

ZSC - Zoned Selective Coppice, en skötselmodell för skogsbryn i infrastrukturmiljöer

Björn Wiström, Anders Busse Nielsen, Blaž Klobučar och Urška Klepec

Institutionen för Landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Rapport 2015:2

ISBN 978-91-87117-92-3

Alnarp 2015



LANDSKAPSARKITEKTUR
TRÄDGÅRD VÄXTPRODUKTIONSVETENSKAP
Rapportserie

ZSC - Zoned Selective Coppice, en skötselmodell för skogsbyn i infrastrukturmiljöer

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

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Rapport 2015:2
ISBN 978-91-87117-92-3
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 trädsäkring' samt COST Action FP1204 'GreenInUrbs' genom ett "Short-term scientific mission" för Blaz Klobučar. Vi är mycket tacksamma för det nära och givande samarbetet med vegetationsingenjör Jan-Erik Lundh vid Trafikverket.

Innehållsförteckning

s1 - Sammanfattning

s1 - Introduktion

s3 - Metod

s3 - Presentation av ZSC – idébakgrund och utförande

s4 - Simulering, implementering och test av ZSC i Alnarps Landskapslaboratorium

s7 - Inventeringar

s7 - Tillvägagångssätt för att definiera maxhöjderna till ZSC

s8 - Simulering och statistiska test

s9 - Resultat

s9 - Brynprofil och artdiversitet före ZSC

s11 - Effekt av ZSC på brynprofilen

s11 - Effekten av ZSC på artdiversitet och horisontella mönster

s15 - Diskussion

s15 - Brynprofil och maxhöjder

s16 - Artdiversitet

s16 - Utvärdering och reflektioner kring den praktiska implementeringen av ZSC

s18 - Referenser

s20 - Abstract

Sammanfattning

Utdragna trappstegsformade skogsbryn dominerade av buskar och småträd som succesivt ökar i höjd mot skogen anses ofta som lämpliga i infrastrukturmiljöer och urbana landskap. Utdragna skogsbryn bidrar med hög biodiversitet, filtrering, avskärmning och estetiska värden med extra plats för blomning, bärsättning och höstfärger samtidigt som de håller högväxta träd på behörigt avstånd från järnvägsspår, kontaktledningar och hus. Denna rapport presenterar Zoned Selective Coppice (ZSC) som är en ny skötselmodell för att upprätthålla och utveckla utdragna skogsbryn. I rapporten utvärderas ZSC's initiala effekt och tillämpning i en pilotstudie. ZSC baseras på maxhöjder för de individer som ska tas ned. Dessa maxhöjder minskar stegvis från brynets inre, via dess mellersta delar till dess yttre zon, vilket skapar en gradient i höjder men också i röjningsstyrka genom brynet som över tid bör bidra till mer artrika och utdragna skogsbryn. De initiala resultaten från simulering och implementering av ZSC i Alnarps Landskapslaboratorium visar att ZSC kunde vända trenden bort från tvära brynprofiler och lösa upp planteringsutförandets radkaraktär utan att skapa starka grupperingar. Överlag visade sig ZSC även lovande för att kunna vända den minskning i artdiversitet som skett i brynen under de senaste 20 åren sedan dess plantering. Det långsiktiga försöket som initierades med studien möjliggör även värdefull utvärdering av ZSC över tid.

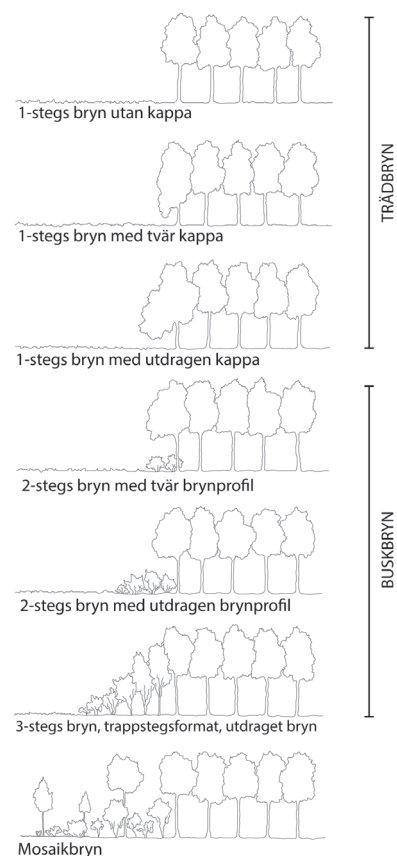
Introduktion

Fragmenterade landskap som infrastruktur- och urbana miljöer präglas i stor utsträckning av övergångszoner mellan öppna marktyper och träddominerande områden såsom skog (Corona et al., 2012). Alla dessa övergångszoner, eller med andra ord skogsbryn, utgör en viktig beståndsdel i hur vi upplever landskapet men är också en viktig resurs för den biologiska mångfalden (Buckley et al., 1997; Boris, 2012). Hur brynen upplevs och påverkar både oss människor och djur beror i stor utsträckning på dess struktur och artsammansättning. I infrastrukturmiljöer såsom längs med järnvägar förespråkas ofta utdragna skogsbryn med en

sluttande brynprofil där vegetationen stegvis ökar i höjd från de yttre delarna in mot skogen (Rühle, 1995; Ballard et al., 2007). En sluttande brynprofil ökar generellt brynets filterande och skyddande egenskaper samtidigt som det ger möjlighet för en hög artrikedom med höga visuella värden där blomning, bärsättning och höstfärger får extra stor skyltplats (Buckley et al., 1997; Fry och Sarlöv-Herlin, 1997; Wuytz et al., 2009). Samtidigt gör den sluttande profilen att risken för fallande träd minimeras genom att dessa hamnar på behörigt avstånd från kontakledning, vägbanor, hus och andra fasta konstruktioner (Rühle, 1995, Rydberg och Falck, 2000, Ballard et al., 2007).

Utdragna bryn, även kallade trappstegsformade bryn, är dock ovanliga i de flesta av dagens landskap. Essen et al. (2004) estimerar utifrån de riksomfattande NILS-inventeringarna i Sverige att enbart 20% av alla bryn är buskdominerade och enbart 2% är trappstegsformade (se figur 1). Det beror enligt Gustavsson (2004) och Wuytz et al. (2009) på en brist på särskild brynskötsel. Trappstegsformade bryn är därför i dagsläget i stor utsträckning begränsade till skogsbryn med längre kontinuitet där de uppstått tack vare:

- Att skogen tillåtits vandra framåt och stegvis återövra tidigare brukad mark (Dierschke, 1974; Ranney et al., 1981; Gustavsson, 1986)
- Starkt betingade kulturlandskap med en svag till måttlig störningsregim oftast i form av kreaturbete med låg intensitet som gynnar utvecklingen av en mer utdragen brynprofil (Gustavsson, 1986; Fry och Sarlöv-Herlin, 1997).
- Plateser med utdragna gradvisa övergångar (gradienter) av markfukt, jorddjup eller andra avgörande abiotiska faktorer t.ex. bryn som gränsar mot myrar, vattendrag och bergshällar (Gustavsson, 1986; van der Maarel, 1990; Lloyd et al., 2000).



Figur 1: Exempel på olika huvudtyper av skogsbryn.

