

ForEDGE – en plattform för forskning och demonstration kring utveckling av skogsbryn i infrastrukturmiljöer

Björn Wiström, Anders Busse Nielsen, Blaž Klobučar
Institutionen för Landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Rapport 2015:4
ISBN 978-91-87117-94-7
Alnarp 2015



LANDSKAPSARKITEKTUR
TRÄDGÅRD VÄXTPRODUKTIONSVETENSKAP
Rapportserie

ForEDGE – en plattform för forskning och demonstration kring utveckling av skogsbyn i infrastrukturmiljöer

Björn Wiström, Anders Busse Nielsen, Blaž Klobučar
Institutionen för Landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Rapport 2015:4
ISBN 978-91-87117-94-7
Alnarp 2015

Förord

Denna studie har finansierats av Trafikverket, via projektet 'Implementering och utvärdering av utvecklade skötselmetoder och modeller vid röjning av vegetation vid underhåll av skötselgator efter träsäkring' samt Institutionen för Landskapsarkitektur, planering och förvaltning vid SLU Alnarp. Vi är mycket tacksamma för det nära och givande samarbetet med vegetationsingenjör Jan-Erik Lundh vid Trafikverket.

Innehållsförteckning

s1 - Sammanfattning

s2 - Introduktion

s3 - Metod

s3 - Studieobjekt och översikt över arbetsgången i projektet

s4 - En kort sammanfattning av ZSC

s4 - En kort sammanfattning av BATAG

s4 - Inventering 2011

s5 - Förklarande parameterar för skötselgatans återväxt

s7 - Analys av inventeringen från 2011

s7 - Urvalsmetodik för lokaler

s8 - Försöksdesign, utläggning och inmätning 2014

s11 - Kommunikation till utförare

s11 - Evaluering utifrån ett utförarperspektiv

s12 - Resultat och diskussion

s12 - Regressionsträd – Val av lokaler

s15 - Valda lokaler

s16 - Maxhöjder och andelen BATAG-arter

s17 - Røjarnas upplevelse kring utförandet

s18 - Røjarnas omdöme om behandlingarna

s19 - Slutsats

s20 - Referenser

s22 - Appendix

s24 - Abstract

Sammanfattning

Utvidgade skötselgator som skapas vid trädsäkring av järnvägar kan röjas selektivt för att utveckla skogsbryn som kan bidra till naturvården och landskapsbilden. För detta krävs robusta skötselmodeller för skogsbryn anpassade till infrastrukturmiljöer. Trafikverket har därför finansierat forskning och utveckling av nya skötselmodeller för skogsbryn. Denna rapport redovisar etableringen av ett fullskaligt sköselförsök - ForEDGE (Forest Edge Development Gradient Experiment) där dessa skötselmodeller har lagts ut på 25 olika lokaler längs Södra stambanan och ger en första preliminär bedömning av dessa modeller.

Introduktion

Sedan 2008 har mer än 3000 km järnväg trädsäkrats i Sverige för att ge en mer driftsäker tågtrafik med minimerad risk för fallande träd på kontaktledningar och spår. Detta sker genom att skötselgatan utvidgas med avverkning av den närliggande skogen med ytterligare 10 meter på vardera sidan om järnvägen. Genom selektiv röjning av återväxten i den avverkade kantzonen bör Trafikverket kunna styra vegetationen mot mer trädsäkra skogsbryn med ökade naturvärden, minskad negativ kanteffekt på närliggande bestånd samt en mer upplevelserik landskapsbild (Buckley et al., 1997; Fry och Sarlöv-Herlin, 1997; Hamberg et al., 2009; Wuytz et al., 2009). Kunskapsläget kring hur detta bör ske är dock kraftigt eftersatt vilket har gjort att Trafikverket initierat ett utvecklings- och forskningsprojekt tillsammans med Sveriges Lantbruksuniversitet. Projektet har resulterat i en bättre förståelse av återväxten i skötselgatan (se Wiström och Nielsen 2014a) och två skötselmodeller: ZSC (se Wiström et al., 2015a; 2015b) samt BATAG (se Wiström och Nielsen, 2015). Nästa steg i projektet har varit att använda denna fördjupade kunskap för att prova och testa de två skötselmodellerna och samtidigt skapa en rad demonstrationsytor som kan användas för utbildning av beställare och utförare som arbetar med förvaltning av skötselgator och andra infrastrukturmiljöer.

Metod

Studieobjekt och översikt över arbetsgången i projektet

Södra Stambanan mellan Malmö och Stockholm har använts som studieobjekt eftersom den fångar en stor bredd av olika vegetations- och landskapstyper samt var en av de tågsträckor som träsäkrades först i Sverige. Under 2011 utfördes en större inventering där 78 slumpvis stratifierade lokaler längs hela sträckan inventerades. Genom multivariata analyser på dessa data identifierades tio parameterar som var avgörande för återväxten i skötselgatan (se Wiström och Nielsen 2014a för en sammanfattning). Analyser av artsammansättningen tillsammans med praktiska överväganden och syntes av tidigare forskning användes sedan för att ta fram skötselmodellen BATAG (Wiström och Nielsen, 2015). Parallellt med detta utarbetades och testades en annan skötselmodell som kombinerade förutsättningarna från stambanan med insikter från Alnarps Landskapslaboratorium (Wiström och Nielsen, 2014b) samt skötselmodeller för en urban kontext, vilket gav upphov till ZSC – Zoned Selective Coppice (Wiström et al 2015a; 2015b). Med hjälp av regressionsträd (Regression Tree) togs sedan en gruppering av de 78 lokalerna fram och utifrån denna gruppering och vidare analyser valdes 25 lokaler ut för test av de två skötselmodellerna. Under hösten 2014 lades sedan ett forsknings- och demonstrationsförsök ut på dessa 25 lokaler längs med södra stambanan. Efter utmärkning och inmätning röjdes sedan dessa lokaler av erfarna röjare och deras synpunkter och utvärdering av skötselmodellerna dokumenterades.

En kort sammanfattning av ZSC

ZSC baseras på Rydbergs (2000) idé om att använda maxhöjder för att avgöra vilka individer som ska tas ned, men gör det i olika zoner där höjden är som högst i den inre brynzonen och sedan minskar stegvis genom den mittersta till den yttre brynzonen. Minskningen av maxhöjd innebär initialt att fler individer huggs i mellersta zonen och ännu fler i den yttre, vilket gör att en gradient i röjningsstyrka uppstår. Genom återupprepade ZSC-behandlingar kommer teoretiskt snabbväxande pionjärträddarter kontinuerligt att missgynnas medan lägre buskar och småträd gynnas, samtidigt som en gradient av höjd och röjningsstyrka understödjer en zonering av mer

lågväxande ljuskrävande arter i de yttre delarna och mer skuggtåliga och högre buskar och småträd längre in i brynet (Larson och Oliver, 1996; Rydberg, 2000). Genom att ZSC enbart baseras på maxhöjder behöver röjarna inte ha någon artkunskap. För mer information om ZSC se (Wiström et al., 2015a; 2015b)

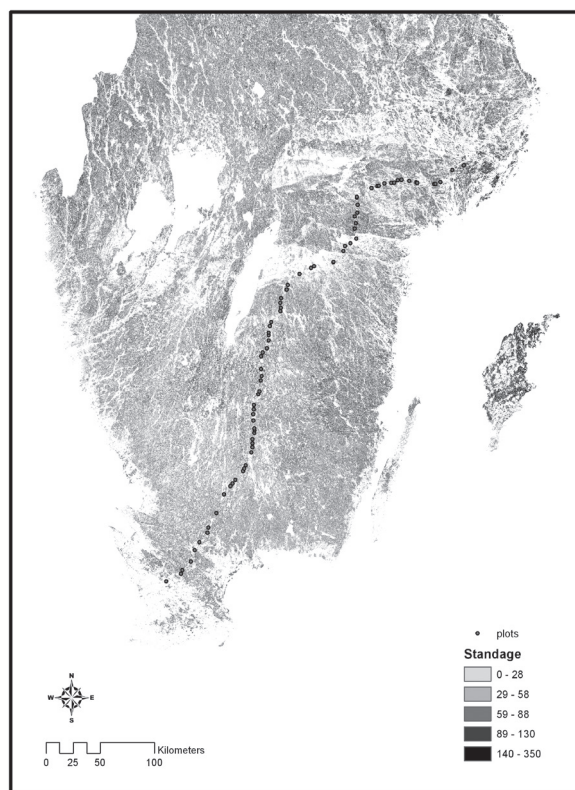
En kort sammanfattning av BATAG

BATAG som är en förkortning av Björk, Asp, Tall, Al och Gran bygger på idén att om fokus läggs på att reducera dessa dominerande trädarter så kommer den vegetation som sparas i stor utsträckning vara de arter som behöver gynnas för att utveckla mer trädresilienta bryn med högre mångfald av arter och upplevelser. Trots att BATAG inte kräver att utföraren har en stor artkunskap gynnar modellen ändå en hög variation av olika småträd och buskar. För mer information om BATAG se Wiström och Nielsen (2015).

Inventering 2011

Mot slutet av växtsäsongen 2011 inventerades 78 lokaler längs med Södra stambanan. Baserat på definitionen för skogsbryn i NILS och på stratifierad slumpning lades lokalerna ut längs sträckan och inventerades därefter (Figur 1). På varje lokal inventerades två huvudplotar om 10x35 meter – den ena belägen i den trädsäkrade delen och den andra inne i det angränsande beståndet.

På varje lokal noterades alla lignoser och en rad olika ståndortsparametrar mättes baserat på de etablerade definitionerna för bonitering i fält (Hägglund och Lundmark, 2007; 2010). Artsammansättningen och dess dominans



Figur 1: De 78 lokalerna längs med Södra stambanan som inventerades 2011, © Lantmäteriet, i2014/764 samt SLU Forest Map (kNN-Sverige, 2010)

i det gamla brynet och skötselgatan registrerades genom 20 stratifierade delprovytor. Dessa delprovytor lades ut på 4 transekter som placerades vinkelrätt genom brynet med 10 meters avstånd. För skötselgatan användes två samplingsnivåer för delprovytorna; inom 0.5 meters radie räknades alla plantor lägre än 1 meter och inom 1 meters radie räknades alla stammar mellan 1 och 5 meters höjd. För delprovytorna inne i beståndet mättes även omkretsen i brösthöjd för alla individer högre än 5 meter inom en radie på 2 meter. Baserat på dessa mätningar summerades en artmatris fram för skötselgatan baserat på antalet stamantal per art. För att inkludera småplantor som möjligen med tid kan bli en del av återväxten räknades även individer under 1 meters höjd in, men minimerades till endast en förekomst per delprovyta.

Förklarande parameterar för skötselgatans återväxt

Genom multivariata analyser på samma dataset som beskrivs ovan identifierade Wiström och Nielsen (2014a) tio förklarande parametrar för återväxten i skötselgatan. För att kunna göra ett adekvat urval av lokaler för ett försöksupplägg samt tillhörande återväxttyper bör dessa parameterar därför inkluderas i en sådan urvalsprocess. En kort beskrivning av dessa parameterar presenteras nedan.

Fältskiktstyp: Fältskiktstyp klassificerades inne i beståndet utifrån Hägglund och Lundmark (2007a; 2010) och bygger på indikatorarter och deras täckning. Genom att ackumulera dessa täckningsgrader fås en fältskiktstyp som kan användas för att uppskatta boniteten på beståndet. Baserat på vilken bonitet de olika fältskiktstyperna ger (Hägglund och Lundmark, 2007b) samt sammanslagning av vissa undertyper används följande typer i en ordinalskala: i) högörtstyp, h) lågörtstyp, g) utan fältskikt, f) bredbladig grästyp, e) smalbladig grästyp, d) blåbärstyp, c) lingontyp, b) ljung-kråkbärstyp och a) starr-fräkentyp.

Markfukt: Markfukt speglar den generella tillgången på vatten i marken och bygger på Hägglund och Lundmarks (2007a) klassificering. Dock har intermediära klasser infogats i samstämmighet med bland andra Ellenberg (1988) vilket ger följande ordinalskala: a) torrt, b) något torrt, c)

friskt, d) friskt-fuktigt, e) fuktigt, f) mycket fuktigt, g) blött och h) mycket blött.

Krontäckning: Den estimerade krontäckningen i 5 % intervaller inne i det gamla brynet (närliggande beståndet)

BrynDripline: Hur långt trädens kronor i brynets ytterkant når ut över skötselgatan indikerar brynets tidigare profil innan avverkningen.

CBH_CV: Statistiskt mått på spridningen av storlekar hos träden baserat på deras omkrets i brösthöjd, indikerar skiktningen i brynet innan avverkning.

Humiditet: Medelnederbörden subtraherat med avdunstning och transpiration under vegetationsperioden, baserat på GIS-data.

Altitud: Höjd över havet baserat på GIS-data.

kNNAge_SD: Standardavvikelsen för medelåldern på skogen i landskapet uträknat från SLUs Skogskarta (kNN-Sverige 2010) baserat på en 1000 meters radie runt varje lokal.

SHAPE_MN: Graden av komplexitet i formerna hos landskapets element indikerar formen på övergångszonerna i landskapet. Till exempel ges raka skogsbryn ett lågt värde medan flikiga former ger ett högre värde. *SHAPE_MN* beräknades med programmet FRAGSTAT 4 (McGarigal et al 2012) baserat på en 1000 meters radie runt varje lokal.

TECI: Index för den totala kontrasten i landskapets övergångszoner. Exempelvis har övergången mellan två olika skogstyper en låg kontrast medan övergången mellan skog och öppen mark har en hög kontrast. *TECI* beräknades med programmet FRAGSTAT 4 (McGarigal et al 2012) baserat på en 1000 meters radie runt varje lokal.

Analys av inventeringen från 2011

Wiström och Nielsen (2015) visade för datasetet från Stambanan att det fanns både tendenser till tydliga grupper bland de olika lokalerna men även underliggande gradienter. Enkom artgrupper eller enbart underliggande gradienter är sällan optimalt i ett praktisk planerings- eller skötselarbete (De'ath, 2002). En kombination av de båda där grupperingarna istället relateras till de mest förklarande gradienterna och eventuella indikatorarter är därför ofta ett intressant alternativ (Dufrene och Legendre, 1997; De'ath, 2002; Borcard et al., 2011). Utifrån denna utgångspunkt analyserades därför artmatrisen (Chord transformerad) tillsammans med de 10 förklarande parameterana i ett regressionsträd, vilket innebär att klassificeringen av de olika lokalerna görs genom en iterativ process som guidas av de förklarande variablerna. Denna process försöker hitta en optimal nivå mellan antal kluster och mängden förklarande variabler. Analysen kompletterades även med Dufrene och Legendres (1997) Species Indicator Values för de olika grupperna och brytningspunkterna för de förklarande parameterana. Analysen utfördes i R (R Core Team 2014) med tilläggs paketerna *vegan* (Oksanen et al., 2014), *labdsv* (Roberts, 2013) *mvp* (Therneau et al., 2013) och *MVPARTwrap* (Ouellette och Legendre, 2013) utifrån den beskrivning som ges av Borcard et al. (2011).

Urvalsmetodik för lokaler

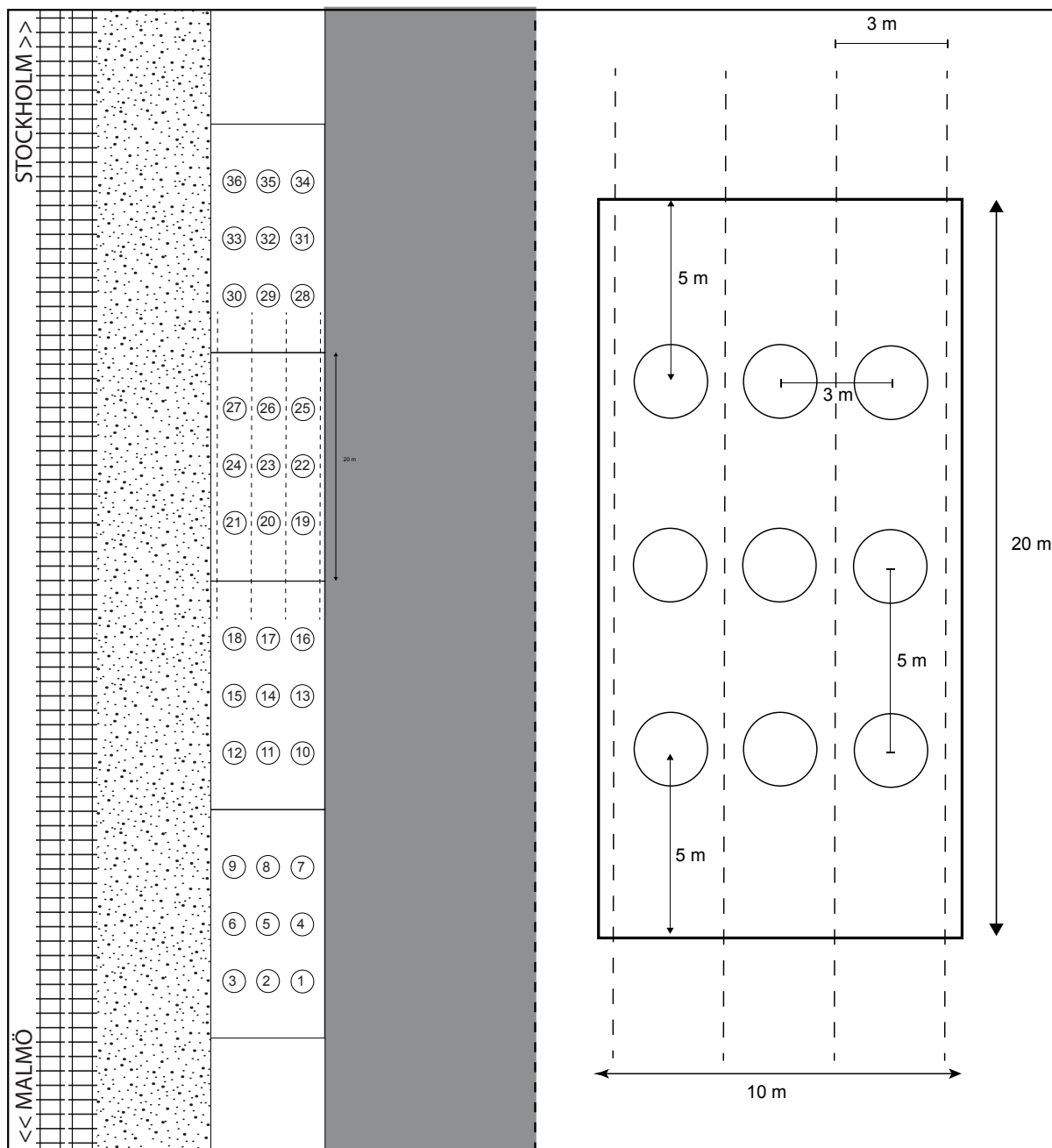
Utifrån de 5 grupper som regressionsträdet gav gjordes ett urval med 5 möjliga försökslokaler per grupp. Urvalet baserades på ett flertal aspekter. Först och främst måste lokalen vara tillräckligt lång för att rymma de tänkta behandlingarna, ca 100 meter tämligen homogen yta sett till vegetation och topografi. Detta urval baserades på flygbildtolkning av lokalerna tillsammans med genomgång av fältnoteringar och foton från 2011 års inventering. Speciellt för de nordligare delarna av sträckan genom Södermanland och delvis Östergötland var det svårt att hitta lokaler som var tillräckligt långa då den brutna topografin i relation till stambanans dragning genom landskapet gav upphov till stora skiftningar när ytstorleken skulle utökas från 2011 års 35 meter till 100 meter. Trots att en jämn geografisk spridning eftersträvades, ledde

detta till en viss skevhet i lokalernas spridning, med färre lokaler i norr. I de fall då några lokaler var jämbördiga valdes de som var mer lättillgängliga för att öka deras potential som demonstrationsytor. Vidare valdes reservlokaler ut ifall någon lokal i fält skulle visa sig vara otillräcklig. Slutligen ritades grafer upp med de valda lokalerna i relation till de parameterar som inte var avgörande vid klassificeringen i regressionsträdet. Genom att studera dessa var det möjligt att avgöra om det fanns några tydliga systematiska urvalsfel. När slutligen alla dessa kriterier var uppnådda planerades fältarbetet utifrån dessa kandidatlokaler.

Försöksdesign, utläggning och inmätning 2014

För varje lokal lades fyra olika behandlingar ut i form av ZSC, BATAG, en klassisk skötselgaturöjning där all vedartad vegetationen röjs ner samt en kontrollbehandling i form av fri utveckling utan skötsel. Upprepning av behandlingarna inom lokalen undveks då det skulle kräva för mycket plats samt att vi var mer intresserade av skillnader i effekt mellan lokalerna än inom lokalerna i enligt med resonemanget som förs av Binkley (2008). Behandlingsytan sattes till 20 meters längd i riktning längs med järnvägen och 10 meters bredd så att enbart den nyavverkade skötselgatan ingår i försöket. Storleken på behandlingarna valdes för att motsvara den dubbla tänkta maxhöjden på träd inom brynet, 2 x 10 meter (Scherer-Lorenzon et al., 2005). Även om en längre sträcka minskar risken för interna kanteffekter var detta inte praktiskt möjligt med tanke på att det även kraftigt ökar risken för att lokalen kommer att innehålla en för stor variation (Baeten et al., 2013). Behandlingarnas plats slumpades ut inom lokalerna. I vissa specialfall när någon av BATAG eller ZSC på grund av de platsspecifika egenskaperna övergick i något av de andra behandlingsalternativen slumpades behandlingarna dock om på plats. Varje hörn av behandlingarna markerades först ut med en orange plastkäpp. Därefter mättes vegetationen inom varje behandling ut. Detta skedde med nio stratifierade delprovytor med 1 meters radie per behandling. Delprovytorna placerades med 5 meters mellanrum i längdriktningen och 3 meters mellanrum i bredd så att det uppstod en 5 meters buffertzona mot de närliggande behandlingarna (Figur 2). Inom varje delprovyta mättes höjden (dm) artvis på alla vedartade stammar som var 5 dm eller högre (ris och halvbuskar ej inkluderade). För varje delprovyta uppskattades även täckningen av hallon *Rubus idaeus*

samt fältskiktets totala täckning i 10 % intervaller. Även medelvärdet för fältskiktets höjd i dm uppskattades för varje delprovyta utifrån en mätstav. Varje delprovyta nummerades individuellt och markerades även med ett lågt orange plaströr (se figur 2). Koordinater för alla hörn och



Figur 2: Översiktsplan av försöksdesignen på de enskilda lokalerna. Närmast spårområdet ligger den gamla skötselgatan (prickad yta) där all vedartad vegetation förutom enar har röjts ner. Den följs av den nya skötselgatan (vita ytor) där de fyra olika behandlingarna har slumpats ut. Ovanför och nedanför dessa har ytan röjts utifrån röjarnas egna bedömningar. Innanför den nya skötselgatan tar det gamla brynet och skogen vid (grå yta). Numrering av delprovytorna (cirklarna) visar den metodik som använts på alla lokaler för detta. Till höger i bilden visas en uppförstoring av utläggningen av delprovytorna som sker i varje av de fyra behandlingarna.

centrum på behandlingsytorna mättes in med GPS och markerades dessutom med en nedtryckt metallstav. Efter inmätningen märktes behandlingarna ut med väderbeständig snitsel som syns väl även i blött väder (Tabell 1). Den klassiska röjningen samt ytan för fri utveckling märktes ut ytvis. För BATAG och ZSC skedde snittsligen stamvis genom att alla stammar som skulle tas ned markerades. För BATAG snitslades alla stammar av vårtbjörk *Betula pendula*, glasbjörk *Betula pubescens*, asp *Populus tremula*, tall *Pinus sylvestris*, klibbal *Alnus glutinosa* och gran *Picea abies*. För ZSC mättes tre zoner upp (motsvarande ett vanligt röjningstråk i bredd) så att delprovytorna låg i deras centrum (se figur 2). För varje zon räknades en maxhöjd ut på följande sätt. Baserat på maxhöjderna i varje delprovyta räknades kvartilerna ut; den undre kvartilen gav höjden för den yttre zonen mot järnvägen, medianen den mellersta zonens maxhöjd och den övre kvartilen maxhöjden för den inre zonen närmast det angränsande beståndet. Dessa maxhöjder markerades sedan på en mätstav som användes för att avgöra vilka individer som överskred maxhöjderna och skulle snitslas för nertagning. I något enstaka specialfall var dock antalet stammar så lågt i behandlingarna att det behövdes extra slumpmässiga mätningar av höjden inom ytan för att kunna beräkna kvartiler. Slutligen snitslades en hjälpmarkering ut med neonrosa snitsel för att markera hela lokalens position för att lättare kunna hitta fram till den. Detta kompletterades även med att stolpnummer noterades för nordlig (mot Stockholm) och sydlig riktning (mot Malmö) om lokalen.

Tabell 1: Sammanfattning av hur snitslingen (utmärkningen) av de olika behandlingarna utförts

<i>Behandlingens namn</i>	<i>Snitselfärg</i>	<i>Snitselsätt</i>	<i>Beskrivning</i>
Fri Utveckling	BlåVit	Ytvis	Ingen röjning – Fri utveckling
Klassisk	Rödvit	Ytvis	Allt inom ytan röjs
ZSC	Röd	Stamvis	Baserat på olika höjdmaximum för tre olika röjningstråk (zoner) röjs individerna bort.
BATAG	Röd	Stamvis	All Björk, Asp, Tall, Al, Gran röjs bort inom ytan

Kommunikation till utförare

Efter att alla lokaler märkts ut och markerats under hösten 2014 sammanställdes instruktioner för hur röjningarna skulle utföras samt kartmaterial för lokalernas positioner och de olika behandlingarnas positioner. Trafikverket upphandlade två erfarna röjare till röjningarna och innan röjningarna startade skedde en genomgång med dessa i fält på en av lokalerna kring försökets upplägg, instruktionsmaterialet och hur röjningarna skulle genomföras. Förutom att röja de snitslade ytorna ingick även i röjarnas uppdrag att fortsätta att röja 10-15 meter i slutet av lokalerna åt båda håll utifrån vad de tyckte var det bästa sättet för den givna lokalen. Samtidigt röjdes även all vedartad vegetation (förutom eventuella enar *Juniperus communis*) i den gamla skötselgatan, alltså de 10 närmaste meterna mot järnvägen. För att tydligt markera området som röjts sattes även tre trästolpar (målade med orange färg i toppen) upp tvärs över skötselgatan, vinkelrätt mot spåret och med ca 4 meters mellanrum, där ytan slutar såväl som där den börjar. Röjningarna utfördes från den 14 november till och med den 8 december 2014.

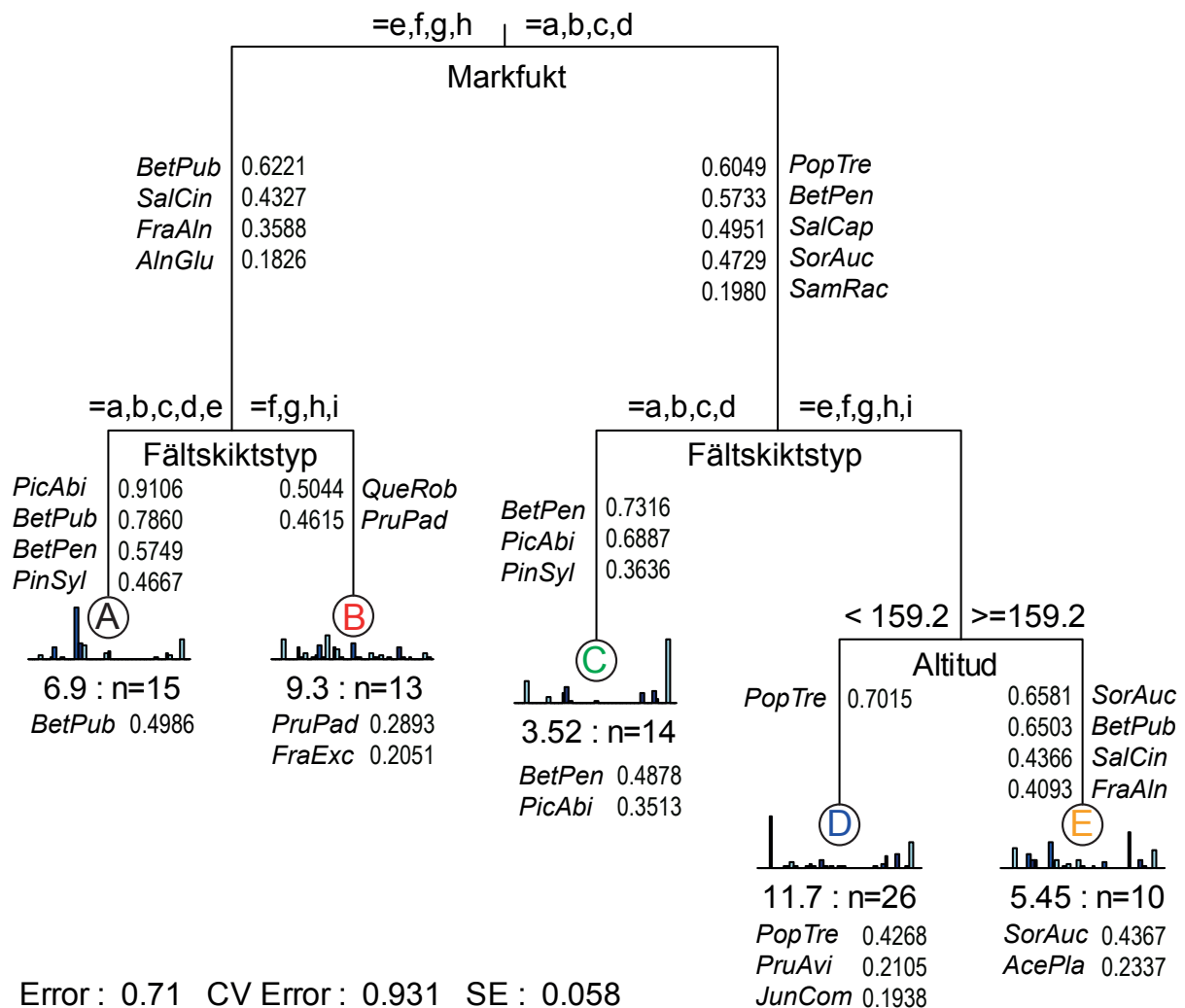
Evaluering utifrån ett utförarperspektiv

De två erfarna röjare som tillsammans utförde röjningarna fyllde efter att de var färdiga med varje lokal i ett formulär där de efter diskussion med varandra rangordnade hur de olika behandlingarna fungerade på den givna lokalen. Inga delade platser tilläts utan för varje lokal användes följande rangordning: 1) Den bästa behandlingen, 2) Den näst bästa behandlingen, 3) Den näst sämsta behandlingen, 4) Den sämsta behandlingen. Dessa rankingdata analyserades sedan med Kruskal-Wallis test med efterföljande post-hoc test med Mann-Whitneys test (Minitab 16). För att bättre förstå resonemangen som röjarna använt vid rangordningen samt för att få en fördjupad insikt i deras tankar kring de olika modellerna samt kontrollera att märkning, utläggning och genomförande hade fungerat utfördes sedan en semistrukturerad telefonintervju med en av röjarna. Utifrån det som framgick i denna intervju ansågs inte ytterligare en intervju med den andra röjaren vara nödvändig.

Resultat och diskussion

Regressionsträd – Val av lokaler

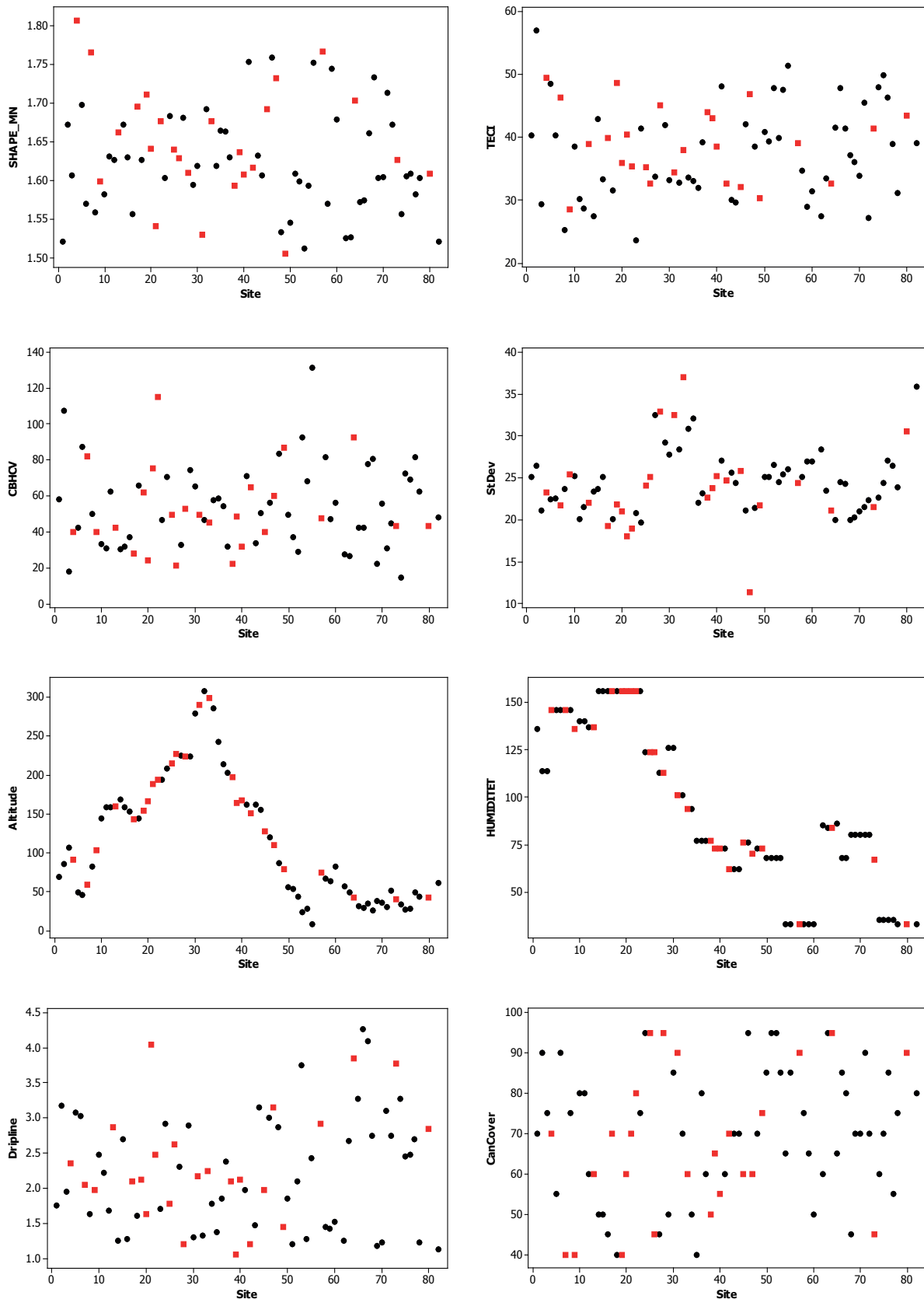
Regressionsträdet gav fem kluster som baserades på markfukt, fältskiktstyp och höjd över havet (Figur 3). Den första delningen skedde mellan friska till torra och fuktiga till blöta lokaler. Nästa nivå delade sedan in lokalerna inom friskt-torrt och fuktigt-blött i ytterligare en klass baserat deras markbördighet med en uppdelning mellan de rikare ört- och grästyperna



Figur 3: Det valda regressionsträdet med cutoff- värden för varje delning av trädet i ytterligare grupper. Signifikanta indikatorarter med förkortad nomenklatur (se appendix A) för delningar av trädet samt för varje enskild slutlig grupp (kluster). Ju högre indikatorvärde desto högre är troligheten att hitta just denna art under de givna förutsättningarna för just denna del av regressionsträdet. *Markfukt*: a) torrt, b) något torrt, c) friskt, d) friskt-fuktigt, e) fuktigt, f) mycket fuktigt, g) blött och h) mycket blött. *Fältskiktstyp*: i) högrörtstyp, h) lågrörtstyp, g) utan fältskikt, f) bredbladig grästyp, e) smalbladig grästyp, d) blåbärstyp, c) lingontyp, b) ljungkråkbärstyp och a) starr-fräkentyp

och de fattigare ris- och startyperna. Inom de friska-torra samt rika lokalerna skedde sedan ytterligare en uppdelning beroende på höjd över havet (altitud) vilket i stora drag innebär att småländska lokaler skilde ut sig från de liknande lokalerna på lägre höjd över havet. Denna uppdelning av lokalerna stämmer väl överens med klassisk indelning av vegetationstyper i Sverige med en uppdelning av vegetationstyper utifrån deras markfukt och bördighet i form av ängs- och hedserien (Påhlsson, 1998). Förutom ett fåtal tyska studier (Coch, 1995) finns det få sådana phytosociologiska studier för just brynmiljöer. Överensstämmelse med klassisk vegetationsklassificering för andra vegetationskomplex (Ellenberg, 1988; Påhlsson, 1998) gör dock att möjligheterna för generalisering från stambananstudien till andra tågsträckor i södra och mellersta Sverige bör vara goda.

Valet av bestämmande parametrar stämmer väl överens med Wiström och Nielsens (2014a) tidigare analys av vilka gradienter som är avgörande för återväxten i skötselgatan i ett tidigt skede men eftersom det även noterades ett skifte mot mer landskapliga aspekter över tiden för de gamla brynen bör även dessa aspekter beaktas. Att använda alla dessa parameterar (aspekter) för att gruppera och välja lokaler är en nästintill omöjlig uppgift, men graferna i Figur 4 av de valda lokalernas värden visar att det i alla fall inte finns något klart systematiskt urvalsfel för dessa parameterar.



Figur 4: Kontroll av spridning av lokalerna för de andra parameterar som anses vara av vikt för brynen (Wiström och Nielsen 2014a) men som inte användes som huvudparameterar för att avgöra de olika lokalernas grupptillhörighet. De röda markeringarna är de 25 kandidatlokalerna. Den jämna spridningen inom de olika parametrarna indikerar att inget direkt systematiskt urvalsfel finns.

Valda lokaler

Av de 25 kandidatlokalerna kunde 23 användas i försöket. Två lokaler fick hämtas från reservlistan under fältarbetets gång då nyavverkning gjorts i anslutning till dessa platser. Lokal 25 i grupp C fick bytas ut mot 23 och lokal 40 i grupp E ersattes med lokal 36. De 25 slutliga lokaler som användes i försöket redovisas i tabell 2 tillsammans med deras geografiska information.

Tabell 2: Lokalerna som ingår i försöket med information om deras nummer, koordinater, angränsande stolpnummer samt grupptillhörighet utifrån regressionsträdet (se Figur 3).

Bestånds Nr	x (RT90)	y (RT90)	Stolp Nr Söder	Stolp Nr Norr	Grupp
4	6214924	1368531	548-8	548-7	D
7	6240412	1383808	517-8	517-6	A
9	6257703	1392063	497-13	497-12	A
*13	6287073	1409720	462-13	462-10	E
17	6311459	1424591	433-9a	433-8a	B
19	6319478	1425352	425-7	425-5	B
20	6323162	1425398	421-13	421-11	C
21	6328518	1427207	415-15	415-13	B
22	6330867	1427539	413-9a	413-7a	E
23	6332714	1427316	411-11	411-9	C
26	6349481	1426590	394-10a	394-9a	A
28	6362774	1430893	380-2a	380-1a	E
31	6378738	1433769	363-10a	363-9a	C
33	6396373	1433364	345-9a	345-10a	C
36	6410420	1440575	328-9a	328-8a	E
38	6417168	1440539	321-11	321-9	E
39	6423143	1441335	315-7	315-6	A
42	6439326	1451605	293-4a	293-3a	A
45	6455429	1456890	274-2	273-18	B
47	6469192	1468830	251-15a	251-13a	D
49	6476087	1482235	236-12	236-10	B
57	6509339	1519942	150a?	149a?	D
64	6537597	1521914	138-14	138-12	D
73	6551448	1570341	Oläslig	Oläslig	D
80	6561366	1610126	32-7a	32-5a	C

*Lokal 13 är längre än övriga ytor genom att den utifrån Trafikverkets begäran innehåller extra ytor för demonstration

Maxhöjder och andelen BATAG-arter

Maxhöjderna som användes för ZSC samt andelen av stamantalet för hela lokalen som utgjordes av BATAG-arterna presenteras i tabell 3. Ur denna framgår tydligt att maxhöjderna föga förvånade är högre på de rikare lokalerna med högre bonitet än lokalerna i grupp A och C där växtkraften är mer begränsad. Den succesiva ökningen från zonerna är dock överlag liknande för de olika grupperna.

Tabel 3: Maxhöjderna (dm) som användes för ZSC på de olika lokalerna samt andelen av stamantalet som utgörs av BATAG-arterna

Plot	Yttre zon	Mellanzon	Inre zon	BATAG %	Grupp
4	32.5	35	44	41.1	D
7	20.5	26	34.5	57.6	A
9	16.5	24	28	83.2	A
13	29	43	44	54.9	E
17	22.5	26.5	30.5	33.1	B
19	34	36	50.5	30.1	B
20	13	23	33	56.1	C
21	18	26	42	25.5	B
22	20.5	26	33	58.0	E
23	28.5	34.5	38.5	80.7	C
26	18	23	29	86.8	A
28	15	25.5	40	65.8	E
31	14	22	25	78.5	C
33	12	20	24.5	78.3	C
36	31	37	47	56.6	E
38	27.5	32	38	79.7	E
39	13.5	26	40	96.2	A
42	20.5	26	28	59.3	A
45	12	15	27	19.5	B
47	23.5	27	31	49.0	D
49	21.5	25.5	31.5	74.8	B
57	23	29	32	82.6	D
64	16	29	41.5	52.9	D
73	19.5	27	35	63.0	D
80	45*	66*	75*	75.3	C

*Maxhöjderna är baserade på lämnade småträd från den tidigare avverkningen då andelen högre frö- eller stubbskottplantor var i stort sett obefintlig på denna lokal och framförallt i denna behandling.

Andelen BATAG-arter är överlag också högre i grupp A och C medan den blötare och rikare gruppen B:s lokaler hade den minsta andelen BATAG-arter följt av D och E. Det överensstämmer också med de bedömningarna som gjordes i fält under utläggningen där BATAG-modellen enligt oss fungerade bäst på de rikare markerna. Det gäller särskilt när andelen BATAG-arter inte översteg drygt hälften av stamantalet eller med andra ord låg under medelandelen för alla lokaler som var omkring 60 % vilket i grova drag överensstämmer med artfördelningen i Rydbergs (2000) selektiva stubbskotts försök som hade en reducerande effekt på asp och björk. Hur mycket annan kvarlämnad vegetation som behövs för att minska pionjärträdens dominans och återväxt kräver dock en långsiktig utvärdering av ytorna över tiden. På de fattigare lokalerna kom BATAG att närma sig den klassiska totalröjningen vilket innebär att om målet för röjningen är mer än att spara enstaka individer så börjar BATAG få svårt att styra och utveckla vegetationen på de mer fattiga lokalerna. Här har ZSC en fördel genom att modellen har potential att utveckla en struktur på brynvegetation oavsett hur artsammansättningen ser ut. Exempelvis kan man tänka sig att ett utdraget bryn kan byggas upp av enbart granar i olika höjder.

Röjarnas upplevelse kring utförandet

Utförandet av behandlingarna i skötselgatan gick väldigt bra enligt röjarna. Märkningen fungerade enligt deras utsago mycket väl och de kunde inte se att det fanns några tendenser till att snitsel skulle ha rivits ner eller på annat sätt försvunnit vid någon av lokalerna. Mängden felaktiga fällningar på grund av slag på sågen ansåg de vara nästintill obefintlig tack var att de varit mycket noggranna samt att den tydliga stamvisa snitslingen underlättade utförandet. Överlag hade de varit överens om rangordningen av de olika behandlingarna och resonerade på ett liknande sätt kring dessa. Röjarna uttryckte att det hade varit lärorikt och intressant att få utföra projektet samt att deras syn på hur man kan röja längs med järnvägen delvis hade förändrats under arbetets gång. De uttryckte även att det ska bli intressant att se hur projektet kommer att utvecklas över tiden och tror att en mer selektiv röjning av skötselgatan är lämplig för Trafikverket i framtiden.

Röjarnas omdöme om behandlingarna

I tabell 4 redovisas analysen av röjarnas omdömen (som finns i Appendix B tillsammans med behandlingarnas placering inom lokalen). Kruskal-Wallis test visade att det fanns en signifikant skillnad i bedömning mellan behandlingarna. Post-hoc testen visade att klassisk total röjning tillsammans med BATAG rankades högst, följt av ZSC och därefter den fria utvecklingen. Vid intervjun kring de olika modellerna ansågs båda modellerna fungera väl men att styrkan på röjningen ibland blev för låg, speciellt för ZSC, vilket gjorde att den klassiska röjningen överlag rankades högt. När de fick röja själva efter eget huvud påminde deras tillvägsgångsätt om BATAG-modellen men med en hårdare styrka. Båda modellerna bedömdes som genomförbara utan snitsling efter en vis tillvänjningstid. Dock ansågs BATAG var mer lättapplicerad än ZSC. ZSC framfördes som mer lämplig på sämre boniteter där tillväxten inte är så snabb medan BATAG ansågs vara applicerbar på fler ståndorter även om den också ansågs vara bättre på sämre boniteter. Denna diskrepans mellan författarna och utförarna i synsättet på de olika modellernas lämplighet i förhållande till röjningsstyrka på olika lokaler visar på svårigheterna att kunna förutsäga modellernas framtida lämplighet utan en långsiktig uppföljning. Detta understycker vikten av det försöksupplägg som upprättas längs med södra stambanan.

Tabell 4: Resultatet från Kruskal-Wallis test av röjarnas omdömen med parvisa Mann-Whitney post hoc test där skillnader mellan behandlingarna indikeras av skilda små kursiva bokstäver.

<u>Behandling</u>	<u>N</u>	<u>Rank</u>	<u>Z</u>	<u>Post-Hoc Test</u>
Klassisk	25	29.0	-4.28	<i>a</i>
BATAG	25	31.0	-3.88	<i>a</i>
ZSC	25	60.0	1.89	<i>b</i>
<u>Fri</u>	25	82.0	6.27	<i>c</i>
Totalt	100		50.5	

Kruskal-Wallis Test H = 57.18 DF = 3 p < 0.001

Bara utifrån en uppföljning av detta är det möjligt att kunna fastställa om tex styrkan i ZSC behöver ökas genom att sätta maxhöjderna på ett annat sätt. Ytterligare kalibrering, utveckling och modifiering av de presenterade skötselmodellerna i den praktiska driften bör därför ses som en naturlig del av det fortsatta utvecklings och förvaltningsarbetet med järnvägens skötselgator vilket helt är i linje med den argumentation som framförts av Nowak och Ballard (2005) kring hur en mer hållbar skötsel av infrastrukturmiljöer uppnås.

Slutsats

Selektiv röjning med BATAG eller ZSC är praktiskt möjligt i infrastrukturmiljöer men det krävs vidare undersökning för att kunna avgöra behovet av att justera modellernas styrka och hur detta bäst bör ske. Den preliminära bedömningen som kan göras är att ZSC är mer lämplig på fattigare lokaler av ris- och starrtyper medan BATAG är användbarare på rikare marker av gräs- och örttyper. Sköselförsöket ForEDGE som tillskapats längs södra stambanan är en unik resurs både för Trafikverket men även nationell och internationell brynsforskning genom att det utifrån författarnas kunskap är det vetenskapligt dokumenterade brynsköselförsök som har störst geografisk spännvid såväl som flest enskilda lokaler. Försöket utgör även en viktig pedagogisk resurs för Trafikverket.

Referenser

- Baeten L et al. (2013) A novel comparative research platform designed to determine the functional significance of tree species diversity in European forests Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 15:281-291
- Binkley D (2008) Three key points in the design of forest experiments Forest Ecology and Management 255:2022-2023
- Borcard D, Gillet F, Legendre P (2011) Numerical Ecology with R. Springer.
- Coch T (1995) Waldrandpflege: Grundlagen und Konzepte. Neumann, Radebeul
- De'ath, G., 2002. Multivariate Regression Trees: A New Technique for Modeling Species-Environment Relationships. Ecology 83, 1105-1117.
- Ellenberg, H. 1988 Vegetation Ecology of Central Europe. Cambridge University Press.
- Fry G, Sarlöv-Herlin I (1997) The ecological and amenity functions of woodland edges in the agricultural landscape, a basis for design and management Landscape and Urban Planning 37:45-55
- Hamberg L, Lehvävirta S, Kotze DJ (2009) Forest edge structure as a shaping factor of understorey vegetation in urban forests in Finland Forest Ecology and Management 257:712-722
- Hägglund B, Lundmark JE (2007) Handledning i bonitering Del 1 Definitioner och anvisningar.
- Hägglund B, Lundmark JE (2007b) Handledning i bonitering Del 2 Diagram och tabeller. Skogstyrelsen, Jönköping. Skogstyrelsen, Jönköping.
- Hägglund B, Lundmark JE (2010) Handledning i bonitering, Del 3 Markvegetationstyper. Skogstyrelsen, Jönköping.
- kNN-Sverige (2010) Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU. <http://skogskarta.slu.se/>
- Larson BC, Oliver CD (1996) Forest stand dynamics. Update edition edn. John Wiley & Sons, New York
- McGarigal K, Cushman SA, Ene E (2012) FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. University of Massachusetts, Amherst. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- Nowak CA, Ballard BD (2005) A framework for applying integrated vegetation management on rights-of-way Journal of Arboriculture 31:28-37
- Oksanen J, Guillaume Blanchet F., Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Wagner H (2013). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-10. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Ouellette MH, Legendre P (2013). MVPARTwrap: MVPARTwrap: Additional features for package mvpart.. R package version 0.1-9.2. <http://CRAN.R-project.org/package=MVPARTwrap>
- Påhlsson L (ed) (1998) Vegetationstyper i Norden. vol 1998:510. TemaNord. Nordiska Ministerrådet, Copenhagen
- R Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria URL <http://www.R-project.org/>.
- Roberts DW (2013). labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. R package version 1.6-1. <http://CRAN.R-project.org/package=labdsv>

- Rydberg D (2000) Initial sprouting, growth and mortality of European aspen and birch after selective coppicing in central Sweden *Forest ecology and management* 130:27-35
- Scherer-Lorenzen M, Potvin C, Koricheva J, Schmid B, Hector A, Bornik Z, Reynolds G, Schulze ED (2005) The Design of Experimental Tree Plantations for Functional Biodiversity Research, in: Scherer-Lorenzen M, Körner C, Schulze ED (Eds.) *Forest Diversity and Function*. Springer Berlin Heidelberg, sida 347-376.
- Therneau TM, Beth Atkinson Ripley B. R Glenn De'ath port of rpart by Brian (2013) Extensions and adaptations of rpart to mvpart: Multivariate partitioning. package version 1.6-1. <http://CRAN.R-project.org/package=mvpart>
- Wiström B, Nielsen AB (2014a) På spåret mot bättre förståelse av återväxten i järnvägens skötselgator. *LTV-fakultetens faktablad* 2014:3, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Alnarp.
- Wiström B, Nielsen AB (2014b) Effects of planting design on planted seedlings and spontaneous vegetation 16 years after establishment of forest edges *New Forests* 45:97-117
- Wiström B, Nielsen AB, Klobučar B, Klepec U (2015a) Zoned Selective Coppice - a management system for graded forest edges. *Urban Forestry & Urban Greening* 14:156-162
- Wiström B, Nielsen AB, Klobučar B, Klepec U (2015b) ZSC - Zoned Selective Coppice, en skötselmodell för skogsbryn i infrastrukturmiljöer. *Landskap, trädgård och växtproduktionsvetenskap – rapportserie: Rapport 2015:2*, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Alnarp.
- Wiström B, Nielsen AB (2015) BATAG – En skötselmodell för skogsbryn i infrastrukturmiljöer. *Landskap, trädgård och växtproduktionsvetenskap – rapportserie: Rapport 2015:3*, Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Alnarp.
- Wuyts K, De Schrijver A, Vermeiren F, Verheyen K (2009) Gradual forest edges can mitigate edge effects on throughfall deposition if their size and shape are well considered *Forest Ecology and Management* 257:679-687

Appendix A: Indikatorarter

Vetenskapligt namn	Förkortning	Trivialnamn
<i>Acer platanoides</i> L.	AcePla	Skogslönn
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	AlnGlu	Klibbal
<i>Betula pendula</i> Roth	BetPen	Vårtbjörk
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	BetPub	Glasbjörk
<i>Corylus avellana</i> L.	CorAve	Hassel
<i>Frangula alnus</i> Mill.	FraAln	Brakved
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	FraExc	Ask
<i>Juniperus communis</i> L.	JunCom	En
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst	PicAbi	Gran
<i>Pinus sylvestris</i> L.	PinSyl	Tall
<i>Populus tremula</i> L.	PopTre	Asp
<i>Prunus avium</i> L.	PruAvi	Fågelbär
<i>Prunus padus</i> L.	PruPad	Hägg
<i>Quercus robur</i> L.	QueRob	Skogsek
<i>Salix caprea</i> L.	SalCap	Sälg
<i>Salix cinerea</i> L.	SalCin	Gråvide
<i>Sambucus racemosa</i> L.	SamRac	Druvfläder
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	SorAuc	Rönn

Appendix B

<<< Malmö		Stockholm >>>		Bestånds Nr
2 ZSC	1 Klassisk	4 Fri utveckling	3 BATAG	4
4 Fri utveckling	1 Klassisk	2 BATAG	3 ZSC	7
3 ZSC	1 Klassisk	2 BATAG	4 Fri utveckling	9
2 BATAG	1 Klassisk	4 Fri utveckling	3 ZSC	13
Fri utveckling	BATAG	ZSC	Klassisk	17
4	1	3	2	19
4 Fri utveckling	2 BATAG	3 ZSC	1 Klassisk	19
2 BATAG	4 Fri utveckling	1 Klassisk	3 ZSC	20
4 Fri utveckling	1 Klassisk	2 BATAG	3 ZSC	21
Klassisk	BATAG	ZSC	Fri utveckling	22
2	1	3	4	23
3 ZSC	2 Klassisk	4 Fri utveckling	1 BATAG	23
ZSC	BATAG	Klassisk	Fri utveckling	26
3	2	1	4	26
BATAG	ZSC	Fri utveckling	Klassisk	28
2	3	4	1	28
BATAG	Klassisk	ZSC	Fri utveckling	31
2	3	4	1	31
Klassisk	Fri utveckling	ZSC	BATAG	33
3	2	4	1	33
Fri utveckling	Klassisk	BATAG	ZSC	36
3	4	2	1	36
4 Fri utveckling	3 Klassisk	2 ZSC	1 BATAG	38
4	3	2	1	38
3 ZSC	4 Fri utveckling	2 Klassisk	1 BATAG	39
3	4	2	1	39
Klassisk	ZSC	BATAG	Fri utveckling	42
1	3	2	4	42
1 Klassisk	4 Fri utveckling	2 BATAG	3 ZSC	45
1	4	2	3	45
Fri utveckling	BATAG	Klassisk	ZSC	47
4	2	1	3	47
BATAG	Fri utveckling	ZSC	Klassisk	49
2	4	3	1	49
Klassisk	BATAG	ZSC	Fri utveckling	57
2	1	3	4	57
3 Klassisk	2 ZSC	4 Fri utveckling	1 BATAG	64
3	2	4	1	64
1 Klassisk	3 ZSC	4 Fri utveckling	2 BATAG	73
1	3	4	2	73
ZSC	Fri utveckling	BATAG	Klassisk	80
3	4	2	1	80

Abstract

Selective cutting of woody species can support development of graded forest edges with low shrubs at the periphery and increasingly higher shrubs and trees toward the forest interior. Such forest edge profiles are often considered as ideal in infrastructure environments since they provide valuable ecosystem services while keeping hazardous trees at distance from railways, roads, power lines and houses. However there is a lack of robust and simple management systems for graded forest edges. Therefore the Swedish Transport Administration and the Department of Landscape Architecture, Planning and Management, SLU Alnarp has initiated the Research & Demonstration project ForEDGE - Forest Edge Development Gradient Experiment. Two management systems have been developed and implemented at 25 sites selected to span the decisive environmental gradients along the 610 km railway line between Mamö and Stockholm, Southern Sweden. The two management systems are 1) Zoned Selective coppice (ZSC) which is based on threshold height decreasing stepwise from the inner through the middle to the outer edge zone, resulting in height and density gradients over the edge cross-section, and 2) 'BATAG' where all individuals of the most common tree species *Betula pendula/pubescens*, *Populus tremula*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa*, *Picea abies* are cut, while all individuals of other species are maintained. BATAG is the acronym for the first letter in the five species Swedish names, Björk, Asp, Tall, Al, Gran, and selective cutting of these dominant species is hypothesized to halt the development of abrupt edge profiles and parallel support development of a large diversity of shrub and small trees species. Initial field test and evaluation indicates that both ZSC and BATAG have potential for full scale implementation. As only basic species knowledge is required, the management systems can easily be implemented in practice. In an international perspective, ForEDGE is one of few large scale field trials whit manipulation of forest edges through management. Long-term evaluation of ForEDGE will enable further development and adjustment of the management systems ZSC and BATAG.