur ogrässynpunkt. Denna kunskap är nödvändig för att beräkna lönsamheten hos denna typ av investering i jämförelsen med ett antal årligen återkommande bekämpningsinsatser.
- Varaktigheten är beroende av beskaffenheten hos det material som återförs, samt hur snabbt mängden finmaterial ökar.

⁶⁹ Arbetsmiljöverket. Odaterad.

Kemisk bekämpning

I dagsläget utförs kemisk ogräsbekämpning varje år på 25-30 % av det statliga järnvägsnätet. Bekämpningen på banvallar utförs huvudsakligen med hjälp av ett specialbyggt spruttåg medan man på bangårdar och stationsområden använder sig av avstrykningsmetoden⁷⁰. Det finns från och med 2004 endast ett godkänt preparat som Banverket får använda sig av nämligen Roundup Bio⁷¹. I detta avsnitt behandlas de kemiska appliceringsmetoderna ryggsspruta, spruttåg, väg/rälsgående sprutfordon, weed-eye samt avstrykning.

Ryggsspruta – herbicider

Det är möjligt att utföra kemisk bekämpning med hjälp av ryggsspruta. Kapaciteten är runt 5 km/timme eller 150-4750 m²/timme⁷². Bekämpning med ryggsspruta används i Schweiz över hela järnvägsnätet⁷³.

Spruttåg

Sedan våren 2001 använder sig Banverket av ett specialbyggt spruttåg för applicering av kemiska bekämpningsmedel. Besprutningstågets arbetshastighet är 25 km/tim.

Väg/rälsgående sprutfordon

I Tyskland och Danmark har man under lång tid använt sig av rälsgående sprutfordon som idag klarar att hålla en hastighet av 20 km/h. Sprutfordon har även testats i andra länder, som Belgien, Frankrike, Japan och Australien.

Weed eye – selektiv sprutning med spruttåg

Selektiv sprutning sker med hjälp av kamerautrustning och bildhantering – Weed-Eye. En kamera läser av var ogräsen finns och applicerar preparatet där. Danmark, Tyskland och Ungern använder sig av metoden⁷⁴. Denna metod leder till en minskning av

⁷⁰ Banverkets Miljörapport 2003

⁷¹ http://www.banverket.se/templates/StandardTtH_2071.asp, 041029

⁷² UIC, 2003

⁷³ Mark Huisman, pers. med. 041202

⁷⁴ UIC, 2003

preparatanvändningen eftersom man inte sprutar där det inte behövs. Danska försök⁷⁵ har visat att Weed-Eye kan återfinna små plantor i hastigheter upp till 45 km/h.

Avstrykning

Avstrykning används i dagsläget på stationsgårdar, bangårdar och andra känsliga områden. Bekämpningsmedlet stryks av direkt på ogräset och man kan på detta sätt minska mängden preparat som används samtidigt som vindavdriften är minimal. Den avstrykningsutrustning som används är begränsad till 5 km/tim⁷⁶. Australien har på försök använt avstrykning i kombination med att slå vegetation⁷⁷.

Sammanfattning kemisk bekämpning

- Tidigare använda långtidsverkande kemiska bekämpningsmedel resulterade i låga bekämpningskostnader framförallt genom att man kunde arbeta med långa intervaller mellan behandlingarna.
- Den herbicid, Roundup Bio, som idag kan användas utanför restriktionsytorna har en begränsad varaktighet.
- Kemisk bekämpning är fortfarande effektivare och billigare än alternativa metoder. Man kan dock tänka sig en kombination av olika metoder. I vissa fall kan det vara lämpligt att göra en inledande kemisk bekämpning för att därefter övergå till icke-kemiska metoder. Om det är så att kemisk bekämpning på järnvägsbankerna aktualiseras så finns kunskap att hämta från jämförande studier i kraftledningsgator⁷⁸.

⁷⁵ Christensen och Heisel, 1998 samt Seierø och Christensen, 2000

⁷⁶ http://www.banverket.se/templates/Pressmeddelande_6023.asp, 041102

⁷⁷ UIC, 2003

⁷⁸ Huisman, 2001

Termisk/elektrisk bekämpning

I detta avsnitt behandlas de termiska metoderna flamning, infraröd strålning, ångning, hetvatten, hetluft, frysning, hett skum och UV-ljus samt de termiska metoderna elektrisk direktkontakt och laser.

Flamning

Flamning har testats i Sverige, Tyskland, Schweiz och Danmark. Gasol (propangas) är i dag den vanligaste drivkällan till flamning.

Det finns aggregat för hårdgjorda ytor som under optimala förhållanden kan bekämpa vid 4 till 5 km/timme⁷⁹. Försök har visat att fartvind och turbulens ställer till problem vid flamning i hastigheter över 6 km/timme⁸⁰. I Tyskland fanns ett flambekämpningståg (*Figur 6*) som kunde bekämpa i 2.5-3 km/timme. Man lade dock ned försöken eftersom man fick stora problem med bränder



Figur 6. Det tyska flambekämpningståget, ett numera avslutat kapitel.

⁷⁹ David Hansson, pers. med. 041202

⁸⁰ Ascard, 1995

Vid upphettning kan cellmembranen förstöras på två olika sätt. Om växten under en viss tid utsätts för temperaturer mellan 50°C och 60°C denatureras membran-proteinerna. Vid det andra sättet, som sker vid flamning, sker en mycket snabb temperaturstegring upp till 100°C. Detta leder till en snabb tryckstegring i cellen och cellmembranen sprängs⁸¹. Enskilda växter reagerar olika på samma värmebehandling beroende på art, ålder och storlek. Faktorer som har betydelse för värmeteroleransen är skillnader i förvedning, behåring, vävnadstjocklek, vatten och näringsinnehåll. Beståndets täthet och väderlek har också stor betydelse för vilken värmedos som behövs. Generellt gäller att:

- små ogräsplantor är känsliga än större. Ogräsen bör aldrig vara mer än högst 3 - 5 cm vid behandling⁸².
- tvåhjärtbladiga ogräs är p.g.a. sämre förmåga till återväxt känsligare än enhjärtbladiga (gräs).
- arter med skyddade tillväxtpunkter och/eller kraftigt rotsystem skjuter lätt nya blad efter behandling. De behöver därför flera upprepade behandlingar för att få ett mer varaktigt resultat.
- Flamning ger ingen effekt på ogräsfrön i jorden.

För att uppnå ett bra resultat av flamningen är det viktigt att markytan är så jämn som möjligt. Ojämnheter i markytan gör att flamman i sin utbredning över marken blir turbulent och reflekteras uppåt⁸³.

Resultatet av flambekämpning påverkas av väderförhållanden. Flamning är mest effektiv vid varm, torr och vindstilla väderlek. Brännare med effektiv avskärmning kan även arbeta i blåst. Om ogräset är vått av regn eller dagg åtgår det betydligt mer värme för att nå samma effekt som på torra ogräs. Det innebär att körhastigheten måste sänkas⁸⁴.

⁸¹ Parish, 1990

⁸² Ascard, 1988 samt Svenska kommunförbundet, 1990

⁸³ Ascard, 1995

⁸⁴ Svenska kommunförbundet, 1990

Det dränerande materialet i ballasten förorenas något av de växter som har flambekämpats om de ej tas bort efter behandlingen. Denna mängd förorenande organiskt material är dock mycket liten i jämförelse med det som erhålls om ytan ej ogräsbekämpas.

Enligt danska erfarenheter kan ledningar och träslipers skadas av värmen vid flambekämpning. Temperaturen i rälen kan bli ca 90°C vid flambekämpning⁸⁵. Skarvar i rälen med epoxyharts är känsliga för höga temperaturer⁸⁶. Pandrol isolation är av härdad plast mellan räl och slipers och den är relativt toleranta mot värme⁸⁷. På vissa typer av järnvägsspår skulle ogräsbekämpning med öppen låga ej kunna tillämpas på grund av att komponenter i spåret⁸⁸.

Om ytan är stark ogräsbemängd behöver den på våren behandlas med en veckas mellanrum⁸⁹. Resten av året behandlas ytan varannan till var tredje vecka. Svenska undersökningar visar att det för grusytor behövs minst 7 behandlingar per år för lägsta godtagbara skötselstandard⁹⁰. Lägsta godtagbara skötselstandard är ett flytande begrepp. Jämförelse med grusytor i parkmiljö är svåra att göra p.g.a. estetiska aspekter.

Behandlingarna kan med fördel göras med täta intervaller på våren och på försommaren för att senare under sommaren göras mer sällan om återväxten är liten. På hösten behövs ytterligare behandlingar för att hindra fleråriga ogräs att samla kraft för övervintring⁹¹.

Termisk ogräsbekämpning kan påverka markens flora av mikroorganismer och smådjur, exempelvis olika insekter. När det gäller ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor bedöms påverkan som sker på marken vara mycket liten eftersom dessa ytor kan betraktas som

⁸⁵ Blickpunkt Bahn, 1992

⁸⁶ Hansson *et al*, 1995

⁸⁷ Hansson *et al*, 1995

⁸⁸ Torstensson och Lindholm, 1988

⁸⁹ Vester och Rasmusen, 1988

⁹⁰ Nyström & Svensson, 1988

⁹¹ Ascard, 1995

nästan sterila⁹². Vid normal flamning hinner inte värmen tränga ner mer än några millimeter⁹³, det leder till att mikrolivet endast kan påverkas i den allra översta delen av jordprofilen.

Det sker inga utsläpp till vatten vid bekämpning med gasol. När det gäller utsläpp till luft från produktion-, transport- och användning av flamning, antas dessa vara små i förhållande till andra förekommande luftföroreningar. Vid framställning av gasol används råolja som bränsle och koldioxid bildas. Gasol innehåller inga giftiga beståndsdelar och vid fullständig förbränning bildas endast koldioxid och vatten. Risker finns givetvis för brand och brännskador. Oskyddade metallytor och slangbrott kan förorsaka utsläpp av större mängder flytande eller gasformigt bränsle⁹⁴. All hantering av gasol är dessutom förenad med explosionrisk, och vid en olycka kan personer och föremål i närheten skadas. På grund av att CO₂ är tyngre än luft finns det under mycket ogynnsamma förhållanden en viss kvävningsrisk.

Ångning

Vid ångning används mättad vattenånga för att leda värme till plantorna. Metoden har testats av Banverket samt i Canada, Tyskland och Schweiz och Danmark, Canada är de som har längst erfarenhet av ångning⁹⁵.

Det Kanadensiska järnvägsföretaget CD Rail har tåg för ångning som hyrts ut till Alaska Railroad Corporation. Företaget Elektrothemit i Österrike har också gjort försök med vattenånga för ogräsbekämpning på banvallar. Ångaggregaten drivs med diesel men alternativa energikällor borde vara möjliga. Vid bekämpningen använde Alaska Railroad Corporation sig av 200°C vattenånga⁹⁶ medan Österrikiska använder 100-110°C ånga vid 1 bar⁹⁷.

⁹² Larsson, 1993

⁹³ Ascard, 1995

⁹⁴ Bohgard *et al*, 1988

⁹⁵ UIC, 2003

⁹⁶ Matthew Kelzenberg, pers. med. 041129

⁹⁷ UIC, 2003

Inträngningsförmågan med vattenånga är mycket dålig i täta bestånd⁹⁸. Vattenångan avkyls dessutom mycket snabbare än större vattendroppar, vilket leder till att mycket energi går förlorad. Effekten är inte tillfredställande på djuprotade plantor och upprepade behandlingar under lång tid leder till förändring i artsammansättningen mot växter med lägre tillväxtpunkter, främst gräs⁹⁹. Enligt resultat behövs allt från två behandlingar per år (Schweiz) upp till fem behandlingar per säsong (Alaska Railroad).

Ogräsbekämpningsförsök av olika slag har genomförts vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik¹⁰⁰. Resultaten visar att för att inte körhastigheten ska bli alltför låg bör temperaturen vara minst 85°C gärna högre. På ytor som är starkt ogräsbemängda är det troligen bäst att utnyttja hela utrustningens effekt och inte begränsa ångflödet med en termostat. I en jämförelse av flera års försök har det visat sig att bekämpning med ånga har lika eller något lägre energiförbrukning än flamning med täckt flamma. Jämfört med bekämpning med hetvatten har ångning flera gånger lägre energiförbrukning¹⁰¹.

Den enda form av utsläpp som sker vid ångning för ogräsbekämpning är dieselavgaser. Termisk ogräsbekämpning med vattenånga är ett intressant alternativ till flamning, då brandfaran här är eliminerad. Bullernivån är mycket beroende av redskapsbärare. De avgaser som kan vara skadliga från ångningen kommer från de dieseldrivna aggregaten. Då det gäller arbetsmiljö och ergonomi är denna beroende av redskapsbärarens egenskaper och bör kunna undvikas. Det finns risk för brännskador av den heta vattenångan men operatören kommer inte att utsättas för någon större mängd värmestrålning, om han sitter i en rätt utformad förarkabin.

Hetvatten

Hetvattentekniken bygger på att vatten används för att överföra värme till växterna vilkas kutikula och vaxlager skadas med uttorkning som följd. I försök i fruktodlingar har det visat sig att hetvattenmetoden har potential att utvecklas till en fungerande

⁹⁸ Svensson, 1986

⁹⁹ Ascard, 1995

¹⁰⁰ Hansson, 1999

¹⁰¹ Hansson, 1999

metod för att bekämpa örtogräs i så hög hastighet som 6 km/h och med 2-3 behandlingar per säsong¹⁰².

Vatten upphettas med hjälp av diesel. Det är möjligt att förvärma vattnet i stora värmeisolerande tankvagnar med elektrisk ström, för att minska på utsläppen av dieselavgaser¹⁰³. Det går att bygga hetvattenaggregat, som vid en hastighet på ca 3 km/h kan bekämpa ogräs på banvallar. Ett hetvattenaggregat (*Figur 7*) för ogräsbekämpning har testats på banvallar och kan leverera ca 340 l hetvatten/minut¹⁰⁴. Det behövs inget högt tryck vid hetvattenbehandling.



Figur 7. Hetvattenaggregat från Aquabeat.

För att få en bra ogräseffekt, behandlas växterna med så varmt vatten som möjligt. Det är ur energisynpunkt fördelaktigt att höja temperaturen till ungefär 130°C under tryck¹⁰⁵. Vid behandling av ogräs med hetvatten skadas växternas kutikula och vaxlager

¹⁰² Kurfess och Kleisinger, 2000 samt Kurfess *et al*, 1999

¹⁰³ Hansson *et al*, 1995

¹⁰⁴ Hansson *et al*, 1995

¹⁰⁵ Hansson, 2002

vilket leder till att växterna torkar ihjäl inom 24-48 timmar¹⁰⁶. Det krävs mindre energi om ogräsen behandlas i ett tidigt stadium. Det leder till att vid ogräsbekämpning av små plantor kommer det att gå åt mindre mängd vatten, alternativt går det att använda lägre temperaturer i vattnet, eller så kan körhastigheten ökas¹⁰⁷.

Ballasten påverkas ej av hetvattenbehandlingen om vattnet sprutas ut under lågt tryck. Behandling vid högt vattentryck kan leda till erosion av framför allt grus. Om de växter som har hetvattenbekämpats ej tas bort efter behandlingen, kommer det att ske en viss förorening av ballasten vilket på sikt kan leda till tjälskador.

Antalet behandlingar som krävs per vegetationsperiod är troligen samma för alla termiska metoder om tillräckliga energimängder används då man härigenom endast dödar de ovanjordiska växtdelarna.

Vid uppvärmning av vattnen åtgår det diesel, som i sig själv kan utgöra risk för brand eller explosion. Den största bullerkällan är de dieseldrivna uppvärmningsaggregaten. Det är även dessa som står för avgaserna. Operatören kommer inte att utsättas för någon större mängd värmestrålning, om han sitter i en rätt utformad förarkabin.

Energimässigt kan bekämpning med hetvatten konkurrera med flamning¹⁰⁸. Att brandfaran är eliminerad gör metoden än mer intressant. Hetvatten som bekämpningsmetod har potential att förbättras. Försök har visat att metoden blir effektivare om större droppar används eftersom avkylningseffekten då blir mindre. Man kan dessutom effektivisera metoden ytterligare genom rätt val av kåpa. Ju mer energi som behöver tillföras desto längre bör kåpan vara¹⁰⁹.

Frysning

Frysning ses i UICs rapport inte som någon bekämpningsmetod att satsa på. Den är väldigt energikrävande och har i försök inte gett övertygande resultat.

¹⁰⁶ Hansson, 2002

¹⁰⁷ Hansson, 2002

¹⁰⁸ Hansson, 2002

¹⁰⁹ Hansson, 2002

Vid frysning av ogräs kan flytande kväve (-196°C) och kolsyresnö (-78°C) användas som frysmedia¹¹⁰. Vid tillverkning av de båda frysmedierna används elektricitet. De synliga skadorna på växter vid frysning och flamning finns på växternas ovanjordiska delar och är relativt lika varandra. Frysning skadar främst växtens nedre delar, medan flamning skadar hela växten¹¹¹. Effekten är större på plantor i hjärtbladstadiet än på äldre plantor. Frysning är jämförbar med flamning på ogräs med skyddad tillväxtpunkt, som gräs, åkervinda och småplantor av örtogräs. Däremot fungerar frysning sämre på högre ogräs¹¹².

Ogräsbekämpningsförsök har gjorts av ogräsavdelningen vid Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala på banvall med flytande kväve¹¹³. Där kunde en omedelbar effekt ses på fleråriga örter, men efter en tid sköt de nya skott. Gräset påverkades inte omedelbart, men vissnade senare. Den vedartade vegetationen påverkades mycket lite av behandlingen. Vegetationen påverkades mycket mer av behandlingen mellan rälen än utanför, beroende på att det flytande kvävet låg längre kvar mellan rälen än utanför, där det rann av¹¹⁴. Ogräsbekämpning med frysning har ingen känd påverkan på ballast, bana, el eller signal.

Det finns två sätt som frysning kan döda en växt, extracellulär och intracellulär frysning. Extracellulär frysning innebär att is bildas mellan cellerna. Isbildningen börjar från vattenfilmer eller vattendroppar på cellens yta. Vatten från cellen diffunderar ut och kondenserar på den växande iskristallen. Ju kallare det är desto mer vatten dras ur cellerna till iskristallerna i mellanrummet mellan cellerna. Vid låga temperaturer kan så mycket vatten dras ur cellerna att de dör¹¹⁵.

¹¹⁰ Fergedal, 1993

¹¹¹ Fergedal, 1993

¹¹² Larsson, 1993

¹¹³ Hansson *et al*, 1995

¹¹⁴ Westberg, 1981

¹¹⁵ Fergedal, 1993

Jämfört med flamning går det åt ca tre gånger så mycket energi vid frysning med flytande kväve och ca sex gånger så mycket energi vid frysning med kolsyresnö, för att reducera antalet ogräs med 90 %¹¹⁶.

Kväve kan orsaka kvävning. Vid höga koncentrationer kväve i luften reagerar kroppen med kvävningssymptom i form av andnöd, försämrade reaktionsförmåga och muskelkoordination. Allvarligare fall kan leda till medvetslöshet och död. Det flytande kvävet innehåller dock inga giftiga ämnen. Koldioxid är inte heller giftig, men verkar bedövande i höga halter¹¹⁷. Det finns ingen risk för explosion vid hantering av gastuber med flytande kväve¹¹⁸. Kväve i vätskeform eller som kall gas kan dock ge svåra frysskador på ögon och hud. Den utrustning som används vid frysning av ogräs blir mycket kall, man får därför inte heller beröra denna utan skyddshandskar. Om kolsyresnö eller flytande koldioxid kommer i kontakt med huden uppstår frostsador¹¹⁹.

Elektrisk direktkontakt

Att bekämpa ogräs med hjälp av elektricitet har testats under två år i Schweiz men man har övergett metoden främst på grund av säkerhetsaspekter men även på grund av dålig effekt.

Vid direktkontaktmetoden (*Figur 8*) skadas ogräsplantorna genom att en strömförande elektrod kommer i kontakt med dem. Körhastigheten begränsas av att plantorna måste hinna få ordentlig kontakt med elektroden för att ström skall kunna ledas genom plantan ner i jord. Vid körning med försöksutrustningar i jordbruket användes en körhastighet på 5 km/h ¹²⁰. Elektroden var 6m bred, utrustningen gav en spänning på 15 kV och hade en effekt på 60 kW. En tumregel är att ju fler och större ogräsplantorna är, desto högre effekt krävs, och ju högre plantorna blir desto högre spänning krävs. Utrustningens generator drivs med diesel. Det är förmodligen inte möjligt att använda

¹¹⁶ Hansson *et al*, 1995

¹¹⁷ Fergedal, 1993

¹¹⁸ Hansson *et al*, 1995

¹¹⁹ Hansson *et al*, 1995

¹²⁰ Diprose *et al*, 1984

kontaktledningen som strömkälla, då det är svårt att göra anslutningar på ett säkert sätt¹²¹.

Vid behandling med direktkontaktmetoden förstörs cellstrukturen i plantan genom att vävnaden värms upp hastigt, och vätskan i cellerna förångas så att cellmembranen skadas¹²². Mikrovågsmetoden ger motsvarande uppvärmning och effekt på plantorna.



Figur 8. Ogräsbekämpning med direktkontaktmetoden.

Med direktkontaktmetoden är effekten bättre på örtartade än på vedartade plantor. Mängden ogräsplantor som skall behandlas har betydelse för energiförbrukning och om ogräsbeståndet är tätt kan man få dålig ogräseffekt om inte körhastigheten minskas tillräckligt. Det är troligt att antalet behandlingar som krävs per år är jämförbart med andra termiska ogräsbekämpningsmetoder.

Mikrovågsvärmning sker genom att de elektromagnetiska vågorna dämpas så att energin omvandlas till värme. Värmningen sker inuti det material som dämpar vågorna.

¹²¹ Hansson *et al*, 1995

¹²² Diprose och Mattsson, 1994

Mikrovågor inom det aktuella frekvensområdet har begränsad inträngningsförmåga, så det blir i praktiken bara ovanjordiska växtdelar som påverkas¹²³.

Elektrotermisk bekämpning kan utformas så att det inte påverkar banan men ballasten kommer att påverkas indirekt genom att vegetationen vissnar och bildar humus. Det är oklart om elektrotermiska bekämpningsmetoder kan komma att påverka signalsystem. Det är möjligt att ström skulle kunna ledas till rälen vid användning av direktkontaktmetoden.

Det finns inga uppgifter om utvecklingskostnader i absoluta tal. Energiförbrukningen vid direktbekämpningsmetoden är direkt beroende av mängden vegetation. Enligt Mätzler (1993) är energiförbrukningen vid direktbekämpningsmetoden relativt låg medan energiförbrukningen är hög för mikrovågbekämpning.

Det sker inga utsläpp till mark och vatten vid normal drift av redskapsbärare med diesel, däremot avgaser till luft. Buller från de dieseldrivna generatorerna föreligger liksom brandrisk kan då det är torrt i markerna. Vid användning av direktkontaktmetoden finns risk för att man kan komma i beröring med strömförande delar av utrustningen. Strömmen måste stängas av automatiskt då fordonet står stilla och strömförande delar förses med beröringsskydd. Vid användning av mikrovågsmetoden måste höga krav ställas på att utrustningen kapslas in väl. Annars föreligger risk för strålningsskador.

UV-ljus

Enligt UIC's projektarbete är det inga länder förutom Sverige som arbetat med UV-ljus som bekämpningsstrategi. Metoden bedöms inte vara något att satsa på. Det föreligger stora risker då man arbetat med UV-ljus och det krävs således stora säkerhetsarrangemang för att metoden ska kunna användas praktiskt.

Andreasen *et al* (1999) har studerat UV-ljus som bekämpningsmetod och funnit att tekniken behöver utvecklas ytterligare för att bli mer praktiskt tillämpbar. Befintliga studier har inte kunnat klarlägga om UV-ljus har potential som ett alternativ till

¹²³ Hansson *et al*, 1995

flamning. UV-ljus har en intressant potential men bedöms kräva en stor forskningsinsats och en stor teknisk utveckling för att bli praktiskt tillämpbar¹²⁴.

Diesel kan användas för att driva lamporna¹²⁵ som alstrar UV-C ljus som har en våglängd på under 280 nm. Om anslutningarna till kontaktledningarna kan göras säkra, kan energin till bekämpning med UV-ljus tas ifrån kontaktledningarna på de elektrifierade banvallarna.

Teoretisk är det möjligt att bekämpa vid relativt hög hastighet. Det finns idag ingen färdig utrustning för ogräsbekämpning på banvallar. Det finns ett danskt patent på UV-ljus för ogräsbekämpning. En gasurladdningslampa som beskrivs under patentnummer 167992¹²⁶. Metoden har föreslagits för användning på banvallar och ska, enligt utvecklarna, kunna bekämpa ogräs i hastigheter upp till 100 km/timme¹²⁷. Systemet ska drivas av ett dielsedrivet tåg och strömförbrukningen uppskattas till omkring 2000 kW.

Storbladiga växter är känsligare för UV-ljus än gräs. Växter i ett tidigt utvecklingsstadium är känsligare än äldre. Då ogräset utsätts för höga doser av UV-ljus vissnar det redan efter två dagar. En större del av UV-ljuset absorberas av växten och omvandlas till värme, jämfört med infrarött och synligt ljus. Ogräsbekämpning med UV-ljus kan därför räknas till de termiska ogräsbekämpningsmetoderna. Måttligt förhöjda mängder av UV-B leder till en ökning av halten flavonoider i växten. Pigmentet har samma skyddande förmåga mot UV-ljus som melanin har i huden på människor¹²⁸.

UV-strålning har ingen effekt på ballasten och banan men kan bryta ned olika typer av plaster som finns i el- och signalsystemet.

Antalet behandlingar som krävs med UV-strålning kan bli fler, jämfört med andra termiska metoder, om det är ett kraftigt ogräsbestånd som behandlas på grund av dålig inträngning i beståndet. UV-ljusets höga absorptions, låga transmittans och reflexions-

¹²⁴ Fogelberg och Blom, 2001

¹²⁵ Hansson *et al*, 1995

¹²⁶ Utdrag ur dansk Patentskrift

¹²⁷ Swiatecki, 1996

¹²⁸ Staxén, 1994

förmåga i växten, leder till att endast de delar av växten som direkt träffas av strålningen som värms upp.

På grund av att det saknas praktiska försök är det osäkert att säga hur stora driftskostnaderna kommer att bli. För att få tillräcklig ogräseffekt och bekämpningshastighet antas det, att det behövs en intensitet på 25kW/m^2 ¹²⁹ UV-ljus per kvadratmeter.

Ozon (O_3) är ett starkt oxidationsmedel, som kan ge upphov till reaktiva radikaler. Ozon kan med vatten bilda små mängder av väteperoxid. Vid exponering av ozon uppkommer försämrad lungfunktion, subjektiva besvär i form av hosta, bröstsmärta, andnöd och huvudvärk. Ozon bildas av syre, om det bestrålas med 185-210nm UV-C-ljus¹³⁰. Om UV-ljus som har en längre våglängd än 210 nm används går det att eliminera risken för att det bildas ozon. Dåligt avskärmat utrustning kan ge upphov till för höga mängder UV-ljus i arbetsmiljön. Nivågränsvärdet för ozon är 0.2 mg/m^3 (0.1 ppm), takgränsvärdet 0.6 mg/m^3 (0.3 ppm)¹³¹. Man har kunnat konstatera effekter av för hög exponering av ultraviolett strålning på hud och ögon hos människor. Ur arbetsmiljösynpunkt kommer det att ställas mycket höga krav på skyddsanordningar vid praktiskt arbete med UV-strålning.

Hett skum

Denna metod är endast på experimentstadiet och kan i dagsläget inte ses som en alternativ vegetationsbekämpningsmetod på banvallar¹³². Metoden är testad vid Hohenheim University vid försök på flygplatsen i Bremen¹³³ och känd ibland annat Australien, USA, England och Frankrike¹³⁴.

¹²⁹ Swiatecki, 1997

¹³⁰ Arbetsmiljöinstitutet, 1987

¹³¹ Arbetarskyddsstyrelsen, 2000

¹³² UIC, 2003

¹³³ www.uni-hohenheim.de/i3ve/00217110/02662041.htm, www.uni-hohenheim.de/i3ve/00217110/01544041.htm, 041128

¹³⁴ Berg Nielsen, 2004

Företaget Waipuna¹³⁵ från Nya Zeeland har utvecklat ett patenterat system för ogräsbekämpning med hett skum. Skummet åstadkommes genom att vatten blandas med 0,4 % socker. Blandningen värms, med hjälp av diesel, till 95°C i stora tankar¹³⁶. Till tanken kopplas en lång slang som avslutas med ett munstycke. Samtidigt som vätskan leds ut genom slangen blandas den med luft och ett skum bildas. Detta skum appliceras i ett lager på 5-10 cm. Skummet ligger kvar under fem minuter och efter denna tid syns inga spår av behandlingen förrän efter ett par dagar då vegetationen dör. En studie som utfördes i Danmark¹³⁷ visar att en normal behandling med hett skum kräver energi motsvarande fem behandlingar med flamning. Metoden är energikrävande men effektiv. Man drog nämligen slutsatsen att det var tveksamt om man med fem flambehandlingar skulle kunna komma upp i samma bekämpningseffekt som efter en behandling med hett skum. Erfarenheter visar att det normalt behövs tre till fyra behandlingar första året och två till tre behandlingar följande år¹³⁸ vilket är färre än vid övriga icke kemiska metoder.

Laser

Vegetationsbekämpning med hjälp av laser befinner sig i dagsläget på ett teoretiskt experimentstadium. Tyskland och Schweiz har testat metoden i småskaliga försök. Metoden är kostsam, extremt långsam, oerhört energikrävande¹³⁹ och det föreligger problem ur säkerhetssynpunkt¹⁴⁰.

Heisel (2001) har studerat användning av laser för ogräskontroll i rader. Försöken har utförts i växthus. Resultaten visar att bekämpning med laser i radodlade grödor skulle kunna bli ett alternativ till andra icke kemiska metoder sett till energiåtgång. I dagsläget krävs dock ett stort utvecklingsarbete. Utrustningen som krävs är dessutom mycket kostsam. Liknande försök har utförts vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik¹⁴¹. Resultaten i dessa studier visade tydligt att lasertekniken inte är

¹³⁵ www.waipuna.com, 041125

¹³⁶ Kristoffersson, 2002

¹³⁷ Kristoffersson, 2002

¹³⁸ Berg Nielsen, 2004

¹³⁹ Ascard, 1995

¹⁴⁰ UIC, 2003

¹⁴¹ Fogelberg och Blom, 2001

intressant vare sig för ogräsbekämpning av kraftiga ogräs på banvall eller för bekämpning av små ogräs i radsådda grödor. Tekniken är för långsam, för känslig för stötar och vibrationer och ej lämplig av arbetssäkerhetsskäl.

I Danmark har laser har provats för bekämpning av ogräs på banvallar. Utrustningen har utvecklats av Banestyrelsen, Dansk Jorbruksforskning och Hardi International. Lasern kombinerades med det digitala kamerasystemet Weed-Eye¹⁴². Resultaten visar att det var möjligt att bekämpa ogräs med laser men vid hastigheter långt under det önskvärda. Banestyrelsen drog slutsatsen att lasertekniken inte var någon metod att gå vidare med.

Infraröd strålning

Inledningsvis bör man vara medveten om att flamning och behandling med infraröd strålning är relativt likartade metoder ¹⁴³ och att olika länder använder begreppen flamning och IR på olika sätt¹⁴⁴. Det vi kallar flamning kallar man på andra ställen bekämpning med IR. Då man flammar får man alltid en viss effekt av infraröd strålning från kåpan¹⁴⁵. Renodlad bekämpning med infraröd strålning är mera energikrävande än flamning¹⁴⁶ främst för att metoden arbetar vid lägre temperatur.

Att vegetationsbekämpa med infraröd strålning har man testat i Tyskland, men nu avslutat. Även i Schweiz har man haft försök med denna vegetationsbekämpningsmetod med maskiner under namnen ”Pussy Boy” och ”Thermflex” som är handhållna maskiner som fungerar endast för små ytor¹⁴⁷. Hastigheten vid bekämpningarna har varit så låg som 1-2 km/timme. Behandlingen har visat sig effektiv endast för plantor i tre- till fembladsstadiet och är inte alls effektiv mot fräken, djuprotade växter och andra typiska problemogräs. Metoden har bedömts ge för dålig effekt till ett för högt pris och den är dessutom inte acceptabel ur miljöhänsyn.

¹⁴² Winge, 1998

¹⁴³ UIC, 2003

¹⁴⁴ David Hansson, pers. med. 041202

¹⁴⁵ David Hansson, pers. med. 041202

¹⁴⁶ Ascard, 1995

¹⁴⁷ UIC, 2003

Hetluft

Vegetationsbekämpning med hetluft anses i dagsläget inte vara något att satsa på¹⁴⁸. Det är inga länder förutom Sverige som genomfört några studier rörande denna metod.

Under 1994 gjordes ett försök med hetluft för bekämpning av ogräs¹⁴⁹. Försöket utfördes av Turbomin AB i Bromma för Sundsvalls bandistrikt. Effekten på gasturbinen var 200 kW. "Eldröret" på utrustningen var monterat längs med banan. För att öka effekten av behandlingen hade en täckande plåthuv monterats ovanpå röret med ett antal plåtremсор hängande mot marken. Hetluften mättes i röret till 700 °C. Hastigheten var vid provet 0.6-0.7 km/h. Ogräseffekten från behandlingen var otillfredsställande.

Sammanfattning termiska/elektriska metoder

- Vid vegetationsbekämpning på banvallar är beröringsfria metoder som exempelvis termisk bekämpning att föredra.
- Termisk bekämpning genom flamning eller hetvatten är beröringsfria metoder. Den viktigaste skillnaden mellan metoderna är att det inte föreligger någon brandrisk vid bekämpning med hetvatten.
- Flamning med gasol är ren men energikrävande, det är möjligt att anpassa gasoldosen till ogräsens storlek och artsammansättning.
- Energiförbehovet vid flamning kan minskas och körhastigheten ökas med hjälp av utrustning med inkapslade brännare¹⁵⁰.
- Olika växter är olika känsliga och kräver olika hög dos för att uppnå acceptabelt bekämpningsresultat. Exempel på känsliga arter är svinmålla (*Chenopodium album*), etternässla (*Urtica urens*) och våtarv (*Stellaria media*) medan lomme (*Capsella bursapastoris*), gatkamomill (*Chamomilla suaveolens*) och vitgröe (*Poa annua*) är mer toleranta.
- Flamning fungerar bättre på en jämn grusyta än på makadamballast.

¹⁴⁸ David Hansson, pers. med. 041103 samt UIC, 2003

¹⁴⁹ Hansson *et al*, 1995

¹⁵⁰ Ascard, 1996

- Termiska metoder kan endast tillämpas med framgång om ogräsen är små, vilket resulterar i att det krävs ett stort antal behandlingstillfällen under en säsong.
- Ogräsbekämpning genom ångning och med hetvatten anses inte vara en praktiskt användbar metod på grund av en hög energiförbrukning.
- Frysning med kolsyresnö och flytande kväve har i försök visat sig vara energikrävande. Genom att utveckla tekniken kan man uppnå ett bättre energiutnyttjande, men metoden bedöms för tillfället inte vara praktiskt tillämpbar.
- Den elektrotermiska direktkontaktmetoden är möjlig att använda om risken för störningar på signalsystemet kan elimineras. Enbart stora ogräs kan behandlas med denna metod för att inte riskera att elektroderna kommer i kontakt med rälsen.
- Upphettnings med mikrovågor leder till energiförluster genom att även ballasten värms upp. Mikrovågstekniken medför också säkerhetsproblem.
- Kunskapen om UV-ljus, laser och hett skum för ogräsbekämpning är mycket begränsad. I dagsläget är metodernas praktiska tillämpbarhet långt ifrån utvecklad, så de kan vara praktisk användbara.

Slutord

Ogräsproblemen på banvallar och bangårdar är av varierande omfattning och karaktär beroende på lokala förutsättningar. Generellt kan man emellertid dela in ogräsproblemen i två huvudgrupper nämligen roto gräs som vuxit in i banvallen från omgivningen eller eventuellt funnits i underbyggnaden vid byggandet samt fröogräs vars frön har kunnat gro och etablera sig i ballastens ytskikt.

Rotogräs som åkerfräken har ett omfattande system med jordstammar som säkerställer försörjningen av de skott som växer på banvallen. Förlorade ovanjordiska växtdelar till följd av bekämpningsinsatser kan snabbt ersättas med nya. Teoretiskt kan dessa ogräs bekämpas genom ett kontinuerligt borttagande av de ovanjordiska fotosyntesaktiva delarna, så att näringsreserverna förbrukas. I praktiken är resultatet emellertid mycket osäkert. Detta innebär att roto gräsen är mycket svåra att åtgärda när de väl etablerat sig i banvallen. Dessa ogräs kan också komma tillbaka kort tid efter t.ex. en ballastrening, eftersom jordstammarna finns kvar under den renade ballasten.

För att ogräsfröna ska kunna gro och etablera sig krävs det framförallt att vattenförsörjningen kan garanteras. Grusballast utgör en relativt god grogrund för ogräsfrön genom finmaterialets vattenhållande förmåga. En makadamballast som är fri från mindre partiklar är däremot ogräsovänlig. Med tiden får man emellertid en nedsmutsning av ballasten som ökar förutsättningarna för frön att gro.

I vissa fall finns det anledning att ifrågasätta behovet av ogräsbekämpning. Det råder stor osäkerhet om i vilken utsträckning ogräsen påverkar banvallens egenskaper i en negativ riktning. För närvarande saknas ett underlag som gör det möjligt att minimera antalet bekämpningstillfällen utan att äventyra banvallens konstruktionsegenskaper. Förutom lägre kostnader är färre behandlingar även önskvärt för att minska miljöbelastning och störningarna i trafiken.

Gemensamt för de icke-kemiska metoderna är att behandlingens varaktighet är mycket begränsad. Detta beror framför allt på att det bara är de ovanjordiska växtdelarna som skadas. Beroende på ogräsart kommer återväxten igång mer eller mindre snabbt efter behandling. Mekanisk bekämpning av markens ytskikt som vid ogräsborstning medför att även vissa plantor rycks upp med rötterna eller att skyddade tillväxtpunkter i

markytan förstörs. Beröringsfria metoder som t.ex. flamning påverkar enbart de ovanjordiska delarna. Vid vegetationsbekämpning på banvallar är beröringsfria metoder att föredra, för att undvika förflyttning av makadam och skador på kablar. Exempel på sådana metoder är flamning, hetvatten, hetluft, frysning, elektrisk bekämpning och bekämpning med hjälp av UV-ljus och laser. Vid val av metod är det viktigt att klargöra ogräseffekten av de olika behandlingarna, hur effektivt energin utnyttjas vid användning av de olika metoderna, vilka problem som kan finnas i form av brandrisk, risk för skador på känsliga material etc.

Generellt anses de låga körhastigheterna vara ett stort problem för de icke-kemiska metoderna, eftersom man befärar besvärande störningar i trafiken. Om man koncentrerar sig till restriktionsytorna bör det emellertid vara möjligt att till viss del kompensera en låg bekämpningshastighet med en hög transporthastighet mellan bansträckningarna. Ett annat alternativ är att enkelt kunna köra utrustningen av från banan, för att släppa förbi ordinarie tågtrafik. Insatserna kan också minimeras genom en ökad behovsanpassning, eftersom ogräsförekomsten och därmed bekämpningsbehov varierar på banvallarna.

De olika ogräsbekämpningsmetoderna är olika känsliga för den väderlek som råder vid behandlingstillfället. Den metod som är minst beroende av vädret är borstning. Bäst ogräseffekt uppnås om marken är fuktig. Ogräsbekämpning med hetvatten är också en relativ väderokänslig metod. Den bästa effekten av flamning och hetluft uppnås vid torr och vindstilla väderlek. Det finns risk för elektriska överslag vid ogräsbekämpning med elektriska metoder under regn.

De flesta icke-kemiska metoderna har i dagsläget diesel som drivmedel. Alternativa energikällor är givetvis möjliga och man bör nog tänka mera på helheten då man utvecklar nya metoder. Dieselavgaser från maskiner består bl.a. av kolväten varav polyaromatiska kolväteföreningar (Poly Aromatic Hydrocarbons = PAH) har visat sig framkalla cancer och mutationer. Vid ofullständig förbränning bildas CO - kolmonoxid som är dödligt giftig i tillräcklig mängd. Övriga emissioner från dieselmotorer är aldehyder, alkylnitriler, NO₂, NO och CO₂. Rening av dieselavgaser är idag möjlig med bl.a. katalysatorer. Oxidationskatalysatorer är bra på att ta bort PAH, men påverkar ej NO_x-halten. Aldehyder, alkylnitriler och gasformiga kolväten reduceras också och kolmonoxid försvinner så gott som fullständigt.

Då man beslutar sig för vilken vegetationsbekämpningsmetod man ska använda är det flera olika faktorer man måste ta hänsyn till. Målet är givetvis att så långt det är möjligt utveckla och använda sig av skötselstrategier och skötseltekniker som leder till så låga driftskostnader som möjligt samtidigt som säkerheten bibehålls. För att uppnå detta mål krävs planerad skötsel som utgår från på platsen rådande förhållanden vad beträffar bland annat artsammansättning, successionsstadium, klimat, möjliga tillgängliga tekniker, ekonomiska förutsättningar och arbetsmiljö. Givetvis vore det önskvärt att klara vegetationsbekämpningen längs järnvägen utan kemiska medel men i dagsläget är det en bra bit kvar till detta mål.

Slutsats

Målet är givetvis att utveckla och använda sig av skötselstrategier och skötseltekniker som leder till så låga driftskostnader som möjligt samtidigt som säkerheten bibehålls. För att uppnå detta krävs en planerad skötsel som utgår från långsiktiga mål. Fokus bör nog i framtiden ligga mera på förebyggande åtgärder som att förhindra växter att gro i spårområdet. Att ta vara på olika arters specifika egenskaper och krav då man planerar och genomför vegetationsreglering är en utmaning.

Referenser

Litteratur

Andreasen, C., Hansen, L. och Streibig, J.C. 1999. The effect of ultraviolet radiation on the fresh weight of some weeds and crops. *Weed Technology*. 13.

Arbetskyddsstyrelsen. 2000. Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar. Arbetskyddsstyrelsens föfattningssamling. AFS 2000:3. Stockholm.

Arbetskyddsstyrelsen. 1993. Hygieniska gränsvärden. Arbetskyddsstyrelsens föfattningssamling. AFS 1993:9. Stockholm.

Arbetsmiljöinstitutet. 1987. Vetenskapligt underlag för hygieniska gränsvärden 8. *Arbete och hälsa* 1987:38. Solna.

Arbetsmiljöverket. Odaterad. Buller och hörselskydd.

Ascard, J. 1988. Termisk ogräsbekämpning. Flamning för ogräsbekämpning och blastdödning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 130. Uppsala.

Ascard, J. 1995. Thermal Weed Control by Flaming. Biological and Technical Aspects. PhD thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Agricultural Engineering. Alnarp. Report 200.

Ascard, J. 1996, Flamning av ogräs – miljökonsekvenser och energibehov. Fakta trädgård. 1996:1. SLU Kontakt. Uppsala.

Banverket. 1993. Rapport. Ballastkvalitetsgruppen, slutanteckningar. Banverket HK 930801. Sverige.

Banverkets Miljörapport 2003.

Banverkets Årsredovisning 2003.

Berg Nielsen, C. 2004. Miljøvenlig ukrudtsbekæmpelse. Stads- og havneingeniøren. 2004:11.

Blickpunkt Bahn. 1992. Alternative aufwuchsbekämpfung im großversuch. Infrarot statt Chemie. Vol 8.

- Bohgard, M., Holmstedt, G. och Korhonen, M.** 1988. Arbetsmiljö vid kemisk ogräsbekämpning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 131. Uppsala.
- Christensen, S. och Heisel T.** 1998. Digitalt kamerasystem til detektion af ukrudt. DJF rapport Nr 3 Markbrug. 15 Danske Planteværnskonference. Danmarks Jordbrugs-Forskning.
- Daar, S.** 1994. Integrated Approaches to Roadside Vegetation Management. The IPM Practitioner. Vol XVI, Number 9, September.
- Diprose, M.F., Benson, F. & Willis, A.** 1984. The Botanical Review 50(2) April/June.
- Diprose, M.F. och Mattsson, B.** 1994. Non-Chemical Weed Control. Trends in European Practice- with special reference to Electrical Weed Control. Trends in Agricultural Sciences.
- Fergedal, S.** 1993. Ogräsbekämpning genom frysning med flytande kväve och kolsyre-snö. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 165. Uppsala.
- Fogelberg, F. och Blom, A.** 2001. Laser, UV-ljus och skärande vattenstråle som framtida metoder för ogräsbekämpning. Institutionsmeddelande 2001:3. Institutionen för lantbruksteknik. SLU Alnarp.
- Geoteknisk projektering.** 1994. Kompendium. Kurs för VBB VIAK AB. 940415
- Hansson, D.** 1996. Ogräsbekämpning på banvall med borstning – 1995. Institutionen för Lantbruksteknik. Stencil. SLU Alnarp.
- Hansson, D.** 1999. Ogräsbekämpning med ånga på hårdgjorda ytor – Försöksverksamhet 1999. Institutionen för lantbruksteknik. SLU Alnarp
- Hansson, D.** 2002. Hot Water Weed Control on Hard Surface Areas. Doktorsavhandling. Institutionen för lantbruksteknik. Agraria 323. Sveriges Lantbruksuniversitet. Alnarp.
- Hansson, D, Mattsson, B. och Schroeder H.** 1995. Vegetationsbekämpning på banvallar – en förstudie om förebyggande åtgärder samt icke-kemiska metoder. Institutionen för Lantbruksteknik. Rapport 191. SLU Alnarp.

- Hansson, D. och Schroeder H.** 1996. Studie av olika ballastkvaliteters inverkan på fröns gröningsförutsättningar i banvallens ytskikt. Institutionen för Lantbruksteknik. Stencil. SLU Alnarp.
- Hansson, D. och Schroeder H.** 1998. Vegetationsbekämpning på banvallar – gröningsförsök med olika ballastkvaliteter och skiktjocklekar genomförda 1996-97 i fält. Institutionen för Lantbruksteknik. Stencil. SLU Alnarp.
- Hedström, R.** 2002. Banretur – Återvinning av banvallsmassor och betongsliprar. VIT meddelande 935. Väg- och transportforskningsinstitutet.
- Heisel, T.** 2001. Weeds in sugar beet rows: I. influence of neighbour plant on the beet yield: II. investigation of a CO₂ laser for in-row weed control. DJF rapport Markbrug 56. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning.
- Huisman, M.** 2001. Reglering av vedartad vegetation utmed järnvägar och vägar – en litteraturstudie över kunskapsläget. Rapport 247. SLU Alnarp. www-pot.lt.slu.se/epub/report247.pdf
- Huisman, M.** 2004. Internationella erfarenheter inom vegetationssidan, en uppdatering – sammanfattning av vegetationskonferensen i Zürich. Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik. Kompendium 2004:8. SLU Alnarp.
- Huisman, M., Gunnarsson, A. och Schroeder, H.** 1998. Ogräskonkurrerande vegetation – skötsel och nyetableringsaspekter. Institutionen för lantbruksteknik. Rapport 234. SLU Alnarp.
- Johansson, L.** 2001. Maskinell röjning i terrängen. Examensarbete inom Landskapsingenjörsprogrammet. 2001:7. Institutionen för lantbruksteknik. SLU Alnarp.
- Korsmo, E., Vidme, T. och Fykse, H.** 1981. Korsmo ogräsplanscher. LT's förlag. Stockholm.
- Kristoffersson, P.** 2002. Varmt vand og skum. Grønt Miljø. 2002:4.
- Kurfess, W., Gutberlett, B. och Kleisinger, S.** 1999. Hot water on weeds. Landtechnik. 54.
- Kurfess, W. och Kleisinger, S.** 2000. Effect of hot water on weeds. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, Pflanzenschutz. 17.

- Larsson, S.** 1993. Miljökonsekvensbeskrivning av termiska ogräsbekämpningsmetoder för hårdgjorda ytor - en jämförelse mellan flamning med gasol och frysning med flytande kväve och kolsyresnö. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 168. Uppsala.
- Lindholm, O.** 1989. Ogräsbekämpning vid banverket. Stencil, 890829. Banverket.
- Lundh, J-E. och Huisman, M.** 2002. En jämförande studie av några maskinella och motormanuella röjningsmetoder utmed järnväg – uppföljning av skottutveckling efter röjning samt utvärdering av elektiv röjning. Rapport 248. SLU Alnarp. [www-pot.lt.slu.se/epub/report248.pdf](http://www.pot.lt.slu.se/epub/report248.pdf)
- Mätzler, C.** Feasibility of Electrothermal Weed Control from d.c. to Infrared. International Work- shop on Electromagnetic Weed Control with Special Attention to Application on Railways. Oct. 18-20. p. 19-20. Available from the Inst of Applied Physics, University of Bern, Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern.
- Nyström, P. och Svensson S-E.** 1988. Termisk ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor. Försöksverksamhet 1987. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Rapport nr 123. Uppsala.
- Parish, S.** (1990) A review of non-chemical weed control techniques. Biological Agriculture and Horticulture. Vol 7 s 117 - 137.
- Raven, P. H., Evert, R. F. och Eichhorn, S. E.** 1992. Biology of plants. 5th edition. Worth Publishers.
- Schroeder, H.** 1992. Klara roto gräsen. Sveriges lantbruksuniversitet. Stad & Land nr 102. Alnarp.
- Schroeder, H.** 1994. Fiberduk under asfalt förebygger roto gräs - En förstudie. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Institutionsmeddelande nr 94:05. Uppsala.
- Schroeder H. och Hansson, D.** 2002. Vegetationsbekämpning på banvallar –försök med vegetationsspärrar genomförda 1996-2000. Institutionen för Lantbruksteknik. Stencil. SLU Alnarp.
- Seierø, M och Christensen, S.** 2000. Ukrutskontrol på banelegemer ved hjælp af WeedEye SpotSpray. DJF rapport Nr 25 Markbrug. 17 Danske Planteværnskonference. Danmarks JordbrugsForskning.

- Staxén, I.** 1994. Effekts of ultraviolet radiation on microtuble organisation and morphogenesis in plants. Inst. för fysiologisk botanik. Lunds universitet. Sverige.
- Stål, Ö.** 1993. Trädrötter och ledningar - Nya anläggningstekniker och skyddsåtgärder. En arbetsbeskrivning. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Institutionsmeddelande nr 93:8. Uppsala.
- Svenska kommunförbundet.** FoU gruppen för gator och trafik. 1990. Ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor. Rapport nr 23. Stockholm.
- Svensson, S-E.** 1986. Termisk ogräsbekämpning av hårdgjorda ytor. En förstudie om kunskapsläget och kommersiellt tillgängliga utrustningar. Svenska kommunförbundet.
- Svensson, S-E.** 1991. Borstning och harvning. Effektiva alternativ för ogräskontroll på hårdgjorda ytor. Sveriges Lantbruksuniversitet, Movium. Gröna Fakta D5.
- Swiatecki, S.** 1996. UV-lys erstatter sprøjtning. Skoven. 1996:5.
- Swiatecki, S.** 1997. UV-lys dræber ukrudt. Skoven. 1997:5.
- Torstensson, L. och Lindholm, O.** 1988. Ogräsbekämpning på banvallar. Ogräs och ogräsbekämpning. 29:e svenska ogräskonferensen Uppsala 27-28 januari 1988. Del 1. Rapporter. Inst. för växtodling och konsulentavdelningen Mark-Växter. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- UIC.** 2003. "Vegetation Control" Project Final Report. International Union of Railways. Paris. Authors: Balow, M., Gächter, F. och Kuppelwieser, H.
- Utdrag ur dansk Patentskrift.** Patentdirektoratet, Taastrup
- Vester, J. och Rasmussen, J.** 1988. Ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse i grønne områder. Danske planteværnskonference. Ukrudt 1988.
- Westberg, C.** 1981. Flytande nitrogen mot icke önskvärd vegetation på banvallar. Stencil. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtodling. Uppsala.
- Westerberg, B. och Viklander, P.** 2001. Ballastrening och bankettrensning på Malmbanan: en fält- och laboratoriestudie. Teknisk rapport. 2001:10, Luleå tekniska universitet.
- Winge, U.** 1998. Environmental friendly Weed-Control – the Danish case. Danish National Railway Agency. Copenhagen. UIC-Workshop Weed Control. Switzerland.

Zackrisson, O. och Nilsson, M.-C. 1992. Allelopathic effects by *Empetrum hermaphroditum* on seed germination of two boreal tree species. Canadian Journal of Forest Research. Vol 22, s. 1310 - 1319.

Zulauff, J. 1991. Umweltfreundlich schon im Untergrund. SBB-Magazin 4/91.

Internetkällor

www.av.se/webbshop/pdfroot/adi_244.pdf

Kvartsdamm kan orsaka silikos. Arbetsmiljöverkets ADI-material. 041027.

www.banverket.se/templates/Pressmeddelande_6023.asp

Sommarens ogräsbekämpning i Mellersta banregionen. Banverkets hemsida 041102.

www.banverket.se/templates/StandardTtH_2071.asp

Bekämpning av vegetation. Banverkets hemsida. 041029.

www.uni-hohenheim.de/i3ve/00217110/02662041.htm

University of Hohenheim. Environmentally-oriented Weed- and Vegetation control. 041128

www.uni-hohenheim.de/i3ve/00217110/01544041.htm

University of Hohenheim. Weed control with hot water in orchards and vineyards. 041128

[www.icopal.se/icopal_se/icopal_se.nsf/0/672348D30F11BFA5C1256DFD003876BA/\\$file/Multi.pdf](http://www.icopal.se/icopal_se/icopal_se.nsf/0/672348D30F11BFA5C1256DFD003876BA/$file/Multi.pdf)

Miljövarudeklaration från Icopal AB. 041102.

www.lysator.liu.se/runeberg/nordflor/pics/515.jpg

Åkerfräkenbild. Bilder ur Nordens flora. 041115.

www.mueller-gleisbau.ch/boeschung_i2.html

Aggregat för vegetationsreglering utmed spår. Müller Gleisbau AG. 041115.

showroom.creative.co.at/en/p_cleaning/00index.htm

Ballastreningsmaskiner från Plasser & Theurers hemsida. 041025.

www.viacon.se/foretaget/prod.asp

Produktinformation från ViaCon AB i Linköping. 041021.

www.waipuna.com

Ogräskontroll med hett skum - Waipunas hemsida. 041125.

Personliga meddelanden

Axelsson, Lars-Erik, Banverket, Borlänge.

Brobäck, Ville, Scandinavian Terra Tec AB. Levins väg 4, 291 73 Önnestad.

Hansson, David, Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp. Box 66. 230 53 Alnarp.

Huisman, Mark, Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp. Box 66. 230 53 Alnarp.

Kelzenberg, Matthew, Alaska Railroad, P.O. Box 107500, Anchorage, AK 99510-7500

Figurer

De figurer som inte har någon referens i sin undertext kommer från Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik.

