



Tillväxtmönster och kvalitet i trädslagsblandade bestånd på höga boniteter

– en fallstudie i Snogeholms landskapslaboratorium

Erik Bergqvist

Handledare: Per Magnus Ekö

Ulf Johansson

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 289

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2018



Tillväxtmönster och kvalitet i trädslagsblandade bestånd på höga boniteter

– en fallstudie i Snogeholms landskapslaboratorium

Erik Bergqvist

Handledare: Per Magnus Ekö, SLU Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Ulf Johansson, SLU Tönnersjöhedens försökspark

Examinator: Eric Agestam, SLU Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 289

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2018

Examensarbete i skogshushållning ingående i jägmästarprogrammet SY001
SLU kurskod EX0766, 30hp, Avancerad nivå A2E

Förord

Det här examensarbetet kom till tack vare Ulf Johansson på Tönnersjöhedens försökspark. Ulf stod för idén att göra en studie på de blandbestånd som finns på Snogeholms landskapslaboratorium i och med att området skulle mätas in 2016/2017. Idén till arbetet utvecklades sedan i samarbete med Ulf Johansson och Per Magnus Ekö på institutionen för Sydsvensk skogsvetenskap. Jag vill passa på att tacka både Ulf och Per-Magnus för sitt genuina engagemang och sin tålmodighet i det här arbetet. Det har bitvis varit komplicerat att sätta sig in i de teorier och processer som gäller för blandskogar och vilka slutsatser man egentligen kan dra av ett såhär begränsat försök. Jag tycker ändå att det här arbetet har varit intressant eftersom det har gett mig möjlighet att fördjupa mig i blandskogar, ett aktuellt ämne som är relevant för det framtida skogsbruket i Sverige.

Byhult, Jönköping, September 2017

Erik Bergqvist

Abstract

Growth patterns and quality in mixed species stands on fertile sites - a case study on Snogeholm trial area in southern Sweden"

The interest in mixed species forests has been variable in an historical context, with different advantages pointed out over time. Recently, the higher biodiversity in mixed species forests and the possibility to break the total dominance of Norway spruce (*Picea abies*) in southern Sweden has increased the interest for mixed species forests. A range of interactions that occur between tree species in a mixture and these interactions are sometimes complicated to separate from each other. This makes research in species mixed forests complicated and expensive. This fact, together with a former low interest in mixed species forests has led to few established trials, especially on fertile sites. One such place exists though, the Snogeholm landscape laboratory, situated in Scania in southern Sweden. It was established 1994 and contains a wide range of different mixtures. The aim of this study was to examine the different interactions occurring on fertile sites by comparing development of height, diameter and volume in mixed species stands with single species stands on the Snogeholm area. The trial contains no replicates and the study is therefore a case study. Mixtures between silver birch (*Betula pendula*), Norway spruce and beech (*Fagus sylvatica*) were selected for further studies. Beech in mixture with alder (*Alnus glutinosa*) as well as a pure stand of downy birch (*Betula pubescens*) were included in the study.

The trees showed mostly similar growth patterns in mixtures as in single species stands. The Norway spruce were restrained in mixture with birch. In mixture with alder, the beech produced 75 % more than the pure beech stand, which was unexpected. In mixture with spruce, the beech had produced a high volume, regarding the low number of plants in the mixture. The silver birch was unaffected by growing with Norway spruce and beech, regarding the volume. Downy birch had produced 2/3 of the volume of the silver birch.

Among the beech stands, the beech in mixture with alder showed the lowest quality. In mixture with Norway spruce and silver birch, the beech showed better quality than the pure stand. The spruce stands showed similar quality in all stands. The silver birch showed similar quality in all stands, except in mixture with beech.

The increased volume production of beech in mixture with alder might have been caused by nitrification. Nitrification is not supposed to occur on fertile sites, where nitrogen is easily accessible. Therefore the increase is unexpected. The high volume production of beech in mixture with Norway spruce is probably a result of the beech behaving as the dominant trees in the pure beech stand. The conclusion made from these observations was that the dominant trees in the mixtures is sparsely affected regarding production or quality from the other tree in the mixture. The dominated tree in the mixture shows all from negative to positive response due to the mixture. Future studies should focus on processes that are governing the positive growth response in the mixtures and how these effects could be used in a future forestry.

Key words: mixed species forests, growth patterns, tree species interactions, wood quality

Sammanfattning

Historiskt har intresset för trädslagsblandningar i Sverige varierat kraftigt och olika positiva fördelar har framhävts under olika tider. På senare tid är den högre artrikedomen i trädslagsblandade bestånd och en möjlighet att delvis bryta granens dominans i södra Sverige ökat intresset för trädslagsblandade bestånd. Ett flertal olika interaktioner som förekommer i blandskogar är svåra att separera från varandra och detta gör försöksupplägg komplicerade och dyra. Ett tidigare ointresse för trädslagsblandade bestånd gör att det idag finns få försök att studera. Framförallt gäller detta på goda boniteter. Snogeholms landskapslaboratorium är ett område med försök som innehåller en rad trädslagsblandningar och ligger på mycket produktiva ståndorter. Försöket anlades 1994. Försöken saknar upprepningar och inga statistiska analyser kunde därför göras. Syftet med det här arbetet var att, med hjälp av landskapslaboratoriet på Snogeholm, studera vilka trädslagsinteraktioner som förekom på goda boniteter. Detta gjordes genom att jämföra hur utvecklingen av höjd, diameter och volym samt kvaliteten i bestånden utvecklats. Till detta ändamål valdes bestånd med gran, bok och vårtbjörk i blandning med varandra ut, där blandningarna jämfördes med sina trädslagsrena motsvarigheter. Även al studerades i blandning med bok och glasbjörk togs även med i jämförelse med vårtbjörk.

I de flesta fall uppvisade trädslagen liknande tillväxtmönster som i trädslagsrena bestånd. Granen var hämmad i blandning med björk, annars växte den som förväntat i de andra fallen. Boken uppvisade i två fall något oväntade tillväxtresultat. I blandning med al hade boken producerat nära mer än 75 % i det trädslagsrena beståndet. I blandning med gran hade boken också producerat en hög volym, trots lågt planterat förband. Vårtbjörken var i princip opåverkad av att växa både med bok och gran sett till tillväxten.

Bland bokbestånden hade boken sämst kvalitet i blandning med al. Både i blandning med björk och gran visade boken bättre kvalitet än det rena beståndet. Granblandningarna hade producerat likvärdig kvalitet som bara gran, björkbestånden likaså.

Bokens höga volymproduktion i blandning med al kan bero på att alen fixerar kväve. Detta är oväntat eftersom det inte brukar förekomma där kväve finns lättillgängligt i marken. Att bok i blandning med gran verkar växa bättre har antagligen att göra med att de uppför sig som de dominerande bokarna i bokbeståndet. Slutsatsen av den här studien var att det förväxande trädet sällan påverkas särskilt mycket varken i kvalitet eller i tillväxt medan det efterväxande trädslaget uppvisar allt från negativ tillväxt till positiv tillväxt i förhållande till det trädslagsrena alternativet. Framtida studier bör fokusera på varför de positiva tillväxteffekterna uppstår och hur de skall ta till varas i ett framtida skogsbruk.

Nyckelord: blandskogar, tillväxtmönster, trädslaginteraktioner, virkeskvalitet

Innehåll

Förord.....	3
Abstract.....	5
Sammanfattning.....	6
Innehåll.....	7
INLEDNING.....	9
Bakgrund och historia.....	9
Produktion och kunskapsläge.....	10
Blandskog och virkeskvalitet.....	12
Snogeholms landskapslaboratorium.....	13
Problemformulering.....	13
Syfte.....	14
MATERIAL OCH METOD.....	15
Lokal.....	15
Datainsamling.....	17
Fältarbete.....	17
Volymmätning.....	17
Kvalitetsuppskattning.....	17
Bearbetning av data.....	19
Kvantitativa beräkningar.....	19
Tillväxtmönster.....	19
Kvalitet.....	19
RESULTAT.....	20
Volym.....	20
Tillväxtmönster.....	22
Al.....	22
Bok.....	23
Björk.....	24
Gran.....	25
Kvalitet.....	26
DISKUSSION.....	28
Tolkning av resultaten.....	28
Volym och tillväxtmönster.....	28
Kvalitet.....	30
SLUTSATS.....	31
REFERENSER.....	32
Bilaga 1. Ståndortsindex.....	35
Bilaga 2. Volymfunktioner.....	36
Bilaga 3. Avkastning.....	37
Bilaga 4. Prislistor för avkastning.....	38

INLEDNING

Bakgrund och historia

Svenskt skogsbruk är till stor del knutet kring barrträd. Gran (*Picea abies*) och tall (*Pinus sylvestris*) står tillsammans för 81% av volymen på den produktiva skogsmarken i Sverige, med ungefär lika stora andelar vardera (Skogsstyrelsen, 2014). Granen är dominerande i södra Sverige, tallen i norra Sverige, med Mellansverige som en region präglad av stora lokala skillnader (Skogsstyrelsen, 2014).

Bland de triviala lövträden utgör björk (*Betula pendula*, *Betula puberula*) 12% av virkesförrådet. Asp (*Populus tremula*) och al (*Alnus incana*, *Alnus glutinosa*) utgör cirka 1,5 % vardera. Stor del av de triviala lövträden i södra Sverige återfinns i blandning med gran (Drössler, 2010). Bland de ädla lövträden utgör ek (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) cirka 1,1 % och bok (*Fagus sylvatica*) 0,6 %. Boken utgör ett undantag genom att ofta växa i trädslagsrena bestånd.

Frågan om bestånd skall anläggas i trädslagblandade eller trädslagsrena bestånd har debatterats ända sedan det moderna skogsbrukets framväxt på 1800-talet (Frivold, 1991). I Sverige har frågan kommit och gått genom åren. I och med industrialiseringen av skogsbruket efter andra världskriget ansågs trädslagsrena bestånd vara det mest lämpliga sättet att bedriva skogsbruk på. Det fanns gott om trädslagblandade bestånd med dålig produktion till en följd av tidigare generationers misshushållning med skogen. Detta var något skogsbruket ville bort ifrån. Helt ensidigt negativ var dock aldrig inställningen till trädslagblandade bestånd. Det förekom även vid den tiden forskning som pekade på fördelar med trädslagblandade bestånd. Bland annat påpekades kvalitets- och produktionsfördelar med att blanda gran och tall (Jonsson, 1961, Johansson, 1963). Björk och lövträd förmodades också ha positiv inverkan på barrträd genom sin lättnedbrutna förna (Nykvist, 1963; Mikola, 1985).

Ett tydligt trendbrott i synen på trädslagblandade bestånd skedde på 1980-talet. Tankar på att anpassa skogsbruket till växtplatsen ledde till att avvikande trädslag började tolereras i barrbestånd (Lundh & Josefsson, 1989). En annan bidragande orsak var en kraftigt ökad användning av björkråvara i massaindustrin och därmed ökad avsättning för lövträdsråvara (Libäck, 1989).

Få försök på blandskogar fanns utlagda och kunskapen om blandskogars produktion och skötsel var bristfällig. Enklare modeller togs fram för att simulera effekter av olika skötselgrepp (Agestam, 1985). Den totala barrdominansen i skogen började även diskuteras ur ett landskaps- och miljöperspektiv. Försurningen genom utsläpp av svavel- och kvävedioxiderna var ett mycket aktuellt ämne. Eftersom lövträd ger ett högre mark-pH än barrträd, ansågs lövträd i barrskog kunna dämpa försurningen i skogsmarken, en fördel som ofta framhävdes till blandskogens fördel (Almgren, 1990).

Med 1990-talet kom 1993 års skogsvårdslag. Den innebar att miljömål och produktionsmål tillmättes lika stor betydelse. Den generella hänsynen, att sprida miljövärden i landskapet, ökade lövträdens betydelse för den biologiska mångfalden. Certifieringen av skogsbruket under slutet av nittio-talet ledde också till att just andelen löv på fastighetsnivå identifierades som viktigt för den biologiska mångfalden.

Från millennieskiftet fram till idag har intresset för trädslagsblandade bestånd fortsatt att öka. Stormarna 2005 och 2007 gjorde att granens totala dominans i södra Sverige på allvar började ifrågasättas, framförallt från politiskt håll. Återbeskningsbidrag för att plantera lövträd utgick efter stormarna men intresset från markägare var litet (Bergquist, 2014). Ett mildare, fuktigare och blåsigare klimat gynnar bland annat rotröta. Kortare och längre perioder av torka är inte heller till granens fördel. Ökad stress för granarna kommer antagligen göra dem mer mottagliga för andra skadegörare i framtiden. Att blanda gran med andra trädslag i produktionen ses som ett led i att öka andelen andra träd i landskapet (Agestam, Karlsson, & Nilsson, 2008). Positiva fördelar för granen har också påpekats, bland annat att mindre stormskador, möjligt minskad spridningen av rotröta samt att det ger en trivsammare skog att vistas i.

Produktion och kunskapsläge

Blandskogsbestånd definieras som bestånd större än 0,5 hektar och där inget trädslag utgör mer än 70 % av grundytan. Detta är en definition som anses vara för vid eftersom den även innefattar skärmställningar och röjskogsbestånd, blandningar där ett trädslag syftar till att främjas på sikt. Många blandningar mellan trädslag, så som blandningar under ungskogsfasen, är temporära blandningar eftersom ett trädslag med tiden blir dominerande. En indikation på att konkurrenssituationen mellan trädslagen är likvärdig är att trädens kronor befinner sig i samma kronskikt. Därför läggs ofta ett villkor till om att blandskogar skall vara enskiktade. Eftersom det i ungskogsfasen är oklart huruvida beståndet i framtiden kommer kunna bilda ett blandat bestånd räknas ungskogar sällan som blandskogar.

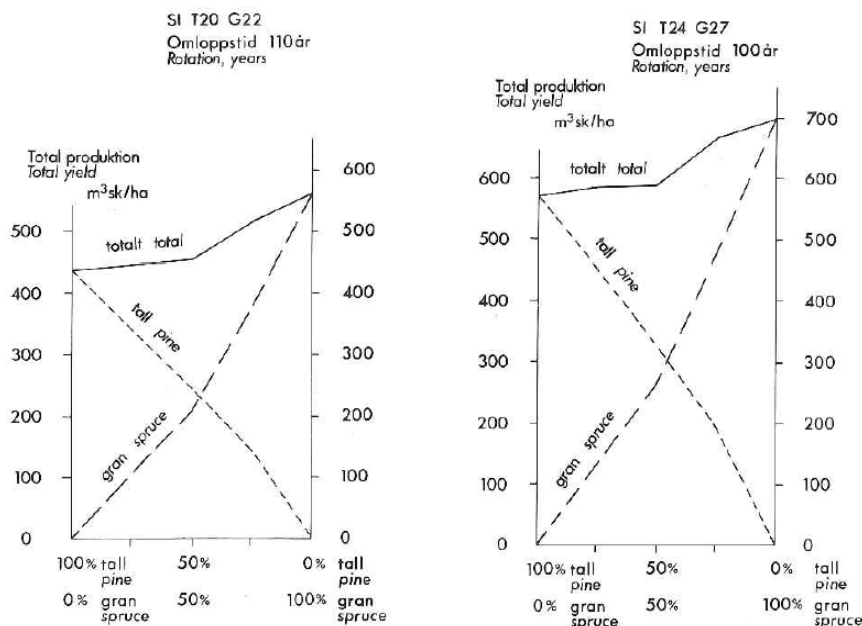
Den största skillnaden mellan blandskogar och monokulturer är att det i blandskogar förekommer en rad olika interaktioner mellan trädslagen som ibland kan vara svåra att särskilja (Kelty, 2006). Till att börja med är vilken art som är närmsta granne av mycket stor betydelse för hur det enskilda trädet reagerar i tillväxt (Harper, 1977). Det är därför av betydelse för tillväxten om trädslagen i blandningen fördelar sig radvis, gruppvis eller på annat vis i beståndet (Harper, 1977).

I en blandning mellan två trädslag är det vanligt att det ena trädslaget producerar bättre än det gör i ett trädslagsrent bestånd. I vissa fall producerar båda trädslagen mer än sina trädslagrena motsvarigheter. Om båda trädslagen ökar sin produktion jämfört med trädslag i trädslagsrena bestånd kallas detta *egentlig blandskogseffekt*. Detta är en effekt som har visat sig mycket svår att belägga och det är tveksamt om den förekommer i Sverige (Agestam, et al., 2005). Istället är det mycket vanligare att det ena trädslaget ökar sin tillväxt och det andra uppvisar olika grader av negativ tillväxt. Om summan av effekterna är positiv jämfört med trädslagsrena bestånd av trädslagen kallas effekten *blandskogseffekt*.

Tillväxtökningar hos det ena trädslaget i blandningar kan ha flera orsaker. Dels kan det bero på att trädslagen stimulerar varandras tillväxt. Det finns en rad olika sätt som detta kan uppkomma på. Ett typexempel är blandningar där det ena trädslaget är kvävefixerande, till exempel arter av *Alnus*-släktet (Grotta, Gartner, & Radosevich, 2004). En högre tillväxt uppkommer som följd av mer tillgängligt kväve i marken. Effekten brukar vara tydligare ju mindre kväve det finns tillgängligt på ståndorten (Rothe & Binkley, 2001). Tillväxteffekter kan också bero på att det ena trädslaget

upplever minskad konkurrens från det andra trädslaget i blandningen än det upplever än om det hade varit omgivet av egna artfränder (Kelty, 2006). Träden reagerar som om de stått i ett glesare förband. Denna effekt kallas därför för *förbandseffekt*. Detta är ingen egentlig tillväxtökning eftersom effekten uppkommer som en reaktion på att de enskilda har större plats att växa på. För att kunna separera förbandseffekter från eventuella stimulans effekter behövs ett försökled där trädslaget ensamt är planterat i samma förband som i blandningen. Detta är ett försöksled sällan tas med i försök (Kelty & Cameron, 1995). Därför är det sällan möjligt att utesluta denna effekt i blandskogar. För svenska förhållanden är det antagligen förbandseffekten som gör att tall i blandning med gran ibland uppvisar grövre diametrar än tall i trädslagsrena bestånd (Jonsson, 1961; Lindén & Agestam, 2003).

Förutom trädslagen i blandningen är proportionerna avgörande betydelse för hur mycket volym en blandning producerar. Ofta går små proportioner av avvikande trädslag blanda in i bestånd utan att tappa volymproduktion (Agestam, 1985). Hur stor proportionen är beror på vilka trädslag som ingår i blandningen och markens bördighet. På mindre produktiva ståndorter är produktionen oftast proportionell i förhållande till de ingående trädslagen i blandningen. På bördigare ståndorter kan inslaget av ett trädslag ökas fram till en viss punkt, där produktionen tydligt avtar (figur 1).



Figur 1. Volymproduktion på en produktiv (till höger) och en mindre produktiv ståndort (till vänster) vid olika proportioner av gran och tall. Notera hur produktionen avtar kraftigt med ökad tallinblandning över 25 % på goda boniteter. Proportionerna är i stamantal/ha (Agestam, 1985)

Figure 1. Volume production on a fertile site (to the right) and a less fertile site (to the left) with different proportions of Norway spruce and Scots pine. Note the rapid decrease of production with more than 25% Scots pine on fertile sites. The proportions are presented in stems per hectare (Agestam, 1985).

En stor fråga inom blandskogsforskningen är huruvida blandskogar generellt skulle vara produktivare än trädslagsrena bestånd. Många hävdar att så är fallet (Pretsch, et al., 2010). Detta påstående baseras på teorin om att olika trädslag kan komplettera varandra

genom att utnyttja olika nischer i beståndet, den så kallade *nischteorin*. Detta sker till exempel att träden utnyttjar olika nischer vad gäller näringsupptag eller solljusupptag. Ett typexempel är blandningar mellan ett skuggtåligt och ett ljuskrävande trädslag. Ett problem med nischteorin är att den är svår att testa praktiken. En produktiv ståndort hyser ofta en större mängd arter jämfört med en mindre produktiv ståndort, även när det kommer till trädslag (Gamfelt, et al., 2013). Produktionsjämförelser mellan blandade och trädslagsrena bestånd tenderar därför att bli orättvisa eftersom jämförelsen blir mellan produktiva och mindre produktiva bestånd. För kunna göra en rättvis jämförelse behövs trädslagsrena ytor på samma typ av ståndort att jämföra med. Ofta saknas en trädslagsren yta för det ena trädslaget, speciellt för blandningar med lövträd. Lättillgängligt och billigt data, insamlat i stora riksomfattande insamlingar, till exempel av riksskogstaxeringen, är därför av begränsad användning för att undersöka produktionen i blandskogar.

För svenska förhållanden är den så kallade Kronobergsmetoden ett exempel på en blandning där granen etableras under en skärm av björk som succesivt glesas ut. Kombinationen av björk och gran resulterar i upp till 30% högre volymtillväxt över omloppstiden (Bergqvist, 1998). Björken och granen hanteras i princip som två separata bestånd och när björken börjar hämma granens tillväxt efter cirka 30 år avvecklas den. Vad som utnyttjas är därför en kombination av trädslagets olika tillväxtrytm och granens förmåga att klara viss beskuggning. Det är därför inte ett exempel på hur trädslagen kompletterar varandra i enlighet med nischteorin utan är en temporär blandning (Bergqvist, 1998).

Det finns även fler former av blandskogsbruk tillämpas som i strikt mening inte handlar om blandskogar.

På motsvarande sätt används skärmar på många håll i skogsbruket. Syftet är i första hand att underlätta etablering av ett huvudträdslag och genom en skärm efterlikna ett naturligt tillstånd som träden normalt föryngrar sig i. Det finns mycket att vinna på att också kunna få en tidig intäkt från skärmställningen. Syftet med skärmställningar vid etablering av många trädslag är också att det leder till en bättre kvalitetsutveckling för huvudträdslaget. Detta är extra viktigt för trädslag där kvalitet premieras genom högre virkespriser.

Blandskog och virkeskvalitet

Ytterligare en orsak till att blanda olika trädslag är att det kan främja virkeskvaliteten i det framtida beståndet. Vid anläggning av bestånd förekommer det att en låg skärm av anläggs för till att skugga huvudträdslaget och därmed skapa raka och klenkvistiga framtidsträd (Almgren, et al., 1984). Oftast används ett snabbväxande trädslag som växer snabbare än huvudträdslaget används för skärmen. Skärmen kan också underlätta etablering av huvudträdslaget genom att skydda mot frost och kraftigt solljus. Skärmen kan också efterlikna vissa trädslags sätt att naturligt föryngra sig och därför är det nödvändigt att använda någon form av lågskärm för att säkerställa föryngringen. Dessutom är det ofta ekonomiskt att anlägga en skärm eftersom dyra plantor av huvudträdslaget kan ersättas med billigare plantor från ett annat trädslag, vilket ger en lägre föryngringskostnad.

Även i egentliga blandningar där trädslagen existerar i samma kronskikt finns i Sverige exempel på hur trädslagsblandning främjar kvalitetsutveckling, bland annat i blandningar mellan tall och björk (Hägg, 1991).

Snogeholms landskapslaboratorium

Ett av få försök i Sverige där flera olika trädslagsblandningar finns representerade är Snogeholms landskapslaboratorium. Försöket anlades 1994 på ett 30 hektar stort åkermarksområde och omfattar totalt 69 olika bestånd. Laboratoriet anlades som ett samarbete mellan Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap och Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, båda två på SLU i Alnarp. Syftet med laboratoriet var att illustrera hur systematiskt anlagda trädslagsblandningar på nedlagd jordbruksmark utvecklas. Unikt med området är att det ligger på mark med mycket höga boniteter. Tidigare studier på området har visat små skillnader i produktion mellan blandningar och trädslagsrena bestånd (Drössler, et al., 2014).

Problemformulering

Dyr och komplicerad forskning gör att blandskogen är ett eftersatt forskningsområde. Kunskap saknas om hur blandningar producerar jämfört med trädslagsrena motsvarigheter. Framförallt gäller detta på mycket höga boniteter, där få studier är gjorda. Erfarenheten säger också att det kan finnas brytpunkter för hur stor blandning av olika trädslag som går att blanda.

Blandskogens produktion går inte frikoppla från kvaliteten i beståndet. När skötselrekommendationer utfärdas för blandskogar måste samtliga dessa aspekter vägas in. Södra Sverige är extra intressant ur detta perspektiv eftersom det finns många anledningar att i framtiden satsa mer på blandskog. Eftersom Snogeholm är ett av få områden med många olika anlagda blandskogsbestånd valdes det ut för vidare studier, trots att upprepningar på försöken saknas.

Syfte

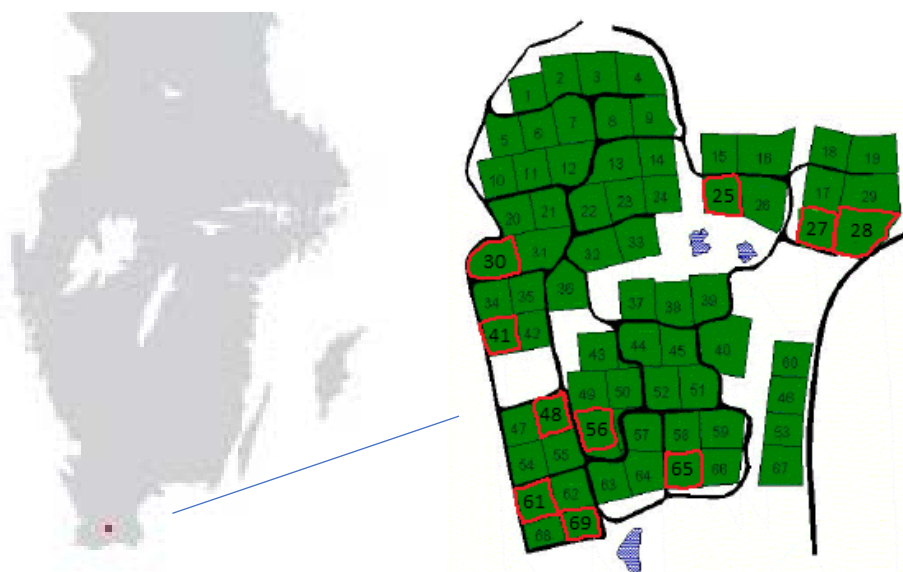
Syftet med den här studien var att genom att studera några vanligt förekommande trädslagsblandningar på Snogeholms landskapslaboratorium studera trädslagsinteraktioner på mycket höga boniteter. Syftet var också undersöka hur träden påverkar varandra avseende höjd, diameter och volym samt i kvalitet. Detta skall besvaras genom att svara på följande frågeställningar.

- Har de ingående trädslagen i blandbestånden utvecklats som motsvarande trädslagsrena bestånd avseende höjd, diameter och volym?
- Finns en positiv inverkan på kvalitén bland trädslagen i blandbestånden jämfört med det trädslagsrena beståndet?

MATERIAL OCH METOD

Lokal

Datamaterialet i den här studien kommer från Snogeholms landskapslaboratorium (55,55”N, 13,71”Ö) som ligger cirka 5 km söder om Sjöbo i anslutning till Snogeholms slott. Området ligger därmed i den allra sydligaste delen av Sverige, i den nemorala vegetationszonen. Lokalen ligger präglas av mycket höga boniteter (se bilaga 1) med viss variation utefter slutningens höjdgredient (figur 2.).



Figur 2. Placeringen av Snogeholms landskapslaboratorium samt utvalda parceller markerade med rött. För närmare förklaring av parcellerna, se tabell 1.

Figure 2. The geographical situation of the Snogeholm trial site. The selected plots are marked with red. For further explanation of the plots, see table 1.

Från de blandningar som fanns i landskapslaboratoriet gjordes ett urval av för skogsbruket intressanta bestånd. Kriterier som ställdes upp var att de skulle innefatta trädslag med sinsemellan olika egenskaper och blandningarna hade lyckats väl vad gäller etablering och skötsel. Bland de blandningar som fanns valdes bok, gran och björk ut för närmare studier av tillväxtmönster och skötselprogram, eftersom boken är en utpräglad sekundär art, granen en intermediär art samt björken en utpräglad pionjär art. Till varje blandning mättes respektive trädslagsrena bestånd. Därmed inkluderades även klibbal i studien efter den förkom som blandning med bok. Dessutom valdes ytterligare några bestånd ut som var intressanta ur skogsbrukets synvinkel, där jämförande beräkningar på nuvärdet och kvalitet skulle göras. Hybridasp togs med för att jämföra potential i tillväxt, glasbjörk för att jämföra volymproduktion med vårtbjörk. Det är hittills okänt hur glasbjörk växer jämfört med vårtbjörk på så pass höga boniteter och så långt söderut i Sverige. I slutändan blev det totalt tio bestånd (Tabell 1).

Tabell 1. De utvalda parcellerna för vidare jämförelser av tillväxtmönster och virkeskvalitet samt deras trädslagsandelar och skötselprogram.

Table 1. Selected stands for comparison of growth pattern and wood quality, showing their tree species proportion, number of planted trees, target number of trees and rotation age.

Trädslag	Parcell	An- delar (%)	Plant- antal (pl/ha)	Mål- bestånd (st/ha)	Omlopps- tid (år)
Bok	25	100	6000	200	90–110
Bok & Klibbal	27	80–20	5000	200	90–110
Bok & Vårtbjörk	28	67–33	5000	200	90–110
Klibbal	30	100	2600	250	50–60
Gran & Bok	41	50–50	4000	200	90–110
Gran & Vårthiörk	48	67–33	3000	300	60–80
Glasbjörk	56	100	2500	300	50–60
Gran	61	100	3000	300	60–80
Hybridasp	65	100	1600	200	25–35
Vårtbjörk	69	100	2400	300	50–60

Flera av bestånden är anlagda som skärmställningar av olika typer. Blandningarna mellan bok och klibbal samt bok och björk syftar till att bli trädslagsrena bokbestånd efter hand. Skärmens syfte är i främsta hand att skugga bokarna för att skydda mot direkt solljus samt att stimulera deras höjdtillväxt. I gran och vårtbjörksbeståndet avvecklas björken efter hand för att i slutändan bilda ett rent granbestånd. Gran och bokbeståndet är också en form av där granen succesivt glesas ut för att passa bokens med tiden ökade ljuskraV. Dock sparas en del gran för att beståndet ska vara ett blandat bestånd under hela omloppstiden.

Datansamling

Fältarbete

Fältarbetet genomfördes under två veckor från slutet av september till början av oktober 2016. Två olika typer av data samlades in: kvantitativa data och kvalitetsdata. Förutom detta gjorde även en ståndortsbonitering på bestånden. Mätningarna syftade till att få fram aktuella uppgifter om volym samt att användas för att studera tillväxtmönster.

Volymmätning

Volymen mättes genom total diameterklavning. Höjden skattades genom ett subjektivt urval av höjdträd i olika diameterklasser. Alla träd på ytorna klavades vinkelrätt mot planteringsraderna. Diametern noterades i diameterklasser med en spännvidd av en centimeter. Provträd ur alla diameterklasser valdes ut subjektivt under tiden som träden klavades för ett snabbare mätningsförfarande. De utvalda höjdträden korsklavades.

Kvalitetsuppskattning

Uppskattning av kvalitet gjordes på ett urval av provträd. I vissa bestånd mättes samtliga träd (al, björk, hybridasp, gran med bok) beroende på att trädantalet var litet och att kvalitetsmätningen kunde göras samtidigt med insamlandet av det kvantitativa datat. I övriga fall, i stamtäta bestånd, (bok, glasbjörk, gran, gran i blandning med björk) kvalitetsklassades ett urval av träd. Minst 25 provträd per yta och trädslag togs ut genom kvoträkning.

De nedersta 6 metrarna på kvalitetsprovträden klassades enligt VMF-syds kvalitetsnormer för stockkvalitet. 6 meter motsvarar två stockar, vilket står för större delen av trädets värde. Virkesmätningens kvalitetskrav översattes till mätbara trädparametrar som delvis var trädslagspecifika, delvis var gemensamma för alla träd. En sammanställning över vilka variabler som mättes på träden redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Kvalitetsvariabler och kvalitetsorteringar för de olika trädslagen.

Table 2. Variables of quality and assortments of quality for the different tree species.

Trädslag	Kvalitetsvariabler	Kvalitetsklasser
Gran	Kvistgrovlek, sprötkvist, rakhet, årsringsbredd, tvärkrök, toppbrott, lyra, skogsröta	1, 2, Massaved, Vrak
Bok	Krök, råkvist, torrkvist/rötkvist, färska vattskott, kvistmustasch, barkskador, fibervridning	A, B, Kubb, Massaved, Vrak
Al, Björk, Hybridasp	Krök, friskkvist, torrkvist, rötkvist, vattskott	A, B, C, Massaved, Vrak

Skattningen av kvalitet på stammen började vid roten på trädet. Klassningen utgick från på högsta kvalitet och fortsatte så länge stammen uppfyllde de uppställda kvalitetskraven. Om en nedklassande defekt fanns på stammen gjordes nedklassning.

Vissa kvalitetsdefekter var kumulativa, det vill säga adderades ihop. Till exempel fick det bara finnas ett maximalt antal kvistar per meter för vissa kvalitetsklasser. Därför kunde en del av stammen som i förhand fått en viss kvalitetsklassning ändras, på grund av fel som följde längre upp på stammen. På så vis klassades hela stammen upp till 6 meters höjd. Som hjälpmedel för höjdbedömning användes en höjdmätare.

Antal kvistar samt typ av kvist var bland de viktigaste kvalitetsgrundande egenskaperna. Fanns löv på kvisten eller om den hade levande bark bedömdes den vara en frisk kvist (bok) eller en rå kvist (övriga lövträd). Död kvist där veden var intakt klassades som torrkvist. Då veden börjat brytas ned klassades som kvisten som rötkvist. Kvistar med kraftigt uppåtriktat tillväxtsätt bedömdes vara sprötkvistar. Rötade kvistar som haft liknande tillväxtsätt klassades istället som rötkvistar eftersom det är ett alvarligare kvalitetsfel än sprötkvist. Om sprötkvisten var grövre än 1/3-del av huvudstammens diameter klassades den som en klyka. Uppdelningen mellan sprötkvist och klykor gjordes i de flesta fall okulärt.

Vattskott, skott som bildats på stammen och saknar kontakt med trädets märg, räknades per meter. Späda kvistar med liten diameter jämfört med övriga kvistar bedömdes vara vattskott.

Övervallade sprötkvistar bildar så kallade kvistmustascher. Vinkeln på mustaschen är kvalitetsgrundande eftersom den visar vilken vinkel den övervallade kvisten haft, samt graden av övervallning. Dessa klassades med hjälp av gradskiva.

Krökar på stammen klassades genom att bedöma avvikelser från en tänkt rak stam. I de fall det behövdes medfördes en lång käpp och en gradskiva för att uppskatta avvikelserna. Om trädet hade en stamskada eller var krökt vid roten klassades denna del som vrak. Den vrakade delen fortsatte tills den höjd där ett kap kunde göras för att undvika att skadan klassades ner hela stocken. Bara bitar i stockens nedersta del noterades som vrak. Om någon övrig del av stammen inte uppfyllde kvalitetskrav för stockkvalitet klassades den som massaved.

Förutom kvalitetsklassning noterades ofta kompletterande information, t.ex. var på trädet felet satt eller utförligare beskrivningar om trädets generella status. Även klykor utanför bedömningsområdet inkluderades med hjälp av dessa koder.

I samband med att volymen i bestånden mättes, klassades alla levande träd som antingen huvudstam eller inte huvudstam. Motsvarande begrepp för bok var framtidsstam men bedömningen gjordes efter samma mall. Bedömningen var subjektiv och byggde på trädets generella status och kvalitet. För att vara en huvudstam eller framtidsstam fick trädet inte vara behärskat eller undertryckt. I övrigt bedömdes om trädet var rakt, om det fanns klykor på den nedersta delen av trädet, om trädet var oskadat samt att trädet bedömdes vara friskt. Om trädet hade vissna löv, låg ner eller skjutit mycket vattskott var exempel på saker som inte bedömdes som friskt.

Bearbetning av data

Kvantitativa beräkningar

Volymen beräknades i trädslagsvis för varje yta. Från de inventerade bestånden räknades volymen ut genom att först slå ihop diameterklasserna så att de omfattade två cm. Diameteklass 5 och 6 bildade en klass, 7 och 8 bildade en och så vidare. Alla träd under 5 cm bildade en egen klass. Provträdens volymer beräknades. Därefter sammanställdes volymen för varje diameterklass (formel 1)

$$V_s = N_s * V_{p_{mean}} * D2s_{mean} / D2p_{mean}$$

Formel 1.

Volymberäkning för 2-centimeters diameterklass. V_s står för volymen för alla träd i klassen, N_s står för antalet träd i klassen, $V_{p_{mean}}$ står för medelvolymen för provträden i diameterklassen, $D2s_{mean}$ står för medelvärdet för diameterkvadraten framräknad från samtliga träd i diameterklassen och $D2p_{mean}$ står för medelvärdet på provträdens diameterkvadrater. Formeln viktat provträdens värden gentemot de enbart klavade träden genom diameterkvadraternas medelvärde.

Formula 1.

Calculation of volume for every 2-centimeter diameter class. V_s stands for the volume in the diameter class, $V_{p_{mean}}$ stands for mean volume of the sample trees in the diameter class, $D2s_{mean}$ stands for the mean square diameter of all of the trees in the diameter class. $D2p_{mean}$ stands for the mean square diameter of the sample trees. The formula adjusts the values from the sample trees against the trees which has only been measured in diameter via the means of the square diameter.

Efter att volymerna för varje 2-centimeterklass beräknats summerades volymerna ihop först trädslagsvis, sedan per yta.

Tillväxtmönster

Tidigare mätningar från Snogeholm sammanställdes för att kunna följa beståndens utveckling. Bestånden var inmätta med olika intervaller. De variabler som sammanställdes var medeldiameter och medelhöjd.

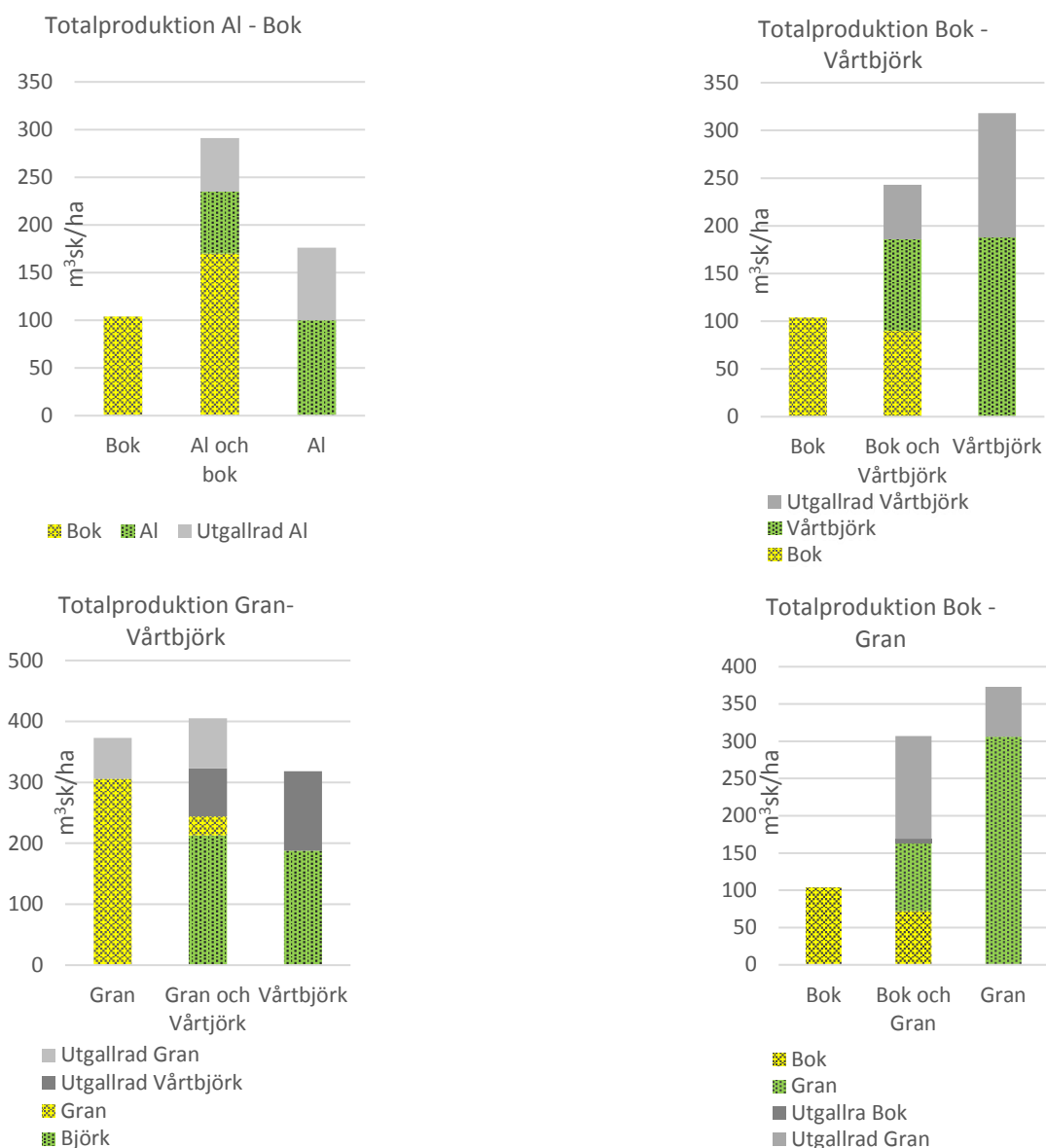
Kvalitet

Antalet meter av olika kvaliteter sammanställdes för de härskande och medhärskande stammarna. Dessutom gjordes en sammanställning över antalet huvudstammar för varje bestånd, baserat på klassningen som gjordes i samband med volymmätningarna.

RESULTAT

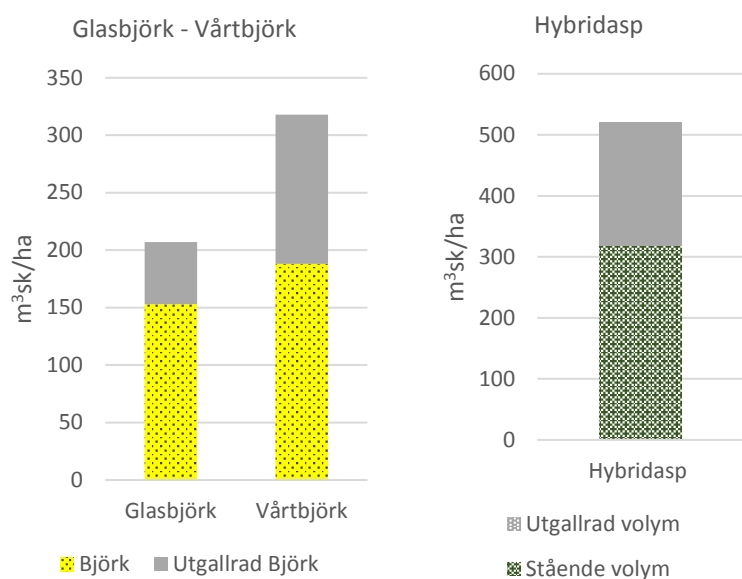
Volym

Resultatet av volymmätningarna redovisas i figurerna 3 till 7. Figurerna visar den totala volymproduktionen för trädslagsblandade bestånd i mitten jämförda med sina trädslagsrena motsvarigheter på sidorna. Två blandningar uppvisar tydliga blandskogseffekter och har producerat mer än båda sina respektive trädslagsrena bestånd, bok och al blandningen (figur 3.) samt gran och björkblandningen (figur 4.).



Figur 3, 4, 5 & 6. Jämförelser i total volymproduktion mellan de trädslagblandade bestånden samt deras trädslagsrena motsvarigheter.

Figure 3, 4, 5 & 6. Comparison in total volume production between species-mixed and single-species stands.



Figur 7 & 8. Skillnad i total volymproduktion mellan glasbjörk och vårtbjörk samt volymproduktion för beståndet med hybridasp.

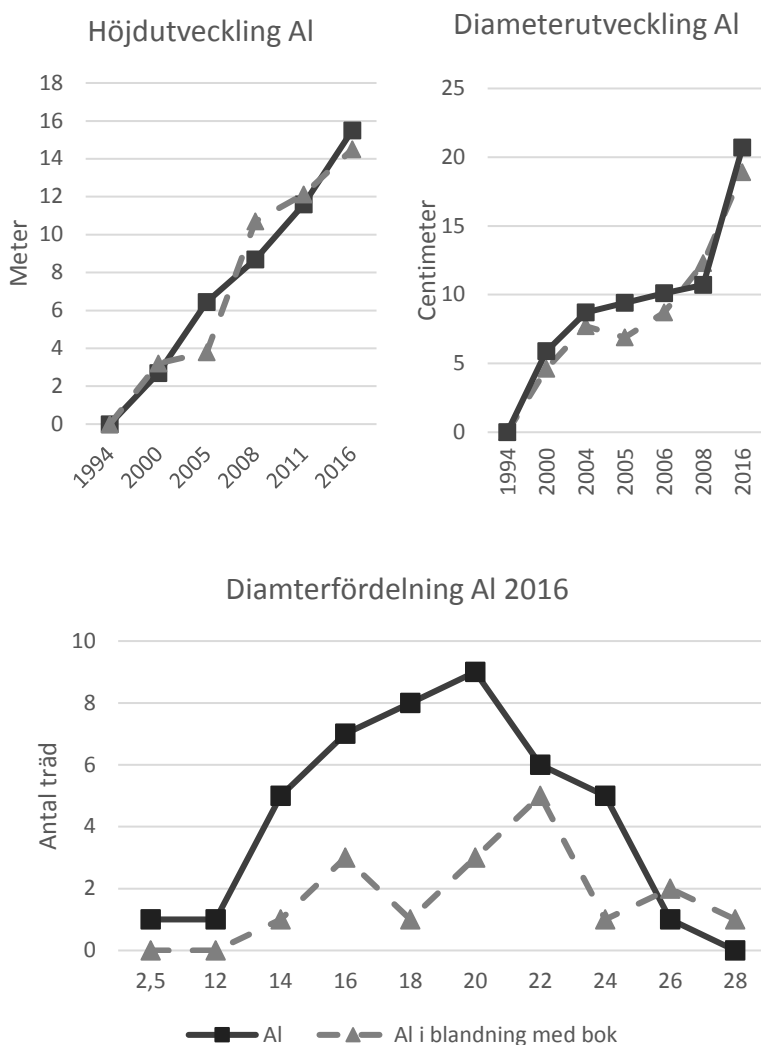
Figure 7 & 8. Difference in total volume production between silver birch and downy birch, and volume production of hybrid aspen.

I jämförelse mellan glasbjörk och vårtbjörk hade vårtbjörken högst totalproduktion. Hybrid Aspen hade producerat över femhundra skogskubikmeter på 22 år.

Tillväxtmönster

Al

Alens tillväxtmönster redovisas nedan (graf 1, 2 och 3). De båda albestånden i studien har haft likvärdig tillväxt både vad gäller medelhöjd och medeldiameter.

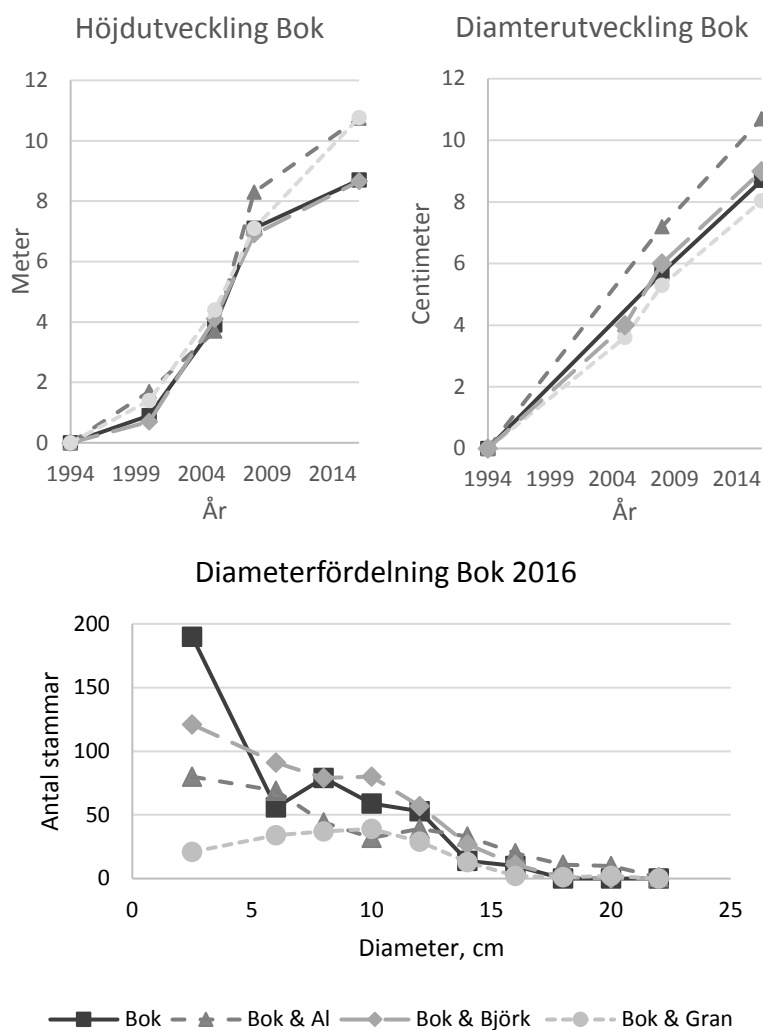


Graf 1, 2 & 3. Höjd och diameterutveckling samt diameterfördelning för albestånden. Höjd och diameter i utvecklingsgraferna är angivna som medelvärden.

Graph 1, 2 & 3. Height and diameter development as well as the diameter distribution for the alnus (Alnus glabra) stands. Height and diameter in the development graphs are mean values.

Bok

Boken tillväxtnöster redovisas nedan (graf 4, 5 & 6). Bok i blandning med al och i blandning med gran uppvisade högst medelhöjder (10,7 m) medan bok blandat med björk och bok i rent bestånd uppvisade lägst medelhöjder (8,7 m). Bokbeståndet i blandning med al har uppvisat högst medeldiametrar i alla mätningar som gjorts hittills och har grövst medeldiameter vid mätfallet (10,7 cm).

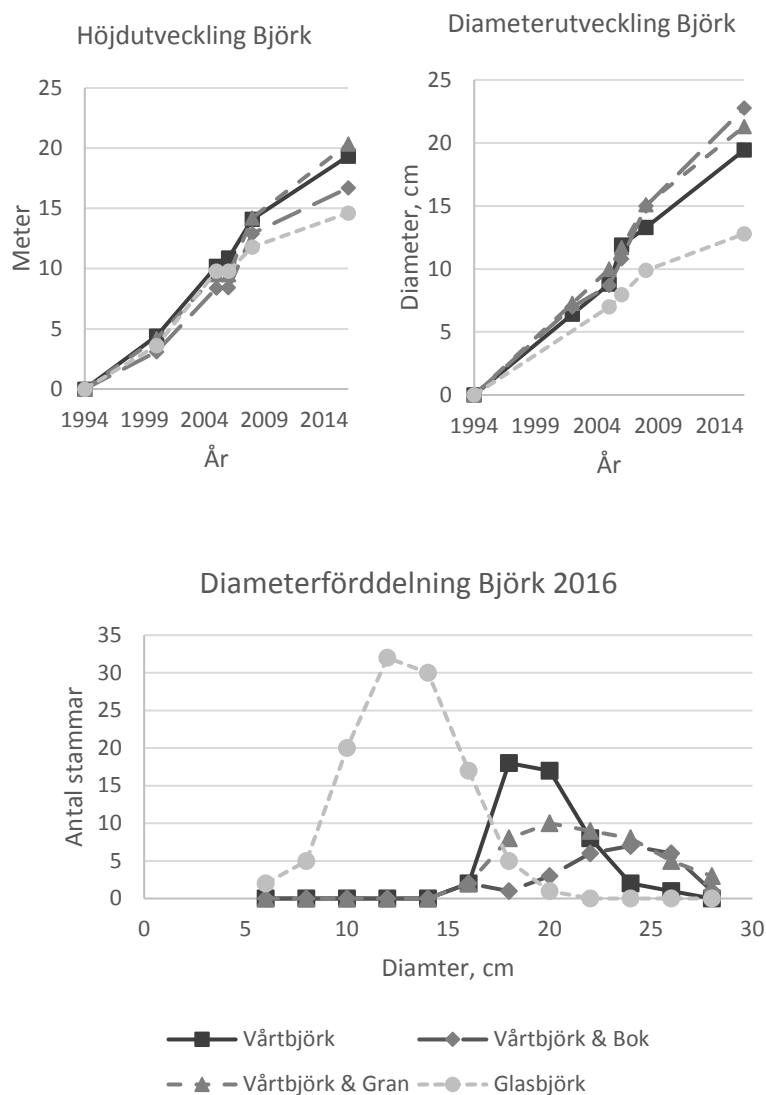


Graf 4, 5 & 6. Höjd och diameterutveckling samt diameterfördelning för bokbestånden. Höjd och diameter i utvecklingskurvorna är angivna som medelvärden.

Graph 4, 5 & 6. Height and diameter development as well as the diameter distribution for the beech (*Fagus sylvatica*) stands. Height and diameter in the development graphs are mean values.

Björk

Vårtbjörkens och glasbjörkens tillväxtnöster redovisas nedan (graf 7, 8 & 9). Vårtbjörk i blandning med gran uppvisade högst medelhöjd (20,4 m) och glasbjörk uppvisade lägst medelhöjd (14,6 m). Vårtbjörk i blandning med bok hade grövst diametrar (22,8 cm)

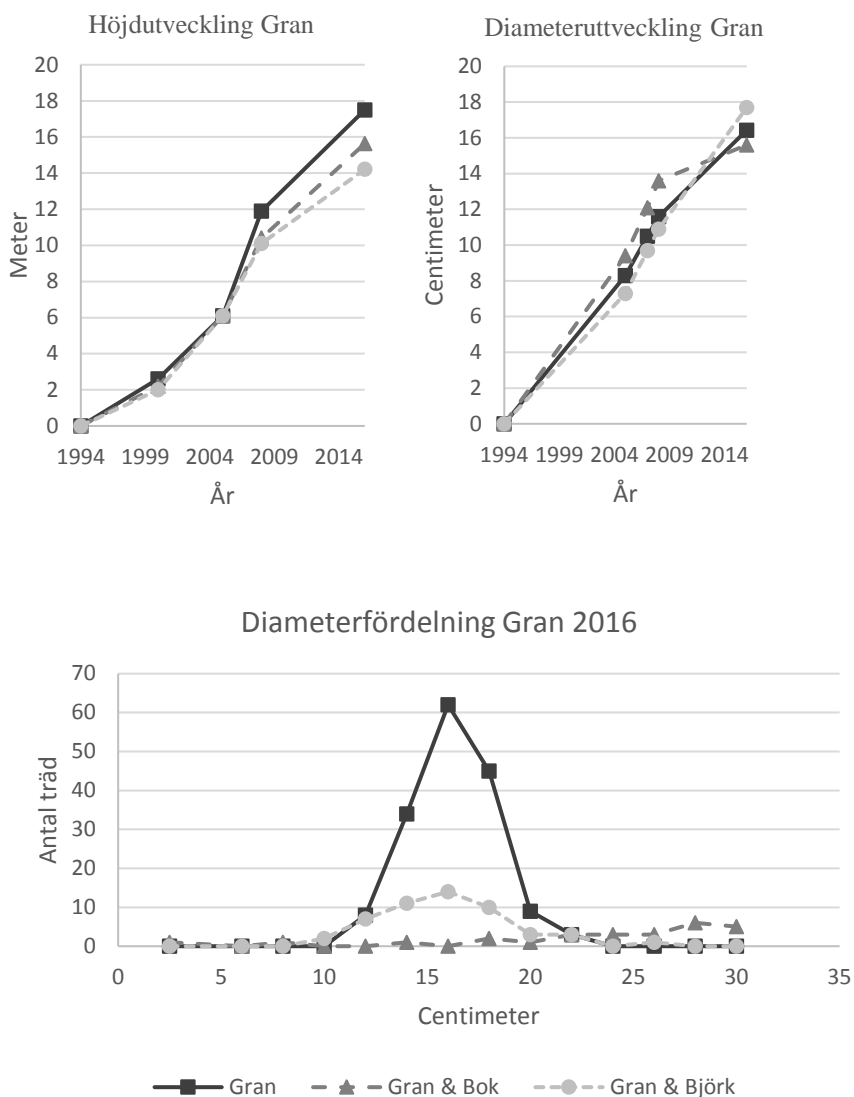


Graf 7, 8 & 9. Höjd och diameterutveckling samt diameterfördelning för björkbestånden. Höjd och diameter i utvecklingskurvorna är angivna som medelvärden.

*Graph 7, 8 & 9. Height and diameter development as well as the diameter distribution for the birch (*Betula pendula* and *Betula pubescens*) stands. Height and diameter in the development graphs are mean values.*

Gran

Granens tillväxtmönster redovisas nedan (graf 10, 11 & 12). Gran i rent bestånd har högst medelhöjd (17,5 m) och gran i blandning med björk har lägst medelhöjd (14,2 m).

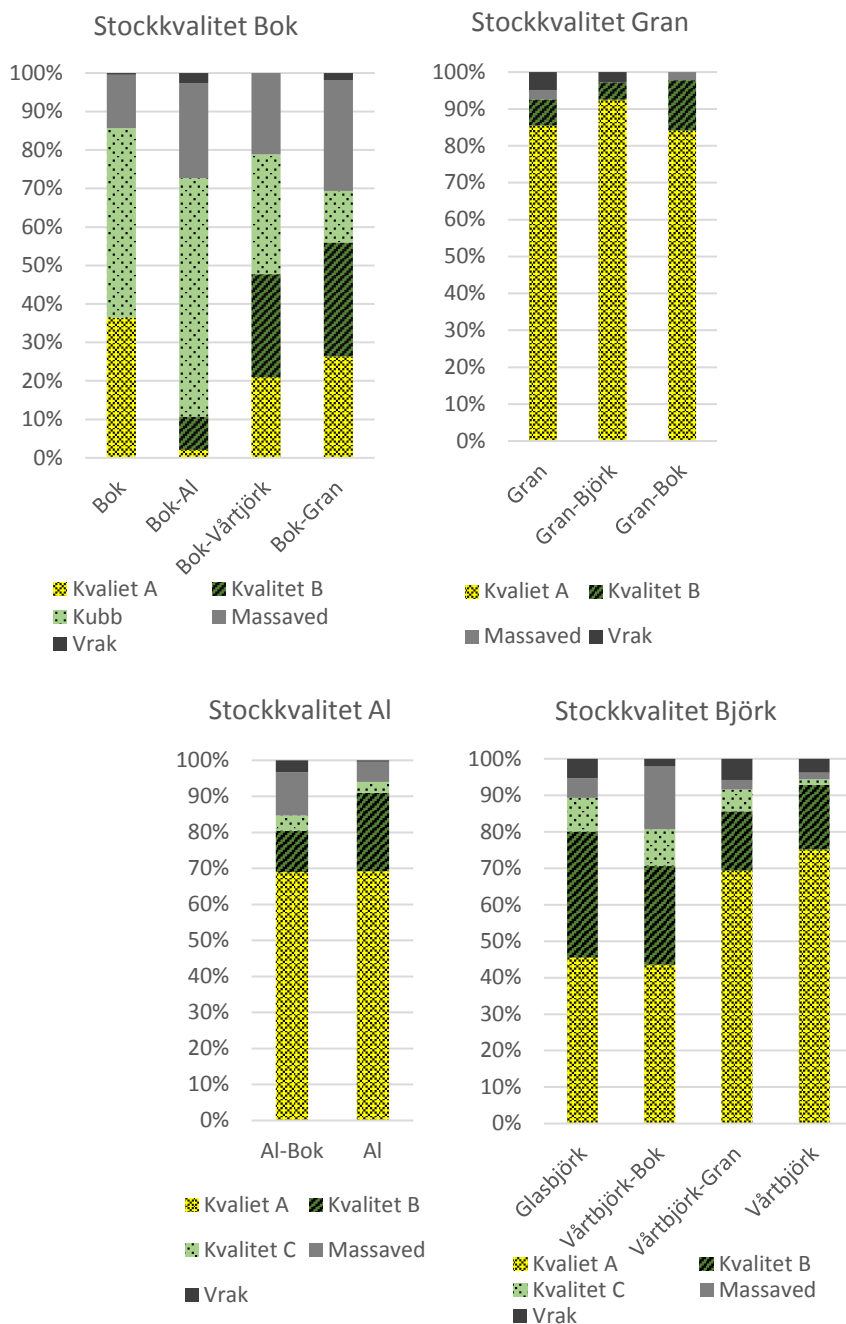


Graf 10, 11 & 12. Höjd och diameterutveckling samt diameterfördelning för granbestånden. Höjd och diameter i utvecklingskurvorna är angivna som medelvärden.

Graph 10, 11 & 12. Height and diameter development as well as the diameter distribution for the spruce (Picea abies) stands. Height and diameter in the development graphs are mean values.

Kvalitet

Fördelningen på olika stockkvalitet och sortiment för bokbestånden varierade ganska kraftigt. Bok i blandning med al producerade nästan inget timmer av sågkvalitet alls. I övrigt var det svårt att skilja ut ett bestånd med högst kvalitet. Granbestånden uppvisade likvärdig kvalitetsfördelning (graf 14). Det rena vårtbjörkbeståndet uppvisade högst kvalitet och högst andel sågsortiment. Björk i blandningen med gran uppvisade nästan likadana resultat.



Graf 13, 14, 15 & 16. Fördelning på olika stockkvaliteter och sortiment för respektive trädslag i de olika blandningarna. Graferna visar kvaliteten för de härskande och medhärskande träden i beståndet.

Graph 13, 14, 15 & 16. Distribution of different qualities and assortment for the respective tree species in different mixtures. The graphs are based on the dominant and co-dominant stems in the stands.

Utöver stockkvalitet redovisas nedan andra kvalitetsvariabler. Vid jämförelse mellan bokbestånden hade blandningen med gran högst andel klykträd (Tabell 4).

Det rena granbeståndet hade högst andel framtidsstammar (tabell 4). Bland björkbestånden hade det trädslagsrena vårtbjörksbeståndet högst andel huvudstammar.

Tabell 4. Kvalitetsvariabler. Andel klykor på inventerade stammar samt andel huvudstammar/framtidsstammar i beståndet.

Table 4. Variables of quality. Number of forks on inventoried stems and proportion of stems with desired traits for future development.

Trädslag	Blandning	Andel klykträd	Andel huvud/-framtidsstammar
Bok	Bok	20%	8%
	Bok & Al	63%	4%
	Bok & Vårtbjörk	29%	9%
	Bok & Gran	76%	12%
Gran	Gran & Bok		46%
	Gran & Vårtbjörk		61%
	Gran		77%
Björk	Vårtbjörk & Bok	0%	38%
	Vårtbjörk & Gran	7%	31%
	Vårtbjörk	0%	52%
	Glasbjörk	5%	23%
Klibbal	Al & Bok	0%	24%
	Al	5%	51%
Hybridasp	Hybridasp	0%	23%

DISKUSSION

Tolkning av resultaten

Eftersom resultaten i den studien kommer från ett försök där upprepningar saknas bör försiktighet råda vid tolkning av resultaten. Det går inte göra några statistiska analyser på insamlat data som skulle kunna utesluta slumpartade faktorer, till exempel inverkan av olika ståndorter. När Snogeholms landskapslaboratorium anlades placerades också trädslagsparceller ut efter vad de passade i landskapet. Alen och glasbjörken i den här studien står därför på parceller som är något fuktigare än övriga bestånd. Vissa bestånd står högre upp i slutningen medan andra står i nedre delen av slutningen, vilket kan ha gynnat eller missgynnat vissa bestånd i jämförelse med varandra.

Volym och tillväxtnöster

I studien kan flera olika typer av interaktioner ses. I två fall ses *blandskogseffekter*, det vill säga att blandningen producerar mer än något respektive trädslagsrena bestånd. I andra fall uppvisar trädslagen en produktion som i stort är proportionell mot deras andel i beståndet. Inte i ett fall var blandningen det alternativ som producerade sämst.

Bland bestånden sticker ett bestånd ut, nämligen bok etablerat under alskärm. Här var bokens kraftigt överskjutande produktion oväntad (Figur 3). Alen uppvisar en negativ produktion i förhållande till det rena albeståndet. Albestånden uppvisar närmast identiska tillväxtnöster (Graf 1, 2 och 3) och skillnaden i produktion i alarnas fall har med stamantalen vid anläggning att göra. Bokens kraftiga produktion kan bero på ståndorten. Blandningen mellan al och bok stod längst ner i en lång slutning och tillgången på rörligt markvatten är antagligen bättre jämfört med övriga bokbestånd (Figur 2). En annan förklaring skulle kunna vara att alen främjar bokens tillväxt genom kvävefixering. Symbios med bakterier, som leder till kvävefixering, inte borde förekomma på så pass produktiva ståndorter som Snogeholm (Rothe & Binkley, 2001). Något som starkt talar för motsatsen är att fältvegetationen i det rena albeståndet bestod uteslutande av nässlor, vilket är en indikation på förhöjda kvävehalter i marken. Fältvegetationen med nässlor avvek kraftigt från omgivande bestånd och nässlor var sparsamt förekommande på området i övrigt. I bokblandningen fanns ingen fältvegetation och därmed inga nässlor. Att de båda albestånden uppvisar liknande tillväxtnöster talar för att det sannolikt är samma process som förekommer i båda bestånden.

I ett examensarbete från 2009 utfört på Snogeholm konstaterades att höjdskillnaden mellan alen och boken var väldigt liten (Liziniewicz, 2009) jämfört med övriga bokblandningar. Detta kan tolkas på två sätt. Antingen har alen försett boken ett väl avvägt skydd mot klimatiska begränsningar utan att hindra bokens tillväxt, alternativt har boken stimulerats av förhöjda kvävenivåer i marken och därför kunnat hålla jämna steg med alen. Mycket talar för det senare men närmare undersökningar av ståndorten behövs för att säkert kunna svara på den frågan. För att ta reda på hur länge effekten av blandningen håller i sig behöver beståndet följas upp under hela omloppstiden.

Den andra blandningen som också uppvisar en blandskogseffekt är blandningen mellan gran och björk. Fenomenet är detsamma som i förkommer i Kronobergsmetoden, det vill säga att granen och björken utnyttjar varandras olika tillväxtrytm (Martinsson, 2002).

Vårtbjörken i beståndet har en något högre totalproduktion jämfört med det trädslagsrena vårtbjörksbeståndet (Graf 5). Detta kan bero på de olika målbilder som finns för de olika bestånden och den olika skötsel de utsatts för. Målet med det blandade beståndet är dessutom att låta björken växa upp över granbeståndet, för att sedan successivt överföra blandningen till ett rent granbestånd. Det rena vårtbjörksbeståndet har å sin sida sköts för att främja kvaliteten vilket lett till flera tidiga och hårda gallringar som antagligen har lett till en lägre volymproduktion än vad som hade varit möjligt. Det är anmärkningsvärt att medelhöjden för granen är nästan fyra meter lägre jämfört med det rena granbeståndet (Graf 10). Något som noterades i fält var att många grantoppar var piskade av björkarna och att det fanns kraftigt undertryckta granar. Jämfört med hur resultat för Kronobergsmetoden vanligtvis ser ut, underpresterade granen i blandning med björken kraftigt jämfört med det rena granbeståndet (Martinsson, 2002). Den höga inblandningen av björk idag följer inte heller de rekommendationer som gäller för Kronobergsmetoden. Detta är antagligen orsaken bakom granens eftersatta volymproduktion. Summerat över en omloppstid är det tveksamt om blandningen kommer producera mer än det rena granbeståndet.

Blandningen mellan bok och vårtbjörk uppvisade ingen blandskogseffekt. Detta talar också emot att ståndorