



Utveckling av metoder för vegetationsbekämpning i järnvägsmiljö

-redovisning av genomförda och pågående aktiviteter 2019–2020

Harald Cederlund och Fredrik Fogelberg

Uppdragsrapport 2020

Utveckling av metoder för vegetationsbekämpning i järnvägsmiljö

Harald Cederlund

Sveriges lantbruksuniversitet,

Institutionen för molekylära vetenskaper

Fredrik Fogelberg

RISE Research Institutes of Sweden

Innehåll

Innehåll.....	3
1 Sammanfattning.....	4
2 Bakgrund till projektet	5
2.1 Projektets delprojekt och genomförande	6
3 Projektdel 1 – utveckling och provning av metoder för icke-kemisk vegetationsbekämpning.....	7
3.1 Mekaniska metoder	7
3.1.1 Ballastplogning.....	9
3.1.2 Utrustning för krattning och skrapning.....	12
3.2 Fältförsök för utvärdering av mekaniska metoder och gröna spärrzoner.....	18
3.3 Termiska metoder.....	33
3.3.1 Utvärderingar och provningar 2019 - 2020.....	33
3.3.2 Resultat av hetvattenbekämpning i Östersund.....	35
3.3.3 Prototypkonstruktion för ångning i spår	40
4 Projektdel 2–4 tillståndsanalys, uppföljning och effektsamband.....	42
4.1 Projektdel 2 – förbättrad tillståndsanalys av vegetation i spår.....	42
4.2 Projektdel 3 – Uppföljning och analys av den kemiska ogräsbekämpningen.....	42
4.3 Projektdel 4 – Analys av effektsamband mellan kemisk ogräsbekämpning och registrerade fel i spåranläggningen	43
5 Projektdel 5 – Undersökning av vindavdrift	43
5.1 Fältförsök utförda 2019–2020	43
5.2 Försöksupplägg.....	44
5.3 Resultat.....	45
6 Slutsatser och rekommendationer.....	48
6.1 Icke-kemiska metoder	49
6.2 Teknik för skrapning och rotryckning.....	49
6.3 Teknik för hetvatten och/eller ånga	50
6.4 Vindavdrift.....	50
7 Litteratur	51

1 Sammanfattning

Trafikverket bekämpar regelbundet ogräsen på banvallen för att säkra en god bankkvalitet. Ett återkommande problem är svårigheten att veta hur stort behovet av bekämpning är, vilka bansträckor som skall prioriteras och vilken teknik som skall användas för bekämpningen. Ogräsbekämpningen sker idag främst kemiskt med glyfosatpreparat. Det är dock av flera anledningar osäkert hur länge glyfosat kommer att finnas tillgängligt för Trafikverket och bekämpningsbehovet måste i alla händelser lösas även för så kallade restriktionsytor dvs. sträckor som ej får bekämpas kemiskt, som finns bl.a. vid vattenskyddsområden och vattendrag.

Trots att ett flertal metoder för icke-kemisk vegetationsbekämpning studerats de senaste 25 åren finns det fortfarande få etablerade metoder och tekniska lösningar som kommit till större användning. Det finns således ett fortsatt behov av att prova icke-kemiska metoder i praktisk drift i samarbete med Trafikverket och entreprenörer samt ta fram bättre underlag – handböcker – för att de icke-kemiska metoderna ska komma till praktisk användning.

Inom projektet har två redskap – en uppryckningsgrip och en kratta/skrapa – utvecklats och provats i spår. En nygammal metod för rensning och profilering av banketten - ballastplogning – har testats med äldre utrustning. Demonstrationsytor där de olika metoderna utvärderas i full skala, har anlagts på bandel 371 Mora-Älvdalen. I samma fältförsök utvärderas också ett system för gröna spärrzoner som syftar till att minska sannolikheten att aggressiv vegetation växer in i spår från angränsande ytor. Inledande försök och teknikutveckling för användning av ånga och hetvatten har också påbörjats.

Det finns också ett allt större behov av bättre metoder för att styra och utvärdera bekämpningsinsatserna (oavsett metod) samt att kunna bedöma hur den utförda bekämpningen långsiktigt påverkar såväl ogräsen som banan. Inom projektet utnyttjas högupplöst data över ogräsförekomster på järnvägen och data över utförda kemiska bekämpningar som samlats in under de senaste åren för att undersöka hur tillståndet utvecklas långsiktigt, undersöka effektsamband och ta fram bättre planeringsverktyg för ogräsbekämpningen.

Vindavdrift från ogräsbekämpningståget har uppmätts i 4 olika fältförsök utförda på 3 olika bandelar. Resultaten visar att på 1 m avstånd från det besprutade områdets gräns så har den deponerade mängden minskat till i genomsnitt $0,3 \pm 0,2$ % av den använda dosen, motsvarande 5 ± 4 g/ha med den föreskrivna dosen på 1800 g glyfosat/ha. Resultaten kommer att användas för att göra en uppdaterad riskkaraktärisering.

Projektet löper även under 2021 och planering för fortsatt verksamhet därefter har inletts.

2 Bakgrund till projektet

Möjligheterna att använda andra metoder än de gängse kemiska metoderna för vegetationsbekämpning i spår, samt hur sådana nya metoder fungerar och skall/kan användas har varit föremål för flera undersökningar de senaste 25 åren.

Undersökningarna har till stor del varit av förstudiekaraktär där Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) på uppdrag av dåvarande Banverket samt nuvarande Trafikverket översiktligt studerat olika metoder. Det är tydligt i de tidiga rapporterna att de föreslagna icke-kemiska metoderna inte får vara dyrare än standardmetoden. Dessutom möter de föreslagna metoderna motstånd från uppdragsgivaren då farhågor för korrosion, störningar på signalsystem, kostnader och brist på tillämpbarhet förs fram. Frågan om hur mycket vegetation som kan tolereras utan att banvallens egenskaper försämras diskuterades redan 1995 (Hansson *et al.*, 1995) och har fortfarande inte klarlagts från Trafikverket trots att frågan lyfts även på senare år (Fogelberg, 2011).

Harald Cederlund vid SLU arbetar sedan länge med utveckling och provning av preparat för den kemiska bekämpningen. I hans rapport "Cederlund H. 2016. Studier av ogräsbekämpning på banvallar 2006-2015 - resultat och slutsatser från 10 års tillämpad forskning. Rapport från Institutionen för mikrobiologi, Sveriges lantbruksuniversitet", förklaras varför ogräsbekämpning av banvallar är viktig.

"En annan anledning som förs fram, och som tidigare ofta framhölls som den främsta anledningen till varför man behöver ogräsbekämpa, är att förebygga långsiktig uppbyggnad av organiskt material genom förorening av ballasten med vissnande ogräs och nedbrutna växtdelar. Uppbyggnad av organiskt material leder till att banvallen håller vatten mer effektivt vilket i sin tur kan påverka banvallens bär-kraft och också den långsiktiga hållbarheten hos träsliprar. Bristande dränering kan också leda till ojämna tjällyft om vintern vilket förorsakar spårfel (Trafikverket, 2015a). En försämrad banstandard kan på sikt leda till hastighetsnedsättningar och till att mindre banor läggs ned.

Mycket ogräs leder alltså till en ansamling av finmaterial i ballasten men detta i sin tur skapar en god grogrund för fler ogräs. Vad som egentligen är hönan och ägget i den ekvationen är inte alltid helt självklart men faktum är att ett alternativt perspektiv kan vara att se ogräsen som ett symptom på bristande underhåll (att finmaterial har ansamlats i banvallens överbyggnad p.g.a. vibrationer, nedfallande löv etc.) snarare än som det primära underhållsproblemet. Sett utifrån det perspektivet blir ogräsbekämpning då främst ett billigt sätt att förlänga banans livslängd och fördröja insatsen av dyrare underhålls- och upprustningsinsatser som t.ex. ballastrensning. Behovet av ogräsbekämpning är också som man skulle kunna förvänta sig generellt mycket större på äldre spår, som ofta är av så kallad grusbanvallstyp, och betydligt mindre på nyanlagda spår som har en tjockare överbyggnad av makadam, ännu inte kontaminerad av finmaterial.

Även risken för spårhalka och ökad brandrisk på grund av vissnande ogräs har framförts som anledningar att ogräsbekämpa (Torstensson, 2001). Spårhalka förorsakas dock främst av nedfallande löv och förebyggs effektivare genom vegetationsröjning i området nära banan än genom ogräsbekämpning på själva banan."

Tillgången på kemiska preparat som kan användas för ogräsbekämpning har dock gradvis minskat och sedan några år tillbaka är det enbart glyfosat som är godkänt för användning på svenska banvallar. Framtiden för glyfosat inom EU är dock också

osäker, just nu är glyfosat bara godkänt fram till 2023 och det är i alla händelser olämpligt att bara använda sig av en och samma bekämpningsmetod under lång tid på grund av risken för resistensutveckling.

Det finns således stort behov av att undersöka och utveckla alternativa metoder och teknisk utrustning för att i spårmiljö kunna bekämpa vegetation. Det faktum att bekämpningen skall ske på olika platser med stor variation vad gäller förutsättningar, samt kunna utföras av olika aktörer som sinsemellan inte kommunicerar kunskap eller teknik och att det finns en oklar uppfattning av effekten av de valda metoderna samt hur resultaten skall bedömas, gör att det inte finns ett självklart svar eller en teknik som är ”den bästa”. Det är viktigt att en palett av metoder och tekniska lösningar kan finnas tillgängliga och att man har en uppfattning om dessa metoders användbarhet i varierande situationer.

Trafikverket har genom Jan-Erik Lundh, Carol Birgersson och Anders Colling-Sileborg i samarbete med SLU och RISE initierat ett treårigt projekt med syfte att utveckla och hitta alternativa metoder för vegetationsreglering. Projektet Dnr 2019/25762, ID-nr 6862 löper fram till den 31 december 2021 och innefattar bl a utveckling av prototyper för vegetationsreglering samt provning av metoder i spårmiljö.

2.1 Projektets delprojekt och genomförande

Projektet genomförs i samarbete mellan AgrD Fredrik Fogelberg vid RISE – Research Institutes of Sweden i Uppsala och FD Harald Cederlund vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala. Projektet inkluderar Trafikverkets kompetens i frågan med Anders Colling-Sileborg och Jan-Erik Lundh som huvudaktörer. Kompetenspersoner hos bl.a. Bergs Gräv AB, Infranord AB och NRCC (Mats Hietanen) bistår med kunskaper och det praktiska utförandet i spår.

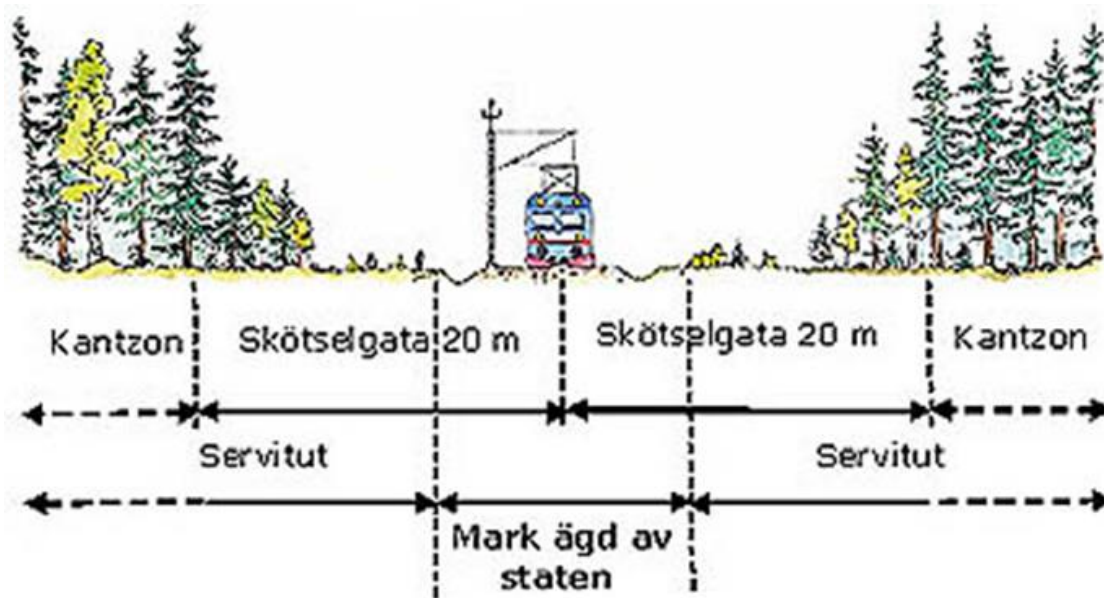
Projektet består av fem delprojekt (där delprojekt 2-4 hänger samman):

- 1.) Utveckling och provning av metoder för icke-kemisk vegetationsbekämpning
- 2.) Förbättrad tillståndsanalys av vegetation i spår
- 3.) Uppföljning och analys av den kemiska ogräsbekämpningens påverkan på ogräsförekomsten i spår
- 4.) Analys av effektsamband mellan kemisk ogräsbekämpning och registrerade fel i anläggningen
- 5.) Undersökning av vindavdrift

Utförd och pågående verksamhet inom dessa delprojekt redovisas i denna rapport.

3 Projektdel 1 – utveckling och provning av metoder för icke-kemisk vegetationsbekämpning

Vegetationsbekämpningen i spårmiljö innebär inte bara att området mellan rälerna skall hållas rent från växtlighet utan innefattar även slyröjning och trädsäkring längs med spåren, runt signaler och vissa mindre byggnader i spårområdet (Figur 1).



Figur 1. Trädsäkringsprojektets princip. Figuren hämtad från Trafikverkets hemsida.

Utöver den kemiska bekämpningen som sker genom sprutning av olika herbicider – i Sverige enbart preparat med den verksamma beståndsdel glyfosat – finns ett antal andra icke-kemiska metoder att tillgå.

Utanför banvallen sker vegetationsröjning främst med mekaniska metoder som slyröjning med röjsåg, trädfällning med maskin eller med motorsåg o dyl. Generellt lämnas biomassan kvar på plats.

Området som ligger utanför själva spåret är naturligtvis viktigt att också röja, därför att träd kan falla över själva linjen samt för att ge en god sikt för lokföraren att upptäcka händelser som kan verka störande (vilda djur, människor som rör sig mot spårområdet o dyl). Rensning sker också för att hindra igenväxning av diken samt runt el- och telefonstolpar, teknikbyggnader, skyltar mm.

3.1 Mekaniska metoder

Mekaniska metoder innebär att man för hand (motormanuellt) eller med större maskiner:

- rycker upp växtlighet (rotryckning);
- skär av buskar och träd med klinga, kedja o dyl;
- skrapar bort det översta växtlagret (skrapning)
- borstar bort det översta växtlagret
- suger upp makadam, jord och grus mellan rälerna eller utanför banvallen (vakuumsugning).

Metoderna är tidigare undersökta och beskrivna av t ex Hansson et al., 1995 samt Huisman, 2001. Problem med vegetation längs banan är ett generellt problem över hela världen. De tekniska lösningar som används utomlands är i princip desamma som i Sverige. Några exempel finns på nedanstående länkar till filmer från Youtube som kontrollerats den 28 januari 2019.

https://www.youtube.com/watch?v=237_4qc1bc0

https://www.youtube.com/watch?v=gvAGPDtl_qg

En genomgång av metoderna har visat på att risken för skada på bankroppen, el-signalledningar är liten. Vi bortser här från rena felbehandlingar eller olyckor.

Det finns entreprenörer som idag kan tillhandahålla mekaniska metoder för vegetationsröjning och ogräsbekämpning, men det finns ingen generell översikt över kostnader eller metoder för sådan vegetationsröjning.



Figur 2. Maskin för skrapning av vägslänt. Bild från Jan-Erik Lundh, Trafikverket 2018-12-21

3.1.1 Ballastplogning

Under 2020 har projektet undersökt och i praktisk provning på sträckan Älvdalen-Mora genomfört, tekniken för ballastplogning.

Metoden för skrapning av ytan från sliperskant och ca 80 cm utåt har använts under ca 100 år och förekommer än idag, dock med syfte att återföra makadam efter en nyanläggning av spår eller vid ballastrening.



Figur 3. Mekanisk rensning av dike och banvall troligen i perioden 1930–1950. Bild från Samlingsportalen ur Järnvägmuseets bildarkiv.

Ballastplogning har under lång tid varit en grundläggande metod för att hålla spåret från sliperskant och utåt rent från ogräs (Figur 3). Metoden bygger på att en välvd plogkropp först för upp material från banketten för att därefter lägga tillbaka den omblandad. Genom regelbunden plogning förhindras växtligheten att etablera sig. Skiftet från grusbanavallar till makadambanvallar, teknikens ålderdomliga prägel, samt brist på modern materiel, har gjort att ballastplogning fallit i glömska som metod för vegetationsbekämpning. Modern teknik från Matisa eller Plasser & Theurer syftar främst till att färdigställa en makadambanvall vid nyanläggning eller efter makadamisering.



Figur 4. Ballastplog typ Q20 hos NBVJ i Nora, sommaren 2020.

Under 2020 har vi identifierat att det vid några museiföreningar finns äldre ballastplogar som används för underhåll av grusbanvallar. I kontakt med Nora-Bergslagens museijärnväg (NBVJ) fanns möjlighet att se effekten av användningen av deras vagn (Q20) (Figur 4)., delta i skarp körning samt hyra vagn för provning i spår (Älvdalen-Mora).

Plogen består av en vagn med arbetshytt vari regleras plogarnas placering i höjd- och sidled. Regleringen sker med tryckluft från dragloket. Sth i transport 40 km/h och vid arbete omkring 15 km/h. Personalbehov består av två personer som reglerar var sin sida samt lokförare och övrig personal i loket.

Skarp körning under september 2020 gav för handen att tekniken, trots kraftigt slitage var väl ägnad åt rensning av bankettens sidor. Vid kraftig vegetation kan plogningen dock behöva upprepas flera gånger. NBVJ uppskattar att en årlig plogning håller tillbaka ogräset.



Figur 5. Närbild av Q20-vagn. Vagnen dras av lokomotiv och plogarna på vardera sidan av vagnen kan höjas och sänkas m h a tryckluft från loket.

3.1.1.1 Ballastplogningens för – och nackdelar

Ballastplogning med en Q20-vagn är en enkel metod för mekanisk rensning av bankettens sidor vilket också innebär låga kostnader för användning. Det finns även självgående TSA för ballastplogning av olika modeller och tillverkare. Metoden är utvecklad för grusbanvallar, men kan troligen användas även på makadamiserat spår, men troligen med högre slitage på plogkroppen och med lägre körhastighet.

Fördelen med en modern maskin som t ex Infranords ballastplog PNB 0775D, är att denna också kan borsta mellan rälerorna samt ta bort/lägga ut makadam. Maskinen har möjlighet att bära med sig ca 5 kbm makadam. Arbetshastigheten är dock låg, ca 3 km per timme med allt inkopplat (sopningen bestämmer arbetshastigheten). Fordonet är dieseldrivet, men kräver extra fordon för att framföras på ERTMS banor. Kostnaden för detta fordon är dock mycket hög, enligt muntliga uppgifter ca 5000 kronor per timme.

Ballastplogning skulle, särskilt på grusbanvallar, kunna vara en av de grundläggande delarna i att rensa bort växtlighet längs med spårets kanter. Den långsiktiga effekten på ogräsen och kostnadseffektiviteten behöver dock utvärderas ytterligare.



Figur 6. Ballastplogningens resultat efter två körningar i vardera riktningen i NBVJ:s spår från Nora mot Ervalla sommaren 2020.

3.1.2 Utrustning för krattning och skrapning

Under perioden 2019 - 2020 har RISE utvecklat två demonstrationsredskap för uppräckning respektive krattning/skrapning av markytor i spårmiljö.

Utrustningarna är baserade på befintliga redskap från RF-System AB i Vinslöv och modifierade av RISE prototypverkstad i Uppsala.

Krattan/skrapan är utrustad med en rivande/skapande sida (Figur 7) och en harvande/utjämnande sida (Figur 8). Växter som fastnar i rivsidan kan tas bort med en hydraulisk rensningsplåt.



Figur 7. Den rivande/krattande sidan möjliggör borttagning av kraftig vegetation. Rivsidan består av tre enheter som kan bytas ut och ges grövre eller finare tandning eller en grov borste för att kunna rensa sliperskanten från grus mm.



Figur 8. Rivbladet är försett med fjädrande harvpinnar vilka möjliggör att man kan jämna till ytan efter krattnig

Uppryckningsgripen är baserad på en timmergrip/sorteringsgrip som försetts med motliggande metallskivor varpå armeringsjärn fastsatts för att få fäste i växtligheten (Figur 9 och 10).

Efter praktisk provning kan vi konstatera att gripen fungerar tillfredsställande, men behöver ytterligare utveckling. Anliggningsytorna har svårt att få ett bra grepp om växterna speciellt vid savning. Därför skulle troligen en gummerad yta på en metallsida vara en förbättring för fasthållningen av plantorna, möjligen med en S-formad gummiyta. Även designen i sig behöver utvecklas med urskärningar i metallsidorna och kortare sidor för att bättre komma åt plantor nära rälen.



Figur 9. Upprykningsgrip under arbete.



Figur 10. Uppryckningsgrip under arbete. Även små plantor kan ryckas upp.

3.1.2.1 Effekter av krattning och uppryckning

Båda redskapen har provats i spårmiljö, dels vid Hagge sågverk och dels i Vansbro under 2020. Vid skrapning har använts ett hjulburet fordon (Huddig) med rototilt och maskinfäste för att få maximal tillgänglighet.

Erfarenheterna från krattningen, genom okulär besiktning och samtal med maskinförarna, har visat att tekniken fungerar bra, men att det behövs teknisk utveckling av redskapet i form av en bättre design (t ex behövs inte ett välvt blad) och bättre infästning av harvpinnarna. Det bör även tas fram olika typer av rivbladsdelar för att kunna anpassa behandlingen efter lokala markförhållanden.

Effekten av krattning är god. Vid prov i lövträdssly i Vansbro sommaren 2020 visade sig krattningen vara enkel att använda och ge långtidsverkan. Avverkningshastigheten bedöms också vara god och med en van maskinförare bör man kunna röja ett hundratal löpmeter per timme.

Vid krattning kan man välja att antingen föra bort växtmaterialet eller låta det ligga kvar för nedvissning. Det senare alternativet är främst lämpligt för ettårig växtlighet eller vanligt förekommande ogräs såsom tistel, rallarros och ryssgubbe. Vedartat material såsom lövsly bör tas bort från ytan eftersom sådant material dels tar lång tid att brytas ned och dels tillför stora mängder organiskt material till bankroppen.



Figur 11. Effekt av krattning. Ytan till vänster är krattad och ytan till höger obehandlad. Bilden är tagen sex veckor efter behandling.



Figur 12. Närbild av krattad yta sex veckor efter behandling (Vansbro).

3.2 Fältförsök för utvärdering av mekaniska metoder och gröna spärrzoner

Under hösten 2020 anlades två försök för att utvärdera den långsiktiga effekten av såväl ballast-plogning och krattning/skrapning av banvallens slänter som etablering av gröna spärrskikt. Tanken med de gröna spärrskikten är att etableringen av en zon med marktäckande låg-växande vegetation är att föredra framför spontant etablering av besvärligare ogräs som t.ex. lövsly i störda ytor utmed spåret och att dessa vegetationszoner ska kunna bidra till att minska invandringen av besvärliga ogräs till själva spårområdet.

Två stycken försökssträckor etablerades på bandel 371 (Mora-Älvdalen) under oktober 2020, en sträcka nära Oxberg och en mindre försökssträcka i Mora. På båda försökssträckorna etablerades randomiserade blockförsök: 6 block (block E-J) x 6 behandlingar i Oxberg (Figur 13 och 14) och 3 block (block A-C) x 6 behandlingar i Mora (Figur 15 och 16). På försökssträckan i Mora föll dock en behandling ur ett block p.g.a. att staketet utmed den intilliggande vägen höll på att flyttas närmare vägen. En extra behandling med sprutsådd lades också till block C. Varje behandling etablerades i en 20 m lång parcel som märktes upp genom att numrerade metallbrickor spikades fast i sliprarna i varje ände. Mellan varje parcel lämnades 5 m mellanrum.

Behandlingarna bestod av olika kombinationer av mekaniska metoder som ballastplogning och krattning samt insådd av olika fröblandningar i spärrzoner.

Ballastplogningen skedde i ett skikt som sträckte sig ungefär från sliperskant och ca 1 m ut (Zon 1). Utanför den plogade zonen användes krattan vilket skapade en störd yta som i praktiken var ca 1,2 m bred (Zon 2).

I den öppnade markytorna i zon 2 såddes olika fröblandningar in (Tabell 1). I praktiken är samtliga dessa fröblandningar dominerade av gräsarter men fröblandningarna från Pratensis innehåller en inblandning av ett relativt stort antal örter och tanken är att dessa utöver att tjäna som spärrskikt också ska bidra med högre biologisk mångfald. Sprutsådden utfördes av Utetjänst och det som sprutas ut innehåller utöver själva fröblandningen ett bindemedel kallat Scanbinder som består av veteskällning, natriumbikarbonat, dextros och rapsolja men i detta fall ingen tillsats av NPK. Utetjänst normala dosering för vägkanter är 15 g fröer/m² men i detta fall rekommenderade de användning av 25 g/m² för att få till en snabb etablering. Övriga fröblandningar handsåddes. Den rekommenderade doseringen för fröblandningen Siesta var även den 25 g/m² men då fröblandningarna vägdes in i förväg och den krattade zonen blev något smalare än krattans bredd

För fröblandningarna ”normaläng” och ”torräng kalkfattig” var den rekommenderade och praktiska doseringen betydligt lägre 3 g/m² och 4,2 g/m² och för att underlätta

jämn spridning över hela parcellerna blandades dessa fröblandningar först upp med sand innan sådd.

Oxberg – behandlingar

1	Kontroll
2	Ballastplog (zon 1)
3	Ballastplog (zon 1) + skrapning (zon 2)
4	Ballastplog + skrapning + S1: sprutsådd (zon 2)
5	Ballastplog + skrapning + S2: Siesta (zon 2)
6	Ballastplog + skrapning + S3: torräng kalkfattig (zon 2)

Figur 13. Behandlingar i försökssträckan i Oxberg.

Zon 2		Zon 1	Älvdalen	Zon 1	Zon 2		
Steg 3	Steg 2	Steg 1	Steg 0	Steg 1	Steg 2	Steg 3	
Sådd	Skrap	Plog	Borstning	Plog	Skrap	Sådd	
Block I	S1	Skrap	Plog	33	Plog	Skrap	S2
	S3	Skrap	Plog	32	Plog	Skrap	S3
	Kontroll	Skrap	Plog	31	Plog	Skrap	S1
	Kontroll	Kontroll	Kontroll	30	Kontroll	Kontroll	Kontroll
	S2	Skrap	Plog	29	Plog	Skrap	Kontroll
	Kontroll	Kontroll	Plog	28	Plog	Kontroll	Kontroll
Block G	S2	Skrap	Plog	27	Plog	Skrap	S3
	S1	Skrap	Plog	26	Plog	Skrap	S2
	S3	Skrap	Plog	25	Kontroll	Kontroll	Kontroll
	Kontroll	Kontroll	Plog	24	Plog	Kontroll	Kontroll
	Kontroll	Skrap	Plog	23	Plog	Skrap	S1
	Kontroll	Kontroll	Kontroll	22	Plog	Skrap	Kontroll
Block E	S1	Skrap	Plog	21	Plog	Skrap	S1
	Kontroll	Kontroll	Kontroll	20	Plog	Skrap	Kontroll
	S2	Skrap	Plog	19	Plog	Skrap	S3
	Kontroll	Skrap	Plog	18	Plog	Kontroll	Kontroll
	Kontroll	Kontroll	Plog	17	Kontroll	Kontroll	Kontroll
	S3	Skrap	Plog	16	Plog	Skrap	S2

Figur 14. Försöksplan och behandlingar för försökssträckan i Oxberg. Siffrorna i det grå fältet i mitten anger numreringen i fält.

Block D			15	Reserv	X	X	
			14	Reserv	X	X	
			13	Reserv	X	X	
Block C	S2	Skrap	Plog	12	Reserv	X	X
	S1	Skrap	Plog	11	Reserv	X	X
	Kontroll	Kontroll	Skrap	10	Reserv	X	X
	Kontroll	Kontroll	Kontroll	9	Reserv	X	X
	Kontroll	Kontroll	Plog	8	Reserv	X	X
	Kontroll	Skrap	Plog	7	Reserv	X	X
	S3	Skrap	Plog	34		X	X
Block A	S2	Skrap	Plog	6		X	X
	Kontroll	Kontroll	Skrap	5	Kontroll	Kontroll	Kontroll
	Kontroll	Kontroll	Kontroll	4	Plog	Skrap	S3
	Kontroll	Kontroll	Plog	3	Skrap	Kontroll	Kontroll
	Kontroll	Skrap	Plog	2	Plog	Kontroll	Kontroll
	S3	Skrap	Plog	1	Plog	Skrap	S2
						Block B	

Figur 15. Försöksplan och behandlingar för försökssträckan i Mora. Siffrorna i det grå fältet i mitten anger numreringen i fält.

Mora - behandlingar

1	kontroll
2	Plog (zon 1)
3	Plog (zon 1) + skrapning (zon 2)
4	Plog + skrapning + S1: sprutsådd (zon 2)
5	Plog + skrapning + S2: Siesta (zon 2)
6	Plog + skrapning + S4: normaläng (zon 2)
7	Skrapning (zon 1)
8	Reservruta

Figur 16. Behandlingar i försökssträckan i Oxberg.

Tabell 1. Översikt över de olika testade fröblandningarna

	Fröblandning	Leverantör	Dosering (g/m²)	Artsammansättning
S1	Sprutsådd Utetjänst	Skånefrö	25	Rödsvingel (65%); engelskt rajgräs 22%; ängsgröe 10%, rödven 3%
S2	Siesta	Skånefrö	32,5	Rödsvingel 90%; 10% fårsvingel
S3	Torräng kalkfattig	Pratensis	4,2	Gräs 89,3% (inklusive rödsvingel, fårsvingel, fårsvingel, rödven) + 10,7% örter (21 arter)
S4	Normaläng	Pratensis	4,2	Gräs 80% (5 arter inklusive rödsvingel och fårsvingel) + 20% örter (23 arter)



Figur 17. Oxberg – norra änden av försökssträckan med vy mot Mora. Notera det kraftiga inslaget av tallplantor.



Figur 18. Oxberg – södra änden av försökssträckan med vy mot Älvdalen.



Figur 19. Försökssträckan vid Moraparken. Vegetationen domineras av gräs.



Figur 20. Ojämn effekt av ballastplogen i Oxberg, en effekt av slitna plogar.



Figur 21. Genom upprepad behandling av samma yta erhöles en bättre effekt.



Figur 22. Försöksyta 17 i Oxberg efter behandling, dvs helt obehandlad. Utgångsläget för försöksruta 16.

Ballastplogning av zonen närmast sliperskant (zon 1) med påföljande krattning/skrapning av zon 2 gav generellt ett mycket bra resultat (Figur 23 och 24). Den utrustning vi använde var sliten i plogskäret varför plogningen behövde upprepas för att få en ordentlig bearbetning. Vi noterade att effekten blev bäst när det fanns ett dike, men att vi även får god effekt på slät mark. Man bör komplettera plogen med någonform av kratta eller avjämnande plogskär för att jämna ut ballasten efter plogning.



Figur 23. Försöksyta 16 i Oxberg efter behandling, dvs ballastplogad och därefter skrapad/krattad.



Figur 24. Försöksyta 27 efter behandling med plogning och krattning.



Figur 25. Det var svårt att få fäste med krattan i snön vid Moraparken.



Figur 26. Resultaten blev hyfsat bra efter ett antal drag med krattan.



Figur 27. Krattningen ledde till ansamling av jordhögar som fick jämnas till allteftersom.



Figur 28. Insådd av Siesta i Moraparken. Övre bilden visar ytan efter att fröna såtts.

Den samlade bilden av hur tekniken fungerade i praktiskt arbete kan sammanfattas i nedanstående punkter

- Ballastplogning är en fungerande teknik för att skrapa bort vegetation på grusbanor, i ett stråk om ca 80 cm från sliperskant.
- Ballastplogning fungerar bättre om det finns ett tydligt dike än om rälsen ligger i våg med omgivande markyta
- Befintlig, provad utrustning behöver renoveras och förbättras, men är ett reellt fungerande system för icke-kemisk vegetationsbekämpning.
- Hur långvarig den vegetationsreducerande effekten är (och hur ofta ballastplogningen behöver upprepas) har inte utvärderats.

- Skrapning/krattning är ett tekniskt enkelt redskap för borttagning av vegetation längs spår och i spårmiljö på driftplatser.
- Skrapning/krattning är en metod som på ett tids(kostnads)effektivt sätt kan användas för vegetationsborttagning.
- Tekniken för skrapning/krattning behöver utvecklas, men detta kan ske antingen hos en redskapstillverkare (exemplvis RF-system) eller av den enskilde användaren.
- Ett potentiellt problem med skrapningen är att jordmassor ansamlas som sedan måste tas om hand.

- Uppryckning med grip är en metod som kan vara ett värdefullt redskap för borttagning av gran, tall, björksly mfl trädslag i spår.
- Uppryckningsgripen behöver förbättras genom att välja en mindre grip som är lättare att använda mellan räler samt och utveckla en bättre gripyta.

3.3 Termiska metoder

Det finns ett flertal metoder där värme på olika sätt används för att hetta upp och döda vegetation i spårmiljö. Hetvatten, ånga, IR-ljus och flamning är metoder som provats och befunnits möjliga att använda. Metoderna har utvärderats i tidigare projekt med dåvarande Banverket (Hansson *et al*, 1995) eller Cederlund (2015a).

I princip verkar samtliga termiska metoder genom att växtligheten utsätts för höga temperaturer som gör att cellväggarna i plantorna brister och därmed torkar ut plantan. Effekten påverkar inte underjordiska delar och därför är metoderna främst användbara för ettåriga växter.

3.3.1 Utvärderingar och provningar 2019 - 2020

Vi har studerat hur Ramvik Entreprenad AB, arbetar med hetvattenanvändning mot ogräs. Under sommaren 2020 utvärderades hetvattenbekämpning på Östersunds

driftplats. Ramvik har byggt en utrustning på en spårgående traktorgrävare (Figur 29).



Figur 29. Ramviks Entreprenads utrustning för hetvattenbekämpning. Vattnet finns i en tank på baksidan av traktorgrävaren och hettas upp med hjälp av ett dieselaggregat. Det upphettade vattnet pumpas genom en isolerad slang ut till en rad sprutmunstycken som sitter monterade under en huv på traktorgrävarens arm. Ungefär 1 m breda stråk bekämpas åt gången.

Försöksyta 1

Försöksyta 1 etablerades i den norra änden av driftplatsen och bestod av tre behandlingar på öster sida av spåret: långsam, normal och snabb bekämpningshastighet. På grund av den begränsade tillgängliga ytan som inte redan hade bekämpats på platsen etablerades ingen kontrollyta. Försöksytan behandlades en första gång 2020-06-16 och en andra gång 2020-07-09. Varje behandling lades ut i 24 m långa parceller som märktes upp med metallbrickor i sliprarna och med sprayfärg. Bekämpningen skedde i tre st. ca 1 m breda stråk ut från kanten av rälen. Behandlingarna upprepades också på väster sida av spåret men där skedde ingen utvärdering.

Mängden vatten som spred på ytorna uppmättes genom att 3 st. låga plastbyttor med innermått 29 x 19 cm ställdes ut för att fånga upp vattnet direkt under bekämpningen. Vattnet samlades in och volymen mättes i mätglas. Temperaturen på

vattnet mättes direkt under huven på sprututrustningen nära givaren där vattnet går ut, nära dieselaggregatet, i byttorna och vid markytan strax före och efter bekämpning med flera olika termometrar.

Bilder för bedömning av täckningsgrad togs innan utläggningen och vid två tillfällen senare under sommaren. Bilder togs vid var tredje sleeper, med stativet placerat ca 130 cm ut från öster räl. Kameran placerades på stativ med benen fullt utfällda och riktade rakt nedåt, med mittkolonnen horisontellt fälld. Aperture priority, bländare 9, ISO 160, 24 mm, och underexponerat 1 steg. Varje bild beskars till en 1x1 m ruta på som täckte in zonen 1–2 m från rälskanten. Vitbalansen ställdes genom att avfotografera ett gråkort vid starten av varje försöksruta (x-rite color checker passport).

En andra avläsning skedde 2020-07-07 strax innan försöksytorna bekämpades igen på samma sätt och en tredje avläsning 2020-08-27.

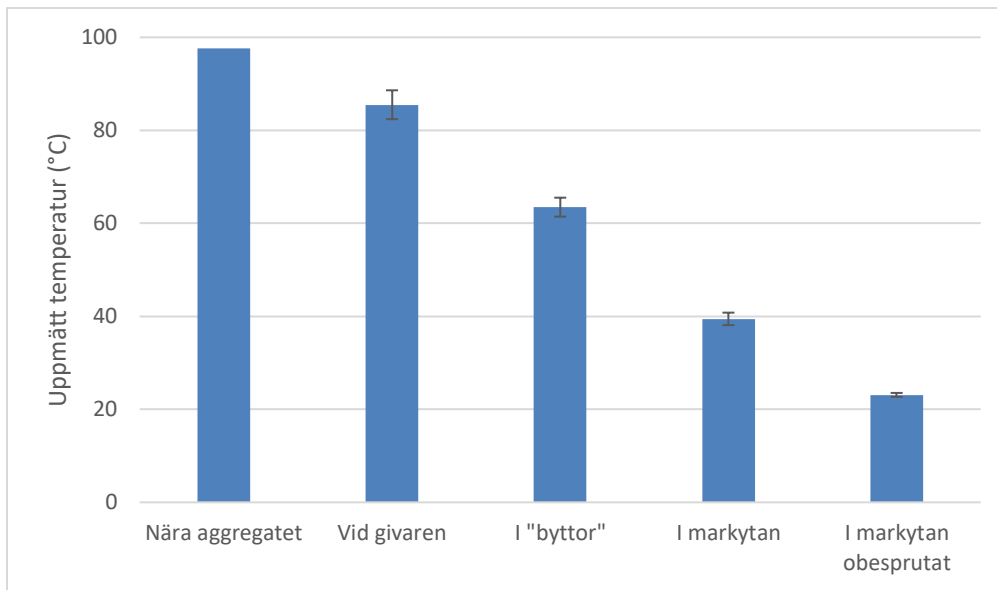
Försöksyta 2.

Den andra försöksytan etablerades i ett uppställningsspår (som är ur bruk) i södra änden av driftplatsen. Försöket bestod av 4 behandlingar (från norr till söder): snabb, normal och långsam behandlingshastighet, samt ”normal 2 ggr” (där den normala behandlingen upprepades två gånger direkt efter varandra). Ingen upprepning av bekämpningen av försöksyta 2 genomfördes senare på säsongen. Varje parcel var 15 m lång med 5 m kontrollyta emellan. Ytornas början och slut märktes upp med sprayfärg.

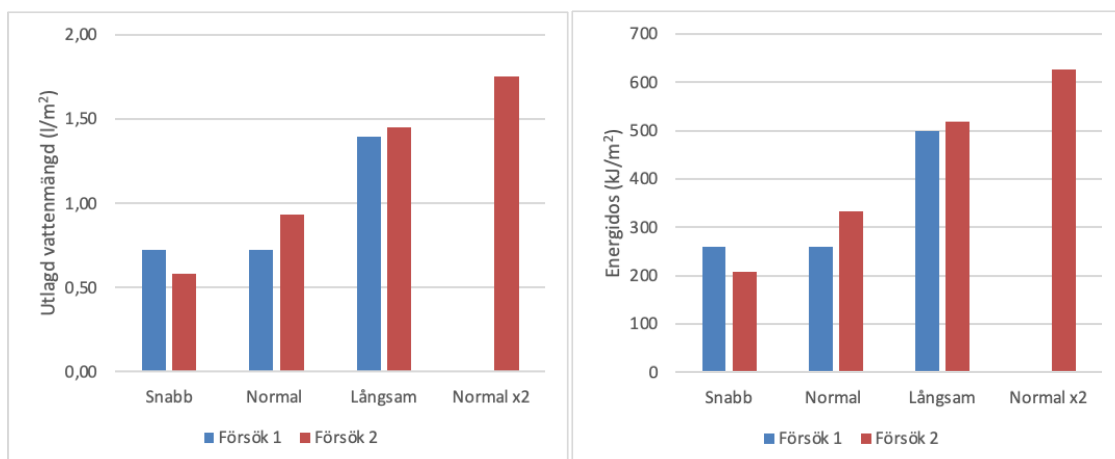
Vattenmängderna uppmättes på samma sätt som i försök 1 med hjälp av plastbyttor utplacerade i spåret. Bilder togs mellan vart tredje slipersmellanrum med samma inställningar som ovan för utvärdering av täckningsgraden med hjälp av bildanalys.

3.3.2 Resultat av hetvattenbekämpning i Östersund

Vattentemperaturen visade sig vara oväntat låg; vattnet som sprutades ut höll bara en temperatur kring 86 °C (Figur 30) vilket är avsevärt lägre än den förväntade temperaturen (nära 100 °C). Detta bidrog till att energidoserna också blev relativt låga, mellan 200–600 kJ/m² för de olika behandlingarna (Figur 31). Detta ligger lågt i jämförelse med de energidoser som i typfallet har rapporterats fungera väl för hetvattensbekämpning (Magnusson 2020).



Figur 30. Genomsnittsvärden för uppmätta temperaturer på olika ställen \pm standardavvikelse samtidigt som temperaturen i traktorgrävarens hytt visade 100 °C.

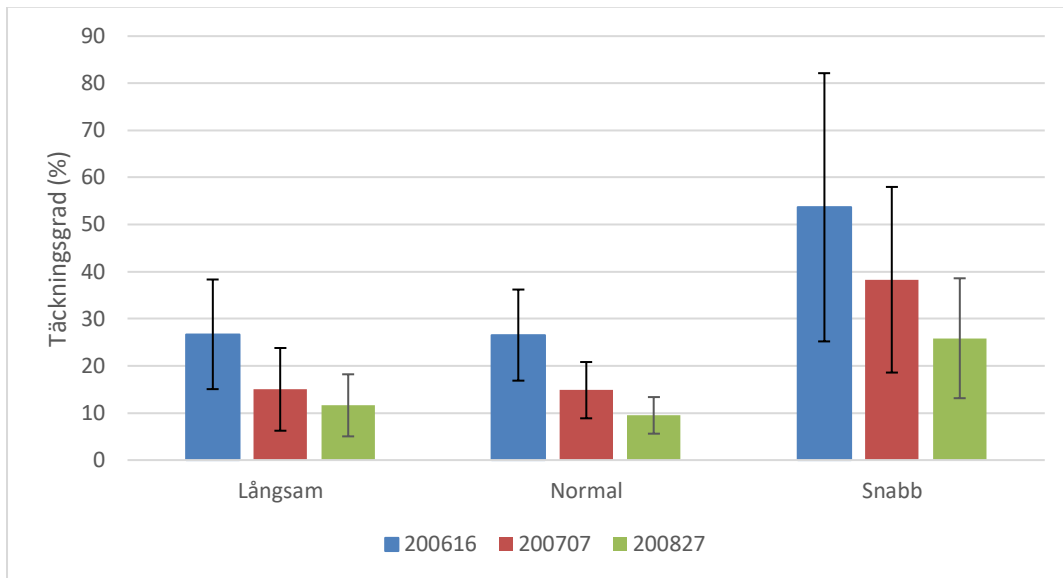


Figur 31. Vänster: utlagda vattenmängder i de olika försöksleden. Höger: energidoser (energiinnehåll) uträknat från vattenmängd och temperatur.

Vattenflödet i sprututrustningen uppmättes till $14,8 \pm 1,7$ l/min vilket stämmer ganska väl med det rapporterade värdet på 15 l/min.

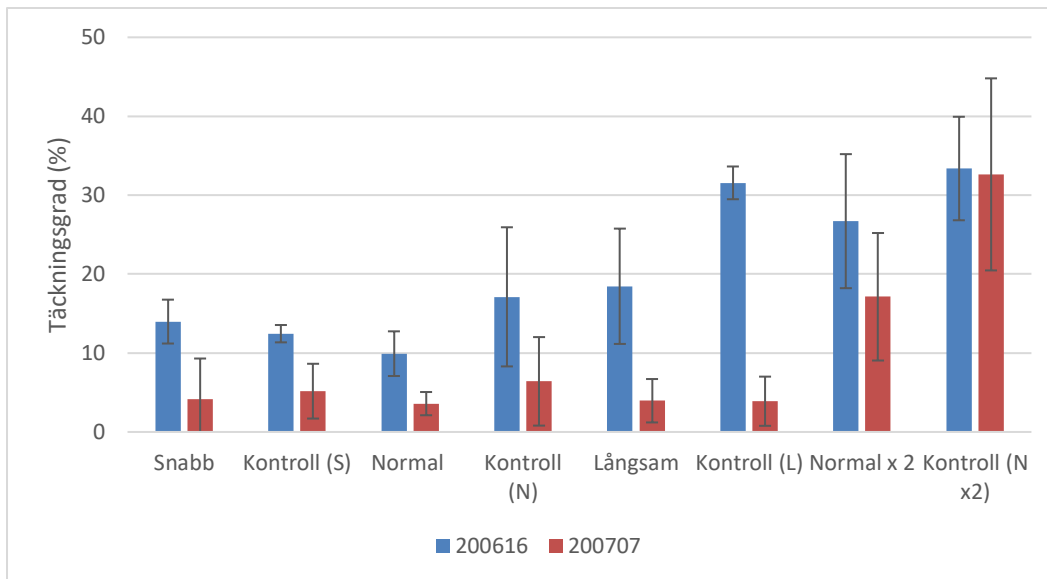
I försök 1 minskade täckningsgraden i ungefär samma grad i samtliga försöksled (Figur 32). Försöksrutan som användes för den snabba behandlingshastigheten hade dock en initialt högre täckningsgrad vilket slog igenom även senare på säsongen. Intrycket vid den sista avläsningen var att vegetationen var tydlig hämmad jämfört med den tidigare avläsningen även om det fortfarande var ganska grönt på platsen.

En observation var att det var mycket blommande fibblor i behandlingen ”långsamt” jämfört med övriga – men det kan återspegla skillnader i vegetationssammansättningen som fanns vid start.



Figur 32. Uppmätta täckningsgrader i försök 1.

I försök 2 visade det sig vid den första avläsningen i juli att någon hade kört med en traktorgrävare fram och tillbaka över försökssträckan och lämnat ett hjulspår mellan rälerna precis där mätningar av täckningsgraden genomfördes. Detta medförde att täckningsgraden minskade i samtliga påverkade behandlingar (inklusive kontrollytorna) i motsvarande grad (fig 33). Enbart försöksledet med en dubbel behandling (Normal x 2) var opåverkad från körningen och visade en minskad täckningsgrad jämfört med kontrollen. Då det i stort sett inte fanns några skillnader mellan kontroll och behandling i juli genomfördes ingen kompletterande avläsning i augusti för försökssträcka 2.



Figur 33. Täckningsgrader avlästa i försök 2. Resultaten visas i den ordning de låg i spåret.



Figur 34. Från höger till vänster: behandlingarna "långsam", "normal" och "snabb" vid den första avläsningen 2020-07-07.



Figur 35. Från vänster till höger: behandlingarna "långsam", "normal" och "snabb" vid den andra avläsningen 2020-08-27.



Figur 36. Försökssträcka 2 med tydliga hjulspår mitt i spåret.

3.3.3 Prototypkonstruktion för ångning i spår

Under 2020 har vi byggt en testramp för provning av ånga mot ogräs (Figur 37). Denna har provats skarpt på museijärnvägen Nora-Bergslagens järnväg (NBVJ) under november 2020 och kommer att vidareutvecklas under våren 2021. Vi har även gjort inledande försök med högtryckshetvatten (vattentemperaturer över 70 grader C) mot barrväxter (gran). Även dessa försök kommer att utvecklas under 2021 och provas i järnvägsmiljö. Vi samarbetar här med NBVJ som utan kostnad ställer spår till förfogande för inledande provningar.



Figur 37. Prototyp för ångning i spår.

De inledande provningarna med ånga visar på behovet att kapsla utrustning på sådant sätt att ångan hålls kvar mellan rälererna för att därmed få en längre uppehållstid mot ogräsen. Våtånga (omkring 100 grader C) har använts i de första provningar, men troligen ger överhettad ånga (omkring 300 grader C) en bättre effekt. Möjligheten att använda sådan kommer att undersökas under februari 2021.

Vad gäller effekten av hetvatten under tryck mot flerårigt ogräs har vi endast inlett sådana provningar under hösten 2020. Här förefaller det som att gran är mycket tålig gentemot både varmt vatten (ca 70 grader C) och själva högtrycksbehandlingen.

Fördelen med hetvatten under tryck är att en sådan utrustning även kan användas för t ex rengöring av spår, perronger, fordon och byggnader i anslutning till spåret.

En idé är att på en vagn placera en ett kraftigt högtrycksaggregat som vattenförsörjs antingen med ett batteri av IBC-containers eller via en/flera separat(a) tankvagn(ar). Ett dieselaggregat kraftförsörjer pumpen och annan utrustning och en separat enhet förvärmer förbrukningsvattnet till hetvattenpumpen.

Möjligen skall en kombination av ånga och hetvatten användas för bästa resultat.



Figur 38. Prototyp i drift på provsträcka

4 Projektdel 2–4 tillståndsanalys, uppföljning och effektsamband

4.1 Projektdel 2 – förbättrad tillståndsanalys av vegetation i spår

Inom projektet undersöks mätdata som samlats in av IR-sensorerna som sitter på Weedfree on Tracks ogräståg under säsongerna 2017–2019 för att beskriva hur tillståndet (mängden ogräs) har utvecklats på järnvägen över tid. Vegetationens täckningsgrad mäts överallt där ogräståget kör i 9 olika zoner, mellan 65 och 115 cm breda, som täcker in spåret från kant till kant och det är ungefär 1–2 m mellanrum mellan varje mätpunkt. En del i uppdraget är att se hur detta omfattande dataset skulle kunna utnyttjas som ett planeringsverktyg för att mer objektivt mäta såväl behovet av ogräsbekämpning som den långsiktiga effektiviteten hos de ogräsbekämpningsmetoder som används.

Datasetet har under 2020 levererats av Jonathan Caine på Weedfree till Trafikverket och datasetet kommer att undersökas närmare under 2021 i samarbete med Fredrik Andersson på Trafikverket. Samma dataset kommer att utnyttjas även inom projektdel 3 och 4.

4.2 Projektdel 3 – Uppföljning och analys av den kemiska ogräsbekämpningen

Tanken är att projektet ska kunna ge ett svar på hur väl den kemiska ogräsbekämpningen egentligen fungerar långsiktigt. Idag sker stickprovskontroller efter utförd bekämpning där effekten utvärderas, men ingen systematisk utvärdering av hur vegetationen påverkas över längre tid. Det går därför inte att besvara om de insatser som görs idag är tillräckliga eller inte för att upprätthålla en god banstandard.

Inom projektet samkörs data över täckningsgrader (samma dataset som i projektdel 2) med data över hur bekämpningen har genomförts under de senaste åren (som också finns tillgänglig med relativt hög geografisk upplösning) för att undersöka hur ogräsens täckningsgrad förändras över tid med olika bekämpningsintensiteter. Obekämpade s.k. restriktionsytor utnyttjas som kontrolltytor och täckningsgraden i dessa kan jämföras med den som uppmätts i näraliggande bekämpade banavsnitt.

En jämförelse av ogräsfloran och eventuellt fröbanken i ballasten såväl i som nära restriktionsytor på några olika bandelar är också tänkt att genomföras i fält under 2021.

4.3 Projektdel 4 – Analys av effektsamband mellan kemisk ogräsbekämpning och registrerade fel i spåranläggningen

Projektet ska också undersöka den fundamentala frågan om vilka problem som ogräsen egentligen förorsakar i anläggningen (om några). Det finns mycket uppgifter på att ogräs förorsakar en ansamling av organiskt material i bankroppen vilket i sin tur binder vatten och förorsakar diverse problem. Det finns dock inte så mycket underlag som visar att det är ogräsen som förorsakar problemen och att de inte i själva verket är ett symptom på en ansamling av finmaterial i bankroppen.

Inom projektet kommer data över utförda bekämpningar, ogräsförekomst och registrerade fel i anläggningen (t.ex. spårriktningsfel) att samköras för att undersöka om det går att se något samband mellan mycket ogräs och problem.

Ett fältförsök kommer också att genomföras under 2021 på Viskadalsbanan. Banan kommer under senare delen av året att ballastrenas och som en förberedelse på det har mätningar av halten organiskt material genomförts i ballasten. Detta dataset

Fältbesök och provtagning på några fler banor är också inplanerad under 2021 – där syftet är såväl att karakterisera ogräsfloran (projektdel 3) som att ta jordprover för att mäta mängden finmaterial och organiskt material i ballasten i och bredvid restriktionsytor.

5 Projektdel 5 – Undersökning av vindavdrift

5.1 Fältförsök utförda 2019–2020

Försöken har syftat till att bestämma hur mycket glyfosat som sprids till omgivningen genom vindavdrift vid ogräsbekämpning av linjen. Resultaten är tänkta att användas som underlag för en uppdaterad riskkarakterisering av ogräsbekämpningens påverkan på omgivningen.

Totalt har 4 olika fältförsök genomförts på 3 olika bandelar, 2 försök genomfördes under 2019 och 2 st. under 2020. Ytterligare ett fältförsök förbereddes under 2019 men några mätningar kunde inte genomföras då det i fält visade sig att ogräståget hade passerat den tilltänkta försökssträckan en dag tidigare än planerat.

Potentiella försökssträckor har identifierats genom att studera ogrästågets körplan i kombination med handläggarsstödet för ogräsbekämpning (ett kartverktyg som visar var tåget planerar att bekämpa, restriktionsytor, spårkm-tal och annan info), satellitfoton från Google Maps och/eller Eniro.se och i något fall Google Street View.

Kriterier för urvalet av försökssträckor har varit att de ska vara med i körplanen, inte ligga alltför nära restriktionsytor, vara relativt öppna för vindpåverkan, inte stängslade eller avgränsade på annat sätt som hindrar utplaceringen av filterpapper och inte ligga på alltför högtrafikerade spår. Under 2019 genomfördes också fältbesök på flera bandelar för att bedöma om potentiella försökssträckor som identifierats enligt ovanstående var lämpliga.

5.2 Försöksupplägg

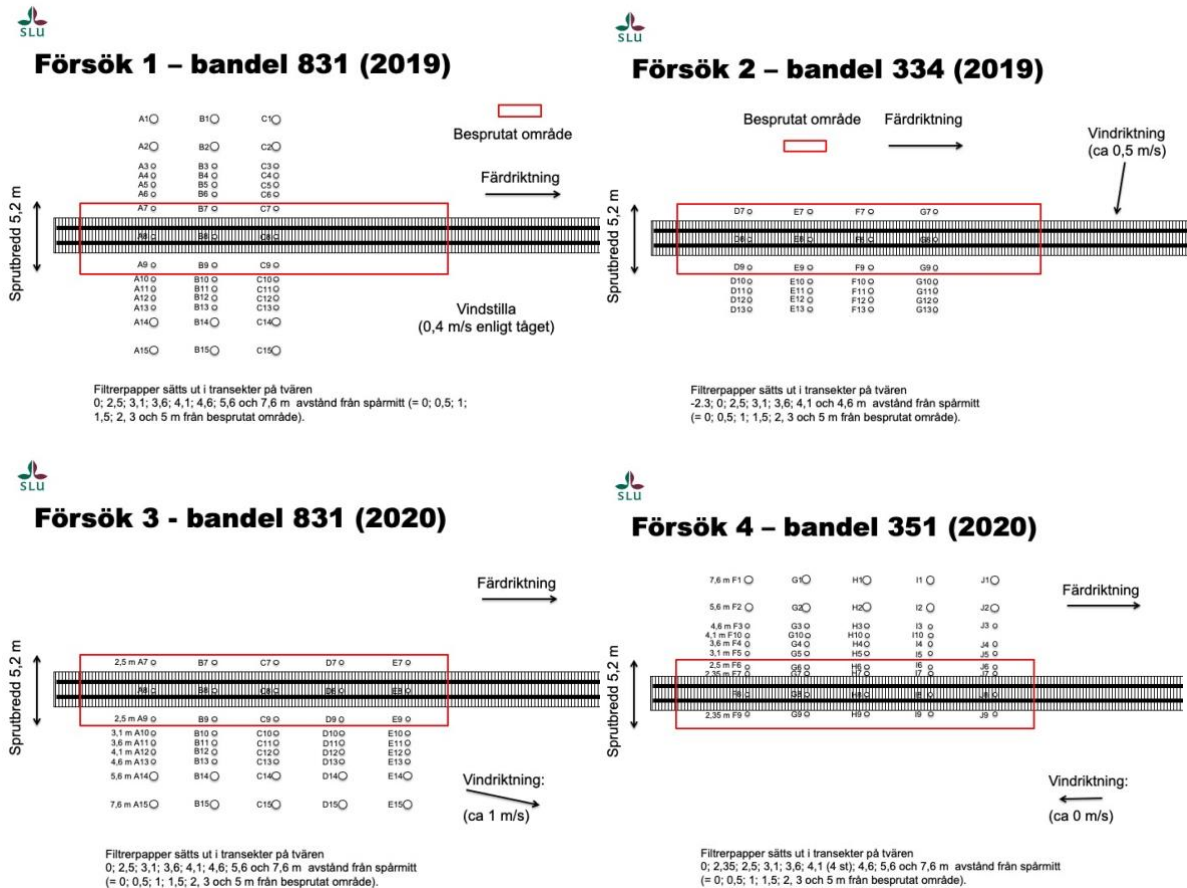
Principen för försöken har varit att glyfosat fångas upp på filterpapper som monterats på särskilda hållare eller utplacerats i petriskålar på, eller på olika avstånd från, järnvägen strax innan ogräståget passerar över försökssträckorna. I typfallet har filterpapper placerats i spårmitt, 2,5 m från spårmitt (i kanten av det besprutade området), samt på 3,1; 3,6; 4,1; 4,6; 5,6 och 7,6 m avstånd från spårmitt, vilket motsvarar 0,5; 1; 1,5; 2; 3 och 5 m från gränsen för det besprutade området. Genom att relatera den uppfångade mängden glyfosat till papprets yta går det att ungefärligt uppskatta den avsatta mängden i g/ha. Vind och vindriktning har mätts med hjälp av en anemometer (Kestrel 5500) som monterats på ett stativ ungefär i ögonhöjd vid själva försökssträckan – ogräståget har också gjort en avläsning av sin vindmätare. Tåget har när det passerar försökssträckan aktiverat samtliga sprutmunstycken samtidigt som det färdats så snabbt som de lokala förutsättningarna medger. Efter besprutningen har försökspappren samlats in i 50 ml polypropylenrör (Sarstedt) och skickats för extraktion och analys hos Eurofins.

Försök 1 genomfördes på bandel 831 – (Nässjö)-(Hultsfred) vid ett kalhygge. Försökssträckan besprutades ca kl. 21:20 på kvällen den 23:e maj 2019. Då förhållandena bedömdes som vindstilla sattes filterpapprena ut i tre transekter som sträckte sig på båda sidor av järnvägen (Figur 39). Filterpapper med större diameter ($\varnothing = 15$ cm istället för 11 cm) användes på de största avstånden från spåret för att öka analysens känslighet.

Försök 2 genomfördes på bandel 531 (Grycksbobanan) och försökssträckan besprutades ca kl. 04:30 på morgonen den 6:e juni 2019. Filterpapper sattes upp i 4 transekter på ena sidan av banvallen i vindens riktning (Figur 39). De yttersta filterpapprena sattes inte ut då de hamnade i en hästhage. Försökssträckan var inte helt idealisk som teststräcka då den endast var delvis öppen mot den intilliggande sjön Grycken på ena sidan.

Försök 3 genomfördes på samma plats på bandel 831 som försök 1. Försöket besprutades på kvällen den 27:e maj 2020. Det blåste en svag vind (ca 1 m/s) och då vindriktningen var väst-nordvästlig, snett utmed järnvägen, och med en prognosticerad mera nordlig riktning placerades 5 transekter med filterpapper ut på banans vänstra (sydliga) sida (Figur 39).

Försök 4 genomfördes på bandel 531 – Frövi-Jädersbruk på en plats som var öppen för vindpåverkan i alla riktningar. Försökssträckan besprutades på kvällen den 14:e juni. Filtreppappren placerades i 5 transekter utmed den norra sidan av banvallen (Figur 39) då vinden prognosticerades svänga till sydlig men det var i princip vindstilla då ogrästtåget passerade.



Figur 39. Översikt över filtrepapperens placering i de fyra olika fältförsöken.

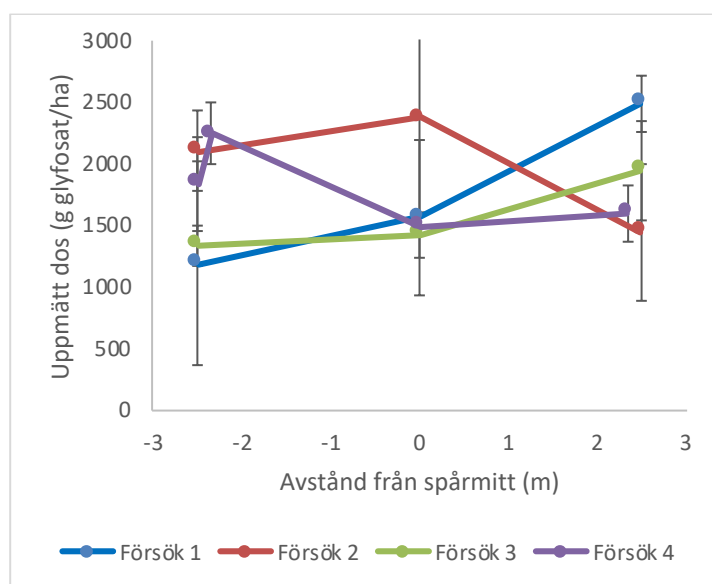
5.3 Resultat

Inget av försöken genomfördes vid särskilt blåsiga förhållanden – vindstyrkorna har bedömts vara 0–1 m/s (Tabell 2). Vindstyrkan som rapporterades från ogrästtåget har dock konsekvent varit högre än den som uppmättes på plats. Detta kan bero på att tågets vindmätare sitter högre upp eller på att mätningen inte kompenserar för tågets egen rörelse på ett adekvat sätt.

Tabell 2. Översikt över vindstyrka och färdhastighet

	Uppmätt vindstyrka – anemometer (m/s)	Uppmätt vindstyrka – ogräståget (m/s)	Tågets hastighet (km/h)	Uppmätt genomsnittlig dos (g/ha)
Försök 1	Vindstill	0,9	48	1756
Försök 2	0,5	1,3	46	1977
Försök 3	1	2	41	1573
Försök 4	Vindstill	1,8	33	1795

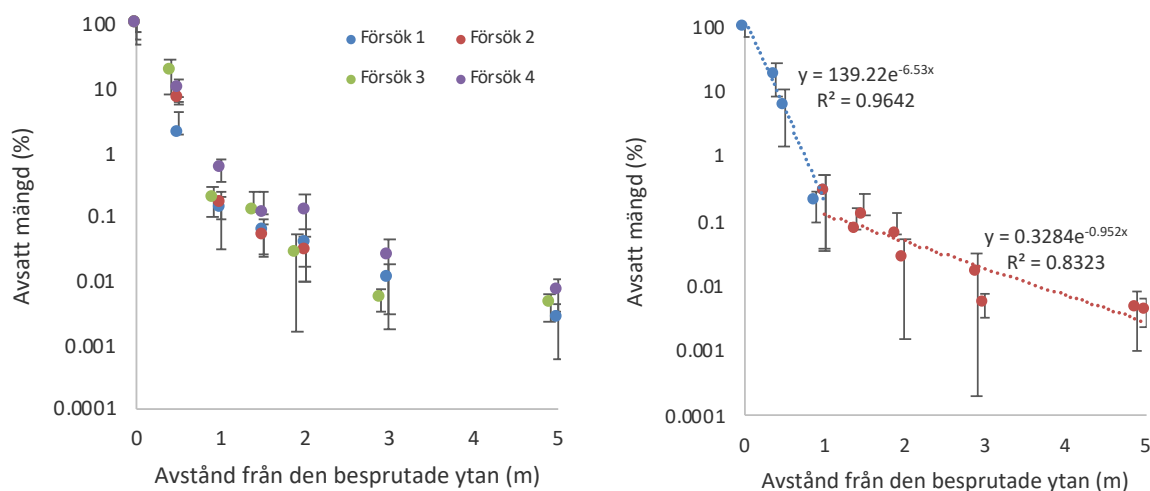
Doserna som uppmättes uppe i själva spåret varierade ganska mycket mellan olika enskilda filtrerpapper – vilket inte är helt oväntat med tanke på den begränsade upptagsytan på varje papper och den huvudsakligen grova droppstorleken. Den genomsnittliga uppmätta dosen ligger dock ganska nära den föreskrivna (1800 g glyfosat/ha; Tabell 2). I flera av försöken såg det dock ut som att mer glyfosat spreds ut på den ena sidan av banvallen än den andra. I försök 1 där avdriften mättes på båda sidor om banvallen var den uppmätta dosen på vänster sida (1200 g/ha) betydligt lägre än på höger sida (2500 g/ha) (Figur 40). I försök 2 såg dosen ut att vara lägre och i försök 3 och 4 högre på den sidan av banvallen där avdriften mättes.



Figur 40. Uppmätta ha-doser utifrån vad som fångats upp på filtrerpappren i själva spåret.

För att normalisera för eventuella skillnader i dos och skillnader i besprutningsmönster uttrycktes avdriftresultaten därför för samtliga försök som % av

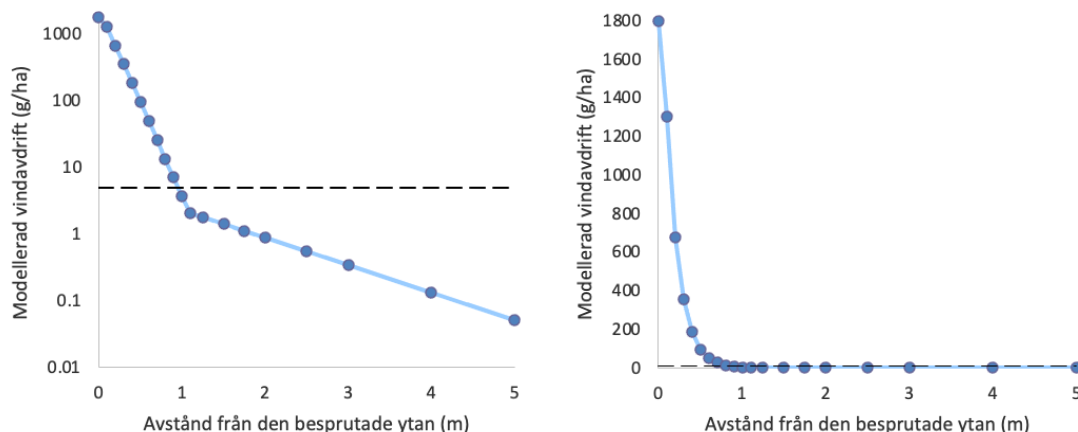
den dos som uppmättes i kanten av det besprutade området (på 2,5 m från spårmit) (Figur 41).



Figur 41. Genomsnittlig vindavdrift från samtliga försök \pm standardavvikelse uttryckt som % av den avsatta mängden som uppmättes i kanten av det besprutade området i respektive försök och plottade med log-skala. Till vänster visas resultaten för de individuella försöken och till höger har samtliga resultat räknats samman och delats upp i två zoner 0–1 m och 1–5 m.

Resultaten visar att huvuddelen av preparatet avsätts inom den första metern (Figur 9). På en meters avstånd från det besprutade området har den deponerade mängden minskat till i genomsnitt $0,3 \pm 0,2$ % av den använda dosen, motsvarande 5 ± 4 g/ha med den föreskrivna dosen på 1800 g glyfosat/ha. Därefter fortsätter den deponerade mängden att avta men med en lägre minskningshastighet. Avdriftskurvorna kan beskrivas väl med exponentiella funktioner för dessa båda faser (Figur 41). En tolkning är att huvuddelen av sprutvätskan (> 99%) består av relativt stora droppar som sedimenterar hastigt inom den första metern, men att en liten fraktion består av finare droppar som inte sedimenterar lika hastigt och därmed kan röra sig längre bort från banvallen.

Modellerna kan användas för att beräkna avdriften för godtyckliga avstånd från järnvägen vilket kan användas som ett verktyg för riskkaraktisering och riskbedömning av avdriften. För riskkaraktiseringen är det dock förmodligen rimligt att utgå från den 90:e percentilen för avdriftsvärdena snarare än från genomsnittsvärdena som visas här (Figur 42).



Figur 42. Visar ett exempel på skattade typiska avdriftsvärden i g glyfosat/ha baserat på en anpassning av de genomsnittliga uppmätta avdriftsvärdena. Den streckade linjen visar 5 g/ha vilket är det värde som i en metaanalys av påverkan på vegetation från vindavdrift av glyfosat bedömdes ge 95% skyddsvärde för växter (Cederlund 2017).

Den tidigare genomförda riskkarakteriseringen (Cederlund 2015b) baserades på avdriftsdata uppmätta från Bayers ogräsbekämpningståg (Wygoda et al. 2006). Värdena som har uppmäts inom detta FOI-projekt visar inte på högre avdrift men kompletterar de tidigare mätningarna med information om avdriften på avstånd mindre än 3 m från besprutningsgränsen (dvs. den zon där effekter på omgivningen är mest sannolik).

6 Slutsatser och rekommendationer

Tidigare undersökningar har identifierat ett antal icke-kemiska metoder för vegetationsbekämpning i spårmiljö. Dessa metoder är generellt långsammare och dyrare än den normala kemiska bekämpningen. Det finns även en generell uppfattning att flera av de icke-kemiska metoderna har påverkan på räls, slipers, signalsystem eller arbetsmiljö och att de därför inte kan användas mer än i undantagsfall.

I de fall som kemisk bekämpning inte får eller kan utföras är givetvis icke-kemisk bekämpning det enda alternativet. Det finns ingen möjlighet att välja ut en särskild metod som under alla omständigheter är den mest optimala. De termiska metoderna kräver alla en stor insats av bränsle för att producera hetvatten eller ånga. De mekaniska metoderna är förhållandevis långsamma, men kan monteras på antingen rälsgående arbetsfordon eller vanliga arbetsfordon för bekämpning utanför spårområdet. Vissa mekaniska metoder ger effekter som också är positiva för den biologiska mångfalden (skrapning och rotryckning), varför det är angeläget att just dessa metoder undersöks vidare och utvecklas.

Sammantaget innebär dock en övergång till ökad icke-kemisk vegetationsbekämpning att Trafikverket måste ha tillgång till flera olika verktyg beroende på:

a) vilken yta som skall bekämpas (i spår, utanför spår, på uppställningsspår med få vagnrörelser eller på starkt trafikerade spår).

b) vilken typ av effekt man vill åstadkomma med behandlingen (engångsinsats mot sly, åtgärd för att främja biologisk mångfald, regelbunden bekämpning av ogräs)

c) utgångsläget för åtgärden (underhåll av tidigare välskött yta, återställning av kraftigt vegetationsbevuxen yta).

d) hur ofta man vill eller avser utföra åtgärden (kostnadsstyrd, effektstyrd, platsspecifik).

e) vem som skall ansvara för att åtgärden utförs och därmed styr över åtgärderna över tid och därmed väljer metoder att använda.

Flera av dessa frågeställningar hänger mycket tätt ihop och behöver lösas samtidigt som man utvecklar eller genomför ytterligare provningar i fält.

6.1 Icke-kemiska metoder

Det finns dåligt underlag för att kunna bedöma de olika icke-kemiska metodernas effekt över tid, på olika underlag (grus-makadambanvall) och med olika utgångsläge vad gäller ogräsförekomst. Det vore därför bra om man på några platser i landet kan anlägga testytor där man genomför bekämpningsåtgärder för att över tid se effekter, arbetsinsats, påverkan på flora och tekniska installationer. Ytorna behöver inte nödvändigtvis vara stora, men skall kunna skötas med maskiner och representera typiska spårmiljöer. Utförandet sker lämpligast i samarbete mellan SLU, RISE, Trafikverket och valda entreprenörer.

Vi har under 2019–2022 genomfört utveckling och provning av några metoder i spår. Syftet har varit att erhålla kunskap om redskapens tillämpbarhet i spår samt studera långtidseffekter (veckor-månader) av de utförda åtgärderna. Förslagsvis väljs 1–3 platser ut i landet där man kan studera frågor såsom effekterna av rotryckning (andra metoder också) på banvallar med grus respektive makadam; arbetskostnader och påverkan på ogräsfloran; återetablering av vegetation, effekter av antalet behandlingar, arbetsinsats, maskinsystem mm. Platserna kan också användas för intern utbildning av personal vid Trafikverket.

6.2 Teknik för skrapning och rotryckning

Vi har utvecklat två prototyper för rotryckning och skrapning/krattning. Båda dessa verktyg förefaller vara användbara, men prototyperna behöver förbättras vad gäller

design och materialval. Denna utveckling sker lämpligast i nära samarbete med några entreprenörer som erbjuder tjänsten samt med upphandlade enhet vid Trafikverket.

I projektet TRIEKOL har man undersökt effekten av rotryckning på den biologiska mångfalden (Henrik Weibull, presentation TRIEKOL seminarium 2019-01-15). Såväl Henrik Weibull vid Naturcentrum AB som Jörgen Wissman vid Centrum för Biologisk Mångfald vid SLU poängterade att rotryckning ger bäst resultat av de tre metoderna röjning, skrapning och rotryckning. Man kunde inte bedöma kostnaderna för rotryckning eftersom entreprenörerna inte registrerar så detaljerat hur mycket tid eller exakt vilka maskiner som används.

6.3 Teknik för hetvatten och/eller ånga

Vår utvärdering av hetvatten bekräftar att det krävs ett antal upprepningar under en säsong för att tekniken ska ge tillräckligt god effekt. Den oväntat låga vattentemperaturen vid behandlingen av våra försökssträckor har dock sannolikt försvagat effekten och det faktum att utvärderingen bara kunde genomföras på en mindre försökssträcka gör resultaten svårtolkade.

Generellt gäller att begränsad arbetshastighet och hög vattenförbrukning gör att metoden i dagsläget främst är intressant för driftplatser. För att tekniken skall vara tillgänglig för större ytor krävs att ett spårburet aggregat utvecklas som kan behandla längre sträckor utan behov av vattenpåfyllnad eller större manuell betjäning. Ett sådant hetvattenbekämpande ogräståg har utvecklats av SBB men det finns i dagsläget inte så mycket uppgifter på hur effektiv den utrustningen är. Vid vidare utveckling av hetvatten som metod bör man jämföra effekten mot andra metoder i provytor. En fråga är t ex hur stora ogräs som kan bekämpas och om metoden kan kombineras med andra metoder för en sammantaget större effekt. Det vore också bra att få fram en bättre uppfattning om vilken energidos (i princip temperatur x vattenmängd per ytenhet) som är optimal att använda ur effektivitets- såväl som miljösynpunkt.

6.4 Vindavdrift

Vi har genomfört 4 fältförsök där vi har uppmätt vindavdriften på mellan 0,5–5 m avstånd från det besprutade områdets gräns. Resultaten visar att på 1 m avstånd från det besprutade områdets gräns så har den deponerade mängden minskat till i genomsnitt $0,3 \pm 0,2$ % av den använda dosen, vilket motsvarar som mest 5 ± 4 g glyfosat/ha med den föreskrivna dosen på 1800 g glyfosat/ha. Resultaten är i linje med tidigare genomförda mätningar av vindavdrift från ogräståg i Tyskland och Ungern men lite mer högupplösta på avstånd som ligger nära spåret vilket ger ett bättre underlag för riskbedömning.

7 Litteratur

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

Cederlund, H. 2015b. “Riskkaraktärisering Av Oavsiktlig Spridning Av Glyfosat Vid Ogräsbekämpning På Järnväg.” Rapport från Institutionen för mikrobiologi, Sveriges lantbruksuniversitet.

Cederlund, H. 2016. *Studier av ogräsbekämpning på banvallar 2006-2015 – Resultat och slutsatser från 10 års tillämpad forskning*. Rapport från Institutionen för mikrobiologi, Sveriges lantbruksuniversitet.

Cederlund, H. 2017. “Effects of Spray Drift of Glyphosate on Nontarget Terrestrial Plants-A Critical Review.” *Environmental Toxicology and Chemistry* 36: 2879–86.

Fogelberg, F. 2011. *Teknik för bedömning av vegetationsbekämpningsbehovet på banvallar – en förstudie*. Uppdragsrapport JTI.

Hansson, D; Mattsson, B. & Schroeder, H. 1995. *Vegetationsbekämpning på banvallar – en förstudie om förebyggande åtgärder samt icke-kemiska metoder*. Institutionen för lantbruksteknik, Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 191.

Huisman, M. 2001. *Reglering av vedartad vegetation utmed järnvägar och vägar – en litteraturstudie över kunskapsläget*. Institutionen för lantbruksteknik, Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 247.

Magnusson, Clara. 2020. *Ogräsbekämpning På Järnväg - En Jämförande Studie Av Alternativ till Glyfosat*. Examensarbete vid Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet.

Wygoda, H-J, D Rautmann, H Ganzelmeier, P Zwerger, and S Gebauer. 2006. “Ergebnisse Aus Abdriftmessungen Mit Einem Spritzzug.” *Nachrichtenblatt Des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 58: 323–26.