I infrastrukturmiljöer och urbana landskap är dock omfattningen av utdragna abiotiska gradienter kraftigt begränsade. Starka gränsdragningar, förenkling av skötselmoment och en hög intensitet i markanvändningen gör också att skötselmodeller baserade på bete eller att brynet får utrymme att vandra framåt är svåra att applicera i urbana områden eller längs med järnvägar. Därför finns det ett behov av robusta skötselmodeller för utdragna bryn anpassade till denna kontext.

Denna rapport presenterar en sådan skötselmodell, ZSC - Zoned Selective Coppice (Zonerat selektivt stubbskottsbruk), och gör en första preliminär bedömning av dess effekt på brynprofil, vedartad diversitet samt användarvänlighet utifrån resultat och simuleringar från ett fältförsök i Alnarps Landskapslaboratorium vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU).

Metod

Presentation av ZSC – idébakgrund och utförande

Att utnyttja den skottskjutande förmågan från stubben på våra träd och buskarter är ett av våra äldsta sätt att bruka landskapet för produktion av bland annat ved och andra träbaserade produkter. Ett vanligt samlingsnamn för detta är *stubbskottsbruk* eller på engelska *coppice*. En tidigare vanligt förekommande modell för detta är, speciellt på den europeiska kontinenten och brittiska öarna, att man hugger ner samtliga (ibland sparas större träd som överståndare) individer årsvis i olika parceller. Nästkommande år skördas nästa parcell, året därefter nästa osv. På så sätt skapas en kontinuitet av parceller med olika åldrar på stubbskotten där det varje år finns en parcell som uppnått tillräcklig grovlek och ålder för att huggas tillbaka så att den kan sätta nya stubbskott (Peterken, 1992; Harmer, 2004). Denna beskrivning är en grov förenkling av stubbskottsbruket och en rad mer eller mindre selektiva metoder där man stubbar ner individerna så att det hela tiden finns en viss mängd individer kvar inom beståndet har funnits spridda över Europa tex i Italien (Coppini och Hermanin, 2007; Emanulesson, 2009). En total nerskärning som i det traditionella stubbskottsbruket är dock sällan estetiskt tilltalande och innebär att eventuella filterande och skyddande funktioner som vegetation ger försvinner under flera år (Rydberg 2000). I urbana landskap och infrastukturmiljöer är

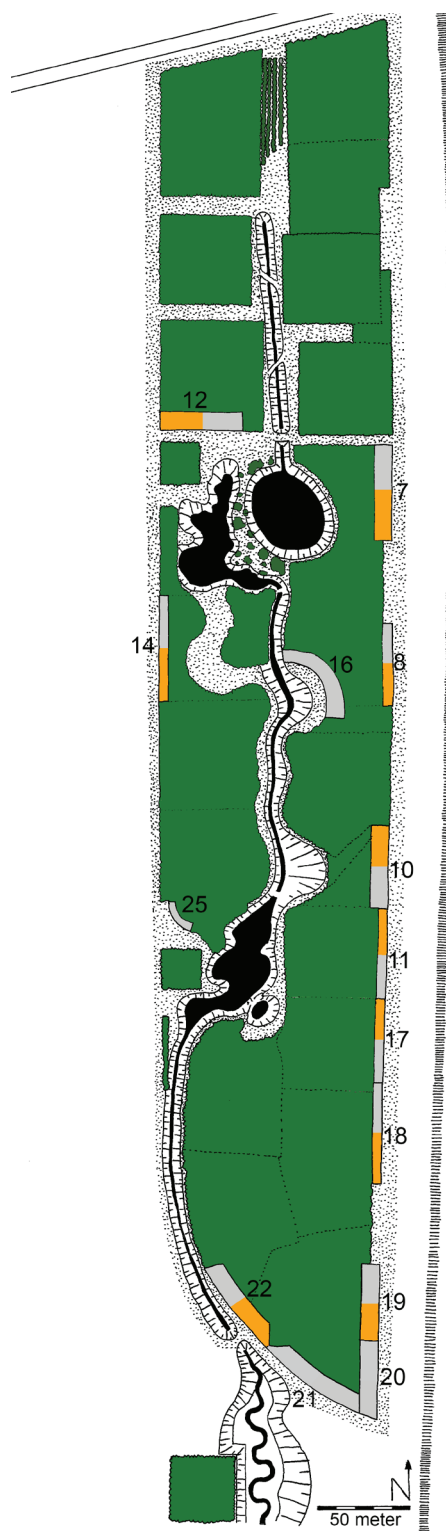
därför mer selektiva metoder att föredra. I Sverige testade Rydberg (2000) denna möjlighet för att utveckla lågbestånd i stadsammanhang. Till skillnad från selektiva skötselmodeller för högbestånd där urvalet av individer baseras på diameter i brösthöjd (DBH) på träden använde Rydberg en maxhöjd för beståndet. Allt över denna höjd höggs då tillbaka.

Även ZSC baseras på Rydbergs idé om att använda maxhöjder, men gör det i olika zoner där höjden är som högst i den inre brynzonen och sedan minskar stegvis genom den mittersta zonen till den yttre brynzonen. Minskningen av maxhöjd innebär initialt att mer individer huggs i mellersta zonen och främst i den yttre, vilket gör att en gradient i gallringsstyrka 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 zonerings av mer lågväxande ljuskrävande arter i de yttre delarna och de mer skuggtåliga och högre buskarna och småträden längre in i brynet (Larson och Oliver, 1996; Rydberg, 2000). En sådan zonerings av arterna inom brynet har visat sig avgörande för att kunna upprätthålla en utdragen brynprofil över tiden (Wiström och Nielsen, 2014). Samtidigt bör den övergång i höjd och öppenhet som ZSC skapar ge upphov till en gradient av ljus, lövförna och störning genom brynet. Buckley et al. (1997) fann att sådana gradienter generellt gynnar växtrikedomen och därmed indirekt också insekts- och fågeldiversiteten.

Simulering, implementering och test av ZSC i Alnarps Landskapslaboratorium

Alnarps Södra Västerskog är en del av Alnarps landskapslaboratorium vid Sveriges Lantbruksuniversitet och består av en 9 hektar stor skogsplantering. Södra Västerskog etablerades 1994 på tidigare åkermark präglad av moränlera med inslag av sandstråk. Experimentell bryn med en medellängd på 45 meter planterades med barrotade landskapsplanter på våren (planteringsavstånd 1,5 x 1,5 meter) utmed bestånden som planterades samtidigt. Utåt gränsar brynen mot ängsmarker som slås årligen. Hela Södra Västerskog stängslades in för att minimera betes- och gnagskador. Under de tre första åren rensades ogräset i planteringarna för att ge en bra etablering åt plantorna. Efter det har åkerogräsen skuggats ut

av de planterade träden och buskarna. Ingen annan skötsel förutom ogräsrensningen har skett i försöksbrynen som inkluderar två huvudtyper av bryn; buskbryn (planterade enbart med buskar och småträd) samt mosaikbryn (planterade både med träd- och buskarter). Dessa huvudtyper replikerades utifrån tre olika designparameterar med i) två olika planteringsbredder: smala (3 planteringsrader) och breda (6 planteringsrader) motsvarande 5 respektive 10 meters bredd; ii) två planteringstyper: helt slumpartad blandning av arterna och gruppering av låga ljuskrävande buskar i brynen yttre rader; och iii) två olika huvudvädersträck dvs varma exponerad bryn (väst- och sydläge) och kalla icke-exponerade bryn (öst- och norrläge). Totalt valdes 14 bryn som representerade de två huvudtyperna samt de tre designparameterna ut för denna studie (se figur 2). Brynens olika planteringsdesign finns sammanställda i tabell 1a tillsammans med deras artsammansättning i tabell 1e. (För ytterligare information om Landskapslabbet och dess bryn, se Rizell och Gustavsson, 1998 samt Wiström och Nielsen, 2014)



Figur 2: Karta över Alnarps Södra Västerskog med placering och numrering av de 14 experimentella bryn som använts i studien. För de 10 brynen som ingår i det långsiktiga sköselförsöket är ZSC-behandlingen markerad med orange.

Tabell 1: sammanfattning av a) planteringsdesign för brynen; b) maxhöjder baserat på BAR; c) maxhöjder baserat på KAR; d) de linjära regressionernas förklaringsförmåga för brynens lutning som justerade R² värden för 2010, 2013 samt efter ZSC baserat på BAR och KAR. Högre värden indikerar mer utdragen brynprofil; e) artammansättning i brynen och de enskilda arternas utveckling sett som relativt antal. Vänstra tecknet visar utvecklingen mellan 1994 och 2013, medan det högra tecknet visar utvecklingen efter ZSC baserat på KAR. + innebär positiv utveckling och – negativ utveckling.

	Bryn :	7	8	10	11	12	14	16	17	18	19	20	21	22	25
a) Design element															
<i>Busk/Mosaik bryn</i>		M	M	M	M	M	M	M	B	B	B	B	B	B	B
<i>Varmt/Kallt</i>		K	K	K	K	V	V	V	K	K	K	K	V	V	V
<i>Bredd/Smal</i>		B	S	B	S	B	S	B	S	S	B	B	B	B	S
<i>Grupperad/Slumpmässig</i>		G	G	S	S	G	G	S	S	G	G	S	S	G	G
b) Max höjd (m)															
<i>Yttre Zonen BAR</i>		4.1	5.9	6.9	7.9	5.8	3.1	8.4	6.4	4.8	4.2	5.1	5.2	2.6	4.6
<i>Mellan Zonen BAR</i>		8.0	7.0	7.4	8.0	6.6	8.4	7.0	7.7	9.4	2.6	6.9	5.3	5.5	4.1
<i>Innre Zonen BAR</i>		7.9	8.8	12	8.7	9.1	8.7	8.1	9.6	9.3	7.6	6.8	6.2	6.5	6.7
c) Max höjd (m)															
<i>Yttre Zonen KAR</i>		3.5	5.2	6.6	5.0	4.5	2.9	8.3	4.4	2.8	4.4	3.4	3.6	3.0	3.2
<i>Mellan Zonen KAR</i>		6.6	7.0	7.9	8.0	5.6	6.8	7.0	7.6	9.4	6.9	5.5	4.5	5.5	4.8
<i>Innre Zonen KAR</i>		9.8	8.9	10.5	12.5	8.7	8.6	8.1	5.5	8.8	7.5	6.4	5.9	6.5	6.7
d) Brynprofil – R² (%)															
<i>2010</i>		29.0	24.8	3.6	4.6	39.5	7.5	0.0	0.0	15.8	11.9	5.0	12.6	7.6	39.8
<i>2013</i>		32.4	11.5	5.5	1.8	36.5	6.6	0.0	0.0	12.3	7.9	4.3	19.8	13.0	28.4
<i>ZSC med BAR</i>		54.8	18.7	31.2	18.5	58.7	9.4	0.0	4.6	24.6	27.9	11.2	29.5	27.7	33.5
<i>ZSC med KAR</i>		61.6	28.4	31.8	31.3	64.8	7.5	1.9	6.0	20.2	17.8	15.2	48.1	31.9	51.5
e) Artutveckling (+/-)															
<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>				+-	+-			--							
<i>Corylus avellana L.</i>		-+	+-	++	++	++	++	++	+-	+-	+-	+-	+-	+-	++
<i>Crataegus laevigata (Poir.) DC.</i>		+-	++	++	++	++	++	+-	++	++	+-	++	+-	+-	+-
<i>Euonymus europaeus L.</i>									-+	-+	-+	++	++	++	++
<i>Fagus sylvatica L.</i>		-+	--			+-	++								
<i>Frangula alnus Mill.</i>									-+	--	--	-+	--	--	--
<i>Fraxinus excelsior L.</i>		++	--			+-	+-								
<i>Malus sylvestris (L.) Mill.</i>		+-	--	+-	+-	+-	++	++							
<i>Populus tremula L.</i>		--	+-			+-	+-								
<i>Prunus avium L.</i>		+-	+-			--	+-								
<i>Prunus spinosa L.</i>		-+	-+	-+	-+	-+	--	--	-+	--	-+	-+	-+	--	--
<i>Quercus robur L.</i>		++	--			+-	--								
<i>Rhamnus cathartica L.</i>									+-	+-	--	+-	+-	+-	--
<i>Ribes alpinum L.</i>									++	++	++	++	++	++	++
<i>Rosa dumalis Bechst.</i>		--	-+	-+	-+	-+	--	-+	-+	--	-+	-+	-+	-+	--
<i>Salix caprea L.</i>		--	+-			+-	+-								
<i>Sambucus nigra L.</i>				-+	-+			-+	-+	++	-+	-+	-+	-+	+-
<i>Sorbus aucuparia L.</i>		-+	-+	++	++	-+	++	++	+-	++	+-	+-	+-	+-	+-
<i>Sorbus intermedia (Ehrh.) Pers.</i>		--	--	--	--	--	--	--							
<i>Tilia cordata Mill.</i>		+-	--			+-	+-								
<i>Viburnum opulus L.</i>		++	-+			+-	--		+-	+-	-+	++	+-	++	+-

Inventeringar

Inmätning och inventering av brynen skedde under hösten 2010 samt 2013. Vid båda inventeringarna mättes alla planterade samt spontana fröplantor som var tillräckligt stora för att vidröra kronorna på de närliggande planterade individerna i alla de 14 utvalda brynen. Mätningarna utfördes med mätstavar, måttband samt digital höjdmätare. 2010 noterades alla arters plats inom brynet. Vidare mättes höjd samt krondiameter i nord-sydlig samt öst-västlig riktning. Den delvis mycket täta och torniga vegetationen gjorde att mätningarna av krondiameter var väldigt tidsödande och delvis farliga. 2013 ersattes därför krondiameter av stambasens omkrets som mått på arternas horisontella utbredning. För enstammade individer utan stamförgreningar under 1,3 meter mättes omkretsen även i brösthöjd (1,3 meter) och räknades om till diameter i brösthöjd (DBH). Alla individers plats i brynet kontrollerades samtidigt som det noterades om de var döda eller levande. För alla levande individer mättes höjden.

Att byta från en mätmetodik till en annan för den horisontella aspekten av arterna skapar en mätosäkerhet. För att undersöka hur detta påverkade datan beräknades Pearsons korrelationskoefficient (r) ut för sambandet mellan 2013:s DBH och 2013:s stambas, samt mellan 2010:s kronarea (beräknat som en elips utifrån krondiametrarna) och 2013:s stambas. Både för DBH och stambas samt kronarea och stambas fanns det ett starkt linjärt samband ($r=0.742$, $n=678$, $p<0.001$) respektive ($r=0.656$, $n=1165$, $p<0.001$), vilket visar att bytet av mätmetod mellan 2010 och 2013 inte medför allt för stora osäkerheter kring datan, utan att båda metoderna mäter den horisontella aspekten av arternas utbredning, dock möjligen med en viss skillnad i viktningen av de olika arterna.

Tillvägagångssätt för att definiera maxhöjderna till ZSC

I de flest fall utvecklar skogsbryn om de inte sköts eller får möjlighet att vandra framåt en tvär brynprofil pga högväxta träd med tiden tar över och dominerar brynstrukturen. I bryn med en tvär profil innebär ZSC-skötsel att det initialt röjs hårdare i den mellersta och speciellt yttersta brynzonen. Eftersom de experimentella brynen i Västerskog har fått utvecklas fritt utan skötsel

i nästan 20 år använde vi ovan diskuterade gradient i röjningsstyrka som utgångspunkt för att definiera maxhöjderna i de olika zonerna. Detta uppnåddes genom användning av en fixerad röjningsstyrka på 2/3 i den yttre zonen (motsvarande planteringsrad 1 för de smala brynen och rad 1 och 2 för de breda brynen), 1/2 i den mellersta zonen (motsvarande planteringsrad 2 i de smala brynen och rad 2 och 4 i de breda brynen) och 1/3 i den inre brynzonen (motsvarande planteringsrad 3 i de smala brynen och rad 5 o 6 för de breda brynen). Två olika sätt att definiera gradienten i röjningsstyrka testades, en baserat på kronarean (förkortat KAR – Kron Area Reduktion) och den andra på stambasen (förkortat BAR – Bas Area Reduktion). För varje brynzon räknades de olika maxhöjderna ut genom att stegvis radera individer, i fallande skala från högsta till lägsta höjd, till dess att den totala densiteten av KAR respektive BAR i zonen hade reducerats till 1/3 för den inre zonen, 1/2 för den mellersta och 2/3 för den yttre. Det gav oss två simulerade dataset för ZSC med olika maxhöjder som sedan kunde utvärderas och jämföras i de fortsatta analyserna.

Simulering och statistiska test

För varje bryn utfördes separata linjära regressioner (Minitab 16) för att estimeras brynprofilens lutning. Detta gjordes för 2010 och 2013 års höjddata samt även för de två ZSC-dataseten baserade på KAR och BAR. Höjd användes som responsvariabel och planteringsraderna som förklarande variabel. Vidare beräknades Shannons Diversitet Index (SDI) till varje bryn för 2010, 2013 samt ZSC-dataseten baserat på antalet individer respektive kronarea. Skillnader i SDI testades sedan mellan 2010 och 2013 samt mellan ZSC baserat på KAR och BAR med hjälp av parade t-test (Minitab 16). Antagandena för testen undersöktes genom diagnostiska grafer av testmodellens residualer.

Baserat på analyserna ovan valdes den ZSC ut som bäst gynnade en utdragen brynprofil och diversitet för vidare simulering, test och slutligen praktisk implementering i Västerskog. Den vidare analysen inleddes med att serier av Rényis diversitetskurvor togs fram (R Core Team, 2013; Oksanen et al., 2013) genom att dessa ger ett mer robust mått på diversitet än enskilda diversitetsindex (Tóthmérész, 1995). För att ge en bild av de enskilda arternas utveckling

beräknades var arts relativa mängd för varje bryn baserat på dess individantal. Detta gjordes för åren 1994, 2010, 2013 samt den valda ZSC-metoden. För att ge en bättre rumslig bild av brynen och hur de påverkas av ZSC samt undersöka om en sådan skötsel skulle ge upphov till rumsliga mönster som kan upplevas visuellt som artificiella, beräknades alla plantornas position. Dessa punktvisa positioner testades sedan via Ripley's K-punktprocess (Ripley, 1979) för om de hade full spatial slumpmässighet (CSR – complete spatial randomness) med ett 95 % konfidensintervall och 1000 Monte Carlo -simuleringar (Hammer et al., 2001). Som komplement till detta illustrerades även brynen genom 3D-grafer över plantornas position och höjd i brynen. För att kunna jämföra ZSC med enkla fältdata beräknades även medeltal för antalet arter som togs ned i varje zon av brynen samt lutningen på brynen.

Efter simulering och test användes de framräknade maxhöjderna för en praktisk implementering av ZSC i 10 av de 14 brynen i Västerskog (4 stycken lämnades till andra försök). Detta utfördes under vintern 2013/2014 genom att de tio brynen delades upp i två grupper och sedan utfördes ZSC efter randomisering på den ena gruppen medan den andra gruppen lämnades som orörd kontroll. En sådan BACI (Before, After, Control, Impact) -försöksdesign möjliggör en långsiktig utvärdering av ZSC både på brynprofilen och artsammansättningen.

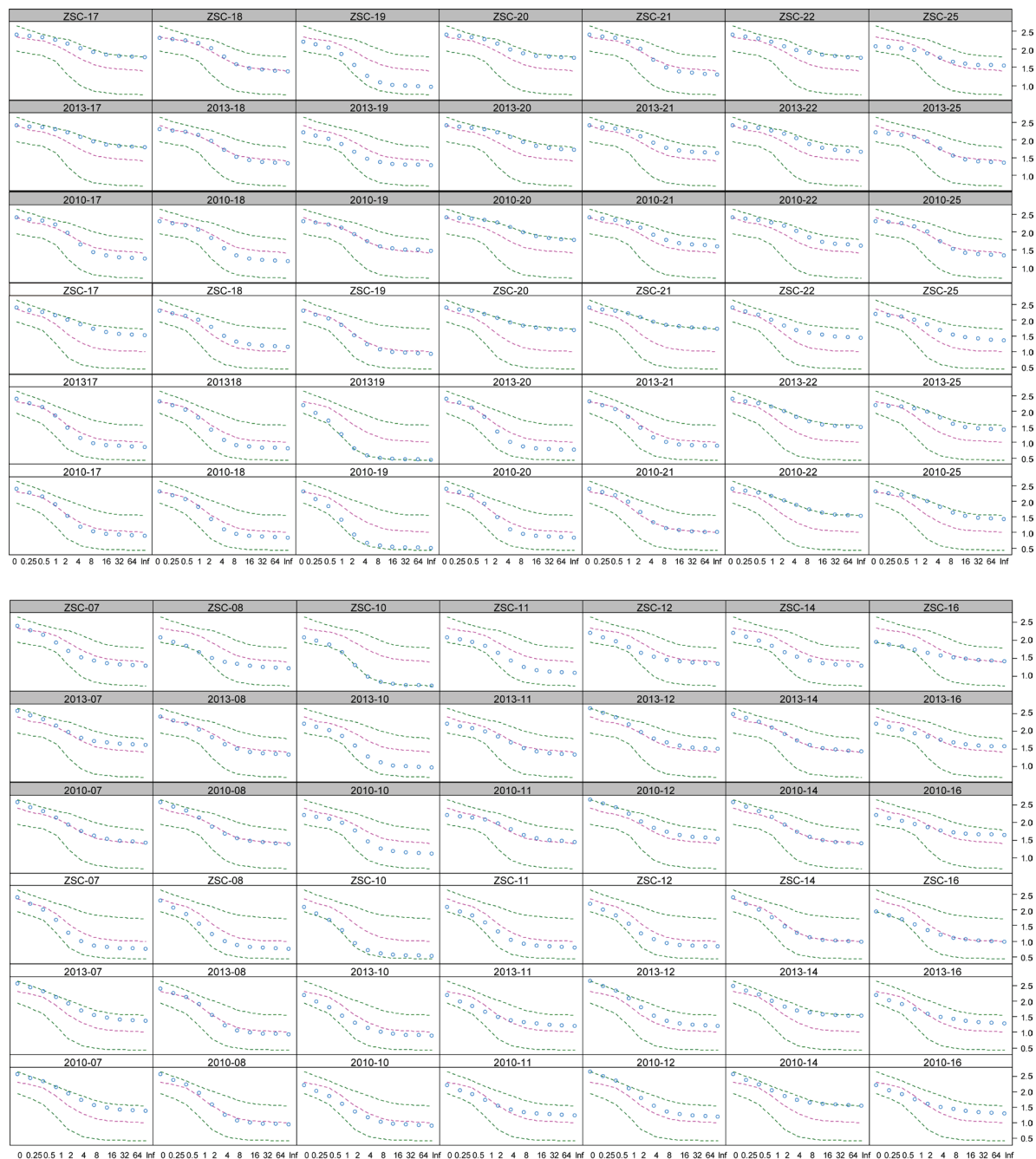
Resultat

Brynprofil och artdiversitet före ZSC

Av de totalt 1872 plantor som planterats 1994 i de 14 brynen hade 461 utgått vid 2010 års inventering. Mellan 2010 och 2013 hade ytterligare 225 individer dött, vilket ger en total dödlighet för de 20 första växtsäsongerna på 37 %.

Rényi-diversitetkurvorna i Figur 3 visar att dödligheten mellan 2010 och 2013 gav en generellt lägre artdiversitet. Analysen av arternas enskilda utveckling mellan 1994 och 2013 visar att speciellt de ljuskrävande låga buskarna såsom *Rosa dumalis* och *Prunus spinosa* hade minskat i antal och kronarea pga konkurrens från större och mer skuggtåliga buskar och

träd. Observationer i fält bekräftade att dödligheten i huvudsak var orsakad av konkurrens, dock i vissa fall i kombination med försvagning av plantorna pga gnagskador av kaniner.



Figur 3: Rényi-diversitetskurvor för de enskilda brynen år 2010, 2013 och efter ZSC. Kurvor baserade på kronarea har vit textbakgrund medan kurvor baserade på individantal har grå textbakgrund. Max-, min- och mediankurvor för diversiteten för alla brynen tillsammans är utritade som stöd i alla grafer med streckade linjer. Cirkelarna visar den specifika kurvan för det enskilda brynet.

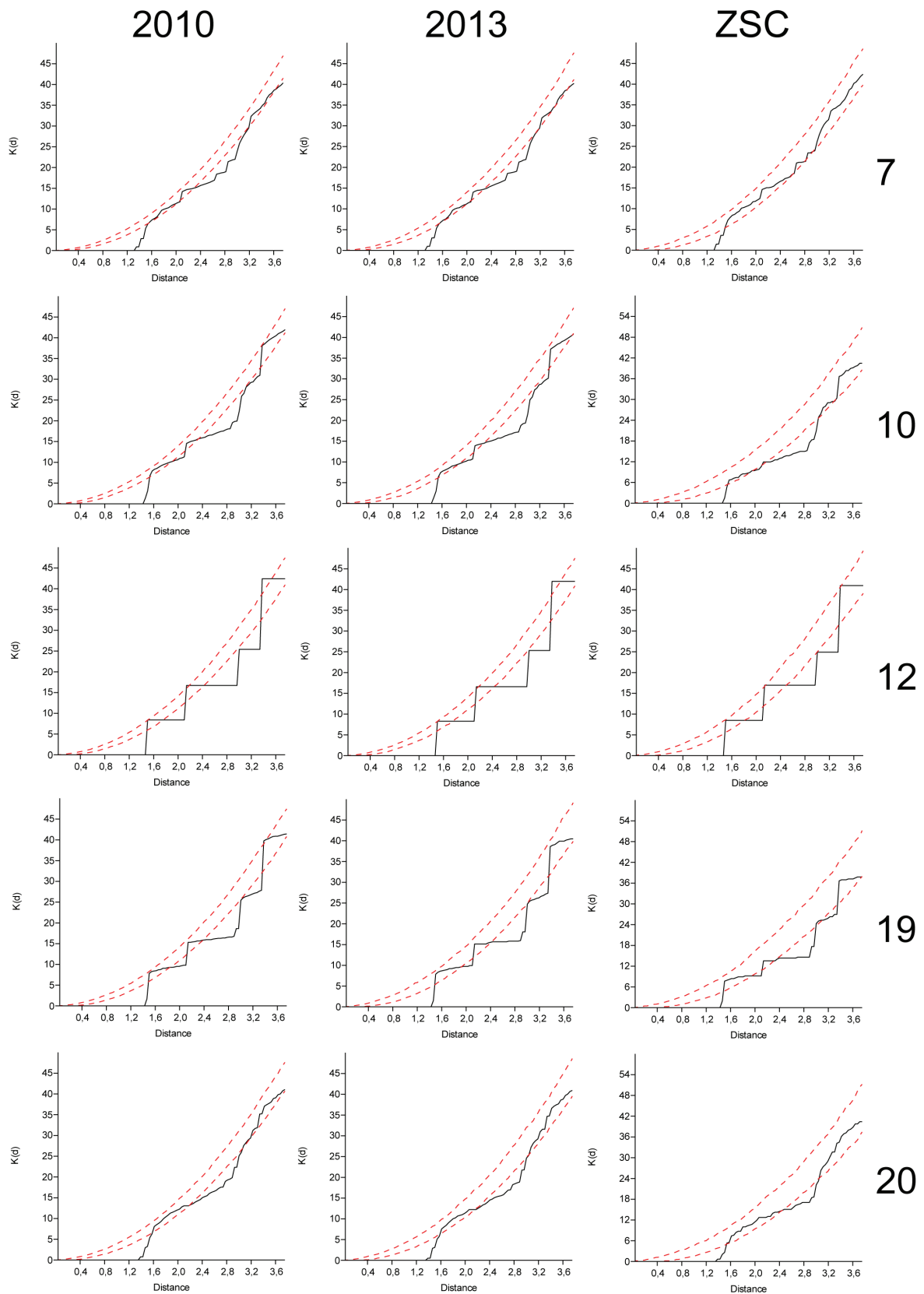
Den linjära regressionen (Tabell 1d) visade en minskning i justerade R^2 -värden för alla smala bryn mellan 2010 och 2013 samt för hälften av de breda brynen. Ett högre R^2 indikerar i detta fall en generell trend av ökande höjd ju längre in man kommer i brynet, d.v.s. en mer utdragen brynprofil, medan en minskning indikerar att brynprofilen blir mer tvär.

Effekt av ZSC på brynprofilen

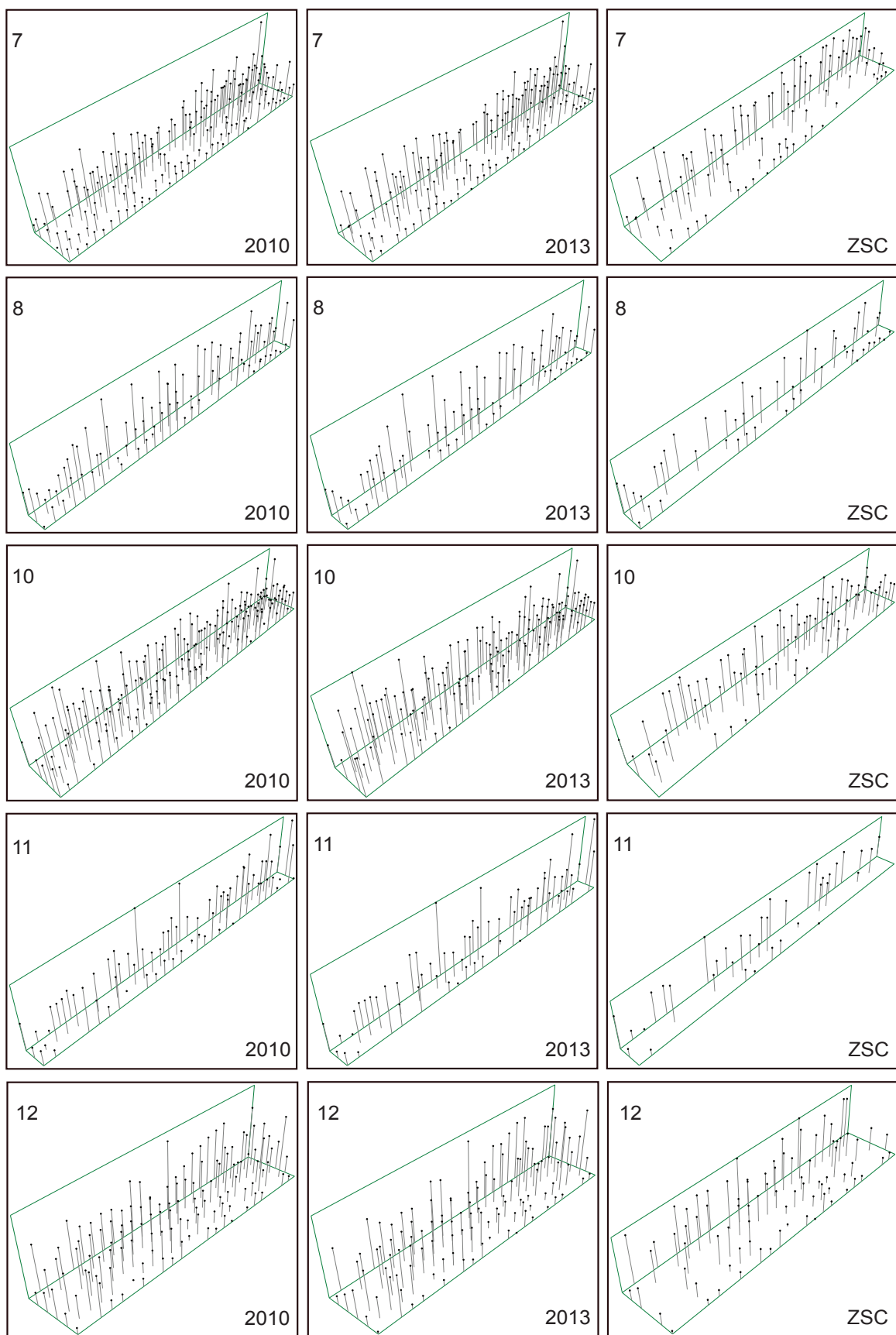
För både ZSC baserad på KAR och BAR fanns det en tydlig ökning i R^2 -värde för både smala och breda bryn jämfört med 2013 (Tabell 1d). Vid en jämförelse mellan KAR och BAR-dataseten visade det sig att ZSC utifrån KAR gav en bättre linjär anpassning i 11 utav de 14 brynen. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan KAR- och BAR-baserad ZSC för SDI baserat på antalet individer ($p=0.945$), men för SDI baserat på kronarea gav maxhöjderna utifrån KAR ett högre värde ($p=0.048$). Baserat på detta användes ZSC baserat på KAR i resterande simulationer, tester och implementering. Maxhöjderna för ZSC i de olika zonerna baserat på KAR motsvarade i grova drag för de breda brynen 1/3, 1/2 och 2/3 av bredden på brynet, vilket gav brynprofilerna en ungefärlig lutning på 45 grader. För de smala brynen var maxhöjderna betydligt högre, vilket gav en lutning i medeltal för brynprofilerna på mer än 60 grader.

Effekten av ZSC på artdiversitet och horisontella mönster

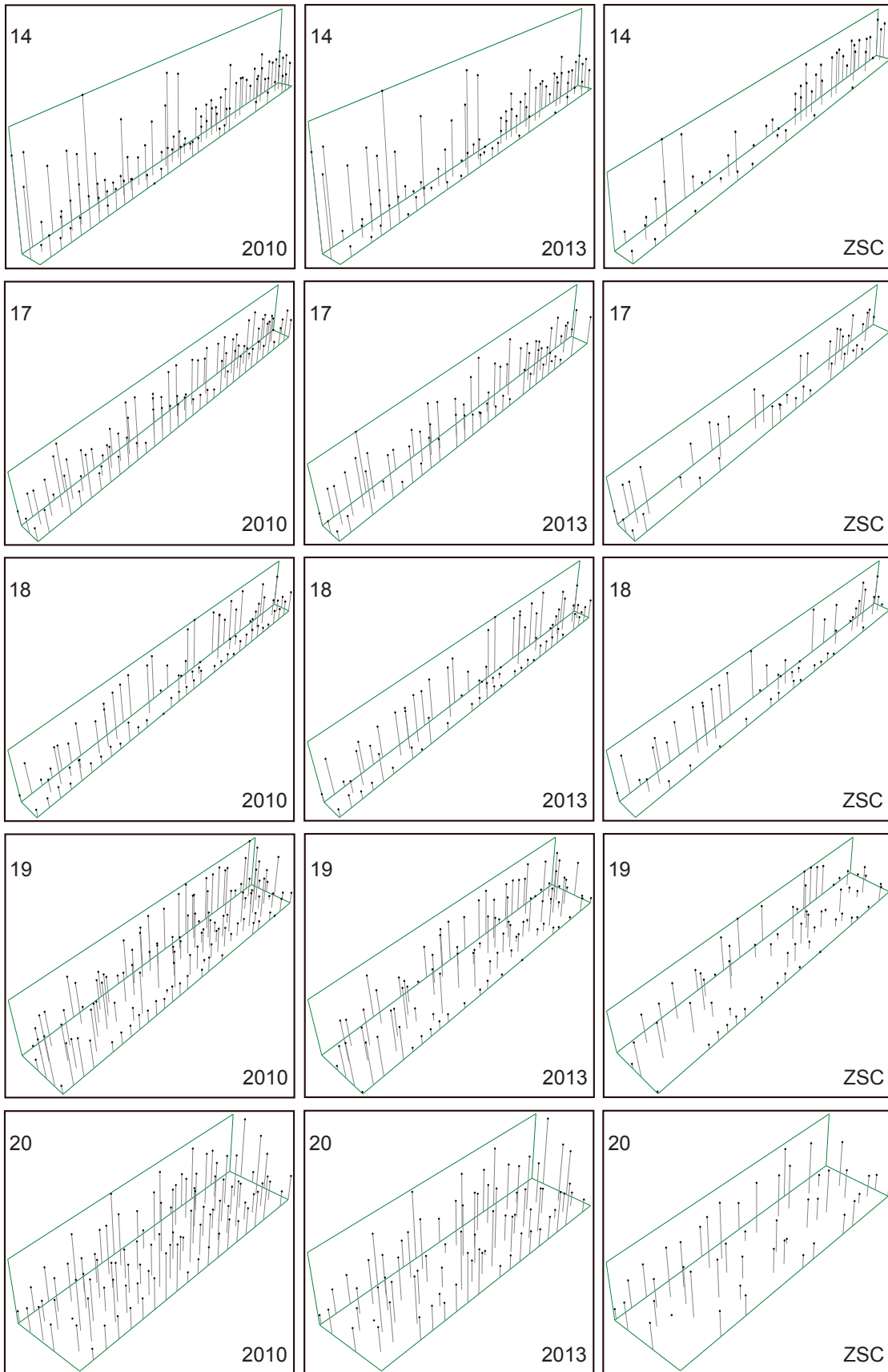
I medeltal innebar ZSC baserat på KAR att 53% av individerna i den yttre zonen togs ned, 38% i den mellersta och 25% i den inre brynzonen. Rényi-diversitetskurvor (Figur 3) visade att ZSC bara bidrog till en högre diversitet i buskbrynen, medan den inte kunde stoppa upp den negativa trenden för diversitet i mosaikbrynen. Dock ökade den relativa andelen av ljuskrävande låga buskar i mosaikbrynen tack vare att främst större buskar och träd översteg maxhöjderna (Tabell 1e). Ripleys K-funktion i figur 4 samt 3D-graferna i figur 5a,b visar att ZSC reducerade den starka radkaraktären från planteringen och de rumsliga mönstren närmade sig i mångt och mycket en full spatial slumpmässighet.



Figur 4: Exempel på Ripley's K-grafer för 2010, 2013 och efter ZSC. De röda linjerna indikerar 95% konfidensintervall. Funktioner under detta indikerar regularitet (helt jämn spridning) och funktioner ovanför indikerar gruppering (clusters).



Figur 5a: Exempel på 3D-grafer över brynens struktur år 2010, 2013 samt efter ZSC.



Figur 5b: Exempel på 3D-grafer över bryns struktur år 2010, 2013 samt efter ZSC.

Diskussion

Under de 20 år som brynen i Västerskog har studerats och lämnats orörda har det funnits en tydlig trend mot mer tvära brynprofiler och minskad artrikedom, speciellt pga den minskande mängden ljuskrävande buskarter. Det bekräftar Gustavsson (2004) och Wuytz (2009) påstående att nya skötselsystem behövs för att utveckla och upprätthålla utdragna skogsbryn med hög artrikedom. Det är därför hoppfullt att ZSC lyckades vända trenden bort från mer tvära brynprofiler och minskad artrikedom utan att skapa alltför jämna eller grupperade horisontella mönster. Trots att denna pilotstudie är begränsade till ett område, simuleringar och enbart en genomförd skötselinsats, visar den att framtida försök och studier av ZSC är en intressant möjlighet för såväl infrastrukturmiljöer såsom urbana landskap.

Brynprofil och maxhöjder

Kärnan i ZSC-systemet är den succesivt minskande maxhöjden genom brynet. I den här studien beräknades dessa maxhöjder utifrån fullständiga beräkningar av kronarea och stambas. Sådana data är inte något som generellt brukar ingå i skogs- eller parksförvaltares dataportfolio. Lyckligtvis indikerar resultaten två möjligheter till att konvertera till enklare mått som är smidigare att mäta in samt kommunicera i skötselplaner. Den första möjligheten är att utgå ifrån att i medeltal 50 % av individerna röjdes i den yttre zonen och 25 % i den inre zonen. Genom att mäta höjder i brynet och sedan beräkna robusta statistiska mått som medianer och kvantiler kan man därmed uppnå maxhöjder för den yttre och inre zonen, och sedan kan den mellersta maxhöjden tas som medeltalet mellan dessa två. Denna metodik borde vara lämplig för bryn med likande uppbyggnad och skötselhistoria som brynen i Västerskog, men troligen skulle ytterligare tester och simuleringar behövas för andra situationer.

Den andra möjligheten är att utgå ifrån det sambandet som fanns för de breda brynen, där maxhöjden grovt överensstämde med djupet på de breda zonerna dvs 1/3, 1/2 och 2/3 av i detta fallet 10 meter. Ett sådant tillvägagångssätt är särskilt lämpligt när trädssäkerhet är högt

prioriterad, då eventuella stormfällan aldrig kommer att nå mycket längre än brynet självt. Dock visar den kraftigare lutningen i de smala brynen att det troligen behövs en större bredd än 5 meter för att kunna utveckla utdragna bryn. ZSC borde därför helst kombineras med att låta brynet få vandra framåt eller plantering av buskar framför brynet eller inne i det i samband med gallring. Wuytz et al. (2009) rekommenderar plantering framför brynet, men precis som för alternativet att låta brynet vandra framåt sätter markanvändning i anslutning till brynet spelreglerna för om detta är möjligt eller inte. Dock är inget av dessa alternativ särskilt väl undersökt och borde därför studeras mer omfattande i samband med ZSC eller annan brynskötsel såväl i kontrollerade experiment som av skogs- och parkförvaltare i deras praktiska drift.

Artdiversitet

Effekten av ZSC på artdiversitet var tydligt kopplad till bryntypen, där buskbrynen påverkades positivt medan ZSC inte kunde vända på den negativa utvecklingen i mosaikbrynen. Det beror i stor utsträckning på att träarterna klibbal *Alnus glutinosa*, asp *Populus tremula*, ask *Fraxinus excelsior* och skogslind *Tilia cordata* som ingår i mosaikbrynen genomgående översteg maxhöjderna. Men alla dessa arter har en hög kapacitet för att sätta stubbskott och för asp även rotskott, vilket betyder att de på sikt återkommer i brynen. Detta visar tydligt att det är svårt att fullständigt utvärdera ZSC baserat på enbart en skötselinsats och vid en enskild tidpunkt. Den långsiktiga utvecklingen av brynen kommer påverkas starkt av de olika arternas förmåga att skjuta nya skott från stubbe och rötter i relation till konkurrens från lämnad och spontan vegetation såväl som betetryck (Buckley et al., 1997; Rydberg, 2000; Pyttel et al., 2013). Genom att stängslet som skyddade planteringarna under etableringen av Västerskog är borta nu kommer troligen påverkan från betes- och gnagskador från i synnerhet kaniner öka.

Utvärdering och reflektioner kring den praktiska implementeringen av ZSC

ZSC var lätt att applicera praktiskt i Västerskogs bryn, men den långa perioden utan skötsel (20 år) gjorde att nertagning av plantorna krävde extra noggrannhet för att inte skada de

närliggande plantor som skulle sparas. Många av de individer som sparades var tämligen stressade och undertryckta, vilket inte är konstigt med tanke på att träd och buskar som utsetts för kraftig konkurrens om ljus ofta svarar med att minska krontillväxten och satsa sina resurser på överlevnad (Muth och Bazz, 2003). Genom manuell fällning och utdragning av nertaget material kunde skadorna på sparad växtlighet minimeras i Västerskog, men med tanke på den ökade arbetsinsats som detta gav och att många arter som lämnades kvar var undertryckta bör den första ZSC:n ske betydligt tidigare än vad som skett i denna studie. Att tidigarelägga den första insatsen med ett flertal år skulle innebära att intervallet för skötselinsatser påminner om de mer intensiva tidsintervallen inom klassiskt stubbskottsbruk (Evans, 1992). Fortsatta studier behövs dock för att bättre kunna avgöra lämpliga tidsintervall, specifikt för bryn på olika marktyper. Kortare tidsintervall har den positiva effekten att det är lättare att dra ner material till marken när man går med röjsåg, men även att det blir mer lättarbetat för mindre erfarna personer. Denna aspekt är särskilt viktig om ZSC ska användas som ett verktyg vid brukarmedverkan i skötsel av tätortsnära skogar, genom att det underlättar inkluderingen av mindre erfarna brukare (Nielsen och Møller, 2008).

Den höjd- och öppenhetsgradient som förstärks av ZSC kommer troligen att ha en positiv påverkan på diversiteten i fältskiktet och dess associerade fauna (Buckley et al., 1997). Att undersöka effekten av ZSC på flora och fauna, och inte enbart den vedartade diversiteten, är en viktig aspekt för andra studier då det skulle ge bättre förståelse för hur ZSC kan användas för att påverka biodiversitet samt en rad olika ekosystemtjänster som är relaterade till skogsbryn.

Den här studien har presenterat ZSC som en ny skötselmodell för att utveckla och upprätthålla utdragna och artrika bryn. Samtidigt är det viktigt att understryka att den stora mängd och variation av skogsbryn som finns i urbana områden såväl som infrastrukturmiljöer gör att fler olika modeller för brynskötsel än ZSC måste utvecklas och kombineras för att kunna möjliggöra en kontextuell artikulering av både biologiska, rumsliga och visuella kvaliteter i relation till önskvärda ekosystemtjänster.

Referenser

- Ballard BD, McLoughlin KT, Nowak CA (2007) New diagrams and applications for the wire zone-border zone approach to vegetation management on electric transmission line rights-of-way. *Arboriculture & Urban Forestry* 33:435-439.
- Boris SD (2012) Urban forest and landscape infrastructure: towards a landscape architecture of open-endedness. *Journal of Landscape Architecture* 7:54-59.
- Buckley GP, Howell R, Watt, TA, Ferris-Kaan R, Anderson MA (1997) Vegetation succession following ride edge management in lowland plantations and woods. 1. The influence of site factors and management practices. *Biological Conservation* 82:289-304.
- Corona P, Agrimi M, Baffetta F, Barbati A, Chiriaco M, Fattorini L, Pompei E, Valentini R, Mattioli W (2012) Extending large-scale forest inventories to assess urban forests *Environmental Monitoring and Assessment*. 184:1409-1422.
- Coppini M, Hermanin L, (2007) Restoration of selective beech coppices: A case study in the Apennines (Italy). *Forest Ecology and Management* 249:18-27.
- Dierschke H (1974) *Saumgesellschaften im vegetations- und standortgefälle and waldrändern*. Verlag Erich Goltze KG, Göttingen.
- Emanuelsson U (2009) *The rural landscapes of Europe: how man has shaped European nature*. Swedish Research Council Formas. Stockholm.
- Esseen PA, Glimskär A, Ståhl G (2004) *Linjära landskapselement i Sverige: skattningar från 2003 års NILS-data*. SLU, Umeå, Arbetsrapport 127.
- Evans J (1992) Coppice forestry – an overview. In: Buckley GP (ed) *Ecology and Management of Coppice Woodlands*. Chapman and Hall, London, pp 18-28.
- 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.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4:1-9.
- Harmer R (2004) Coppice silviculture practiced in temperate regions. In: Burley J, Evans J, Youngquist J (Eds) *Encyclopedia of Forest Sciences, Volume 3*, Elsevier, pp 1045-1052.
- Gustavsson R (1986) *Struktur i lövskogslandskap, Avhandling, Stad & Land 48*, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp.
- Gustavsson R (2004) Exploring woodland design: designing with complexity and dynamics - woodland types, their dynamic architecture and establishment. In: Dunnet N, Hitchmough J (Eds.) *The Dynamic Landscape*. Taylor&Francis, London, pp 184-214.
- Larson BC, Oliver CD (1996) *Forest Stand Dynamics*. Update edition ed. John Wiley & Sons, New York.
- Lloyd KM, McQueen AAM, Lee BJ, Wilson RCB, Walker S, Wilson JB (2000) Evidence on ecotone concepts from switch, environmental and anthropogenic ecotones. *Journal of Vegetation Science* 11:903-910.
- Muth CC, Bazzaz FA (2003) Tree canopy displacement and neighborhood interactions. *Canadian Journal of Forest Research* 33:1323–1330.

- Nielsen AB, Møller F (2008) Is coppice a potential for urban forestry? The social perspective. *Urban Forestry & Urban Greening* 7:129-138.
- Oksanen J, Guillaume BF, 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 2.0-9. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Peterken GF (1992) Coppices in the lowland landscape. In: Buckley GP (ed) *Ecology and Management of Coppice Woodlands*. Chapman and Hall, London, pp 3-17.
- Pyttel PL, Fischer UF, Suchomel C, Gärtner SM, Bauhus J (2013) The effect of harvesting on stump mortality and re-sprouting in aged oak coppice forests. *Forest Ecology and Management* 289:18-27.
- R Core Team (2013) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org>.
- Ranney JW, Bruner MC, Levenson JB (1981) The importance of edge in the structure and dynamics of forest islands. In: Burgess RL, Sharpe DM (Eds) *Forest Islands Dynamics in Man-dominated Landscapes*. Springer Verlag, New York, pp 67-96.
- Ripley BD (1979) Tests of 'randomness' for spatial point patterns. *Journal of the Royal Statistical Society, ser. B* 41:368-374.
- Rizell M, Gustavsson R (1998) *Att anlägga skogsbyn. Modeller och referenser för anläggning och rekonstruktion*, Movium, Alnarp.
- 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.
- Rydberg D Falck J (2000) Urban forestry in Sweden from a silvicultural perspective: a review. *Landscape and Urban Planning* 47:1-18.
- Rühle G (1995) Innovative Prozesse bei der Instandhaltung des Grüns an der Bahn. *Eisenbahningenieur* 46:588-593.
- Tóthmérész B (1995) Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science* 6:283-290.
- van der Maarel E (1990) Ecotones and ecoclines are different. *Journal of Vegetation Science* 1:135-138.
- Wiström B, Nielsen AB (2014) Effects of planting design on planted seedlings and spontaneous vegetation 16 years after establishment of forest edges. *New Forests* 45:97-117.
- 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.

Abstract

Graded forest edges with low shrubs at the periphery and increasingly higher shrubs and trees toward the forest interior are often considered as ideal in infrastructure environments. They provide valuable ecosystem services while keeping hazardous trees at distance from railways, roads, power lines and houses. This report presents Zoned Selective Coppice as a novel management system for the development and maintenance of graded forest edge profiles. ZSC 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. This creates a gradient of heights and thinning strength that is theorized as essential for the development of graded forest edges. Results from simulation and implementation of ZSC in Alnarps Landscape laboratory showed that ZSC could reverse the ongoing trend of decreasing diversity and graded edge profile without creating unwanted horizontal patterns. The field trial in Alnarps Landscape Laboratory enables long-term evaluation of ZSC.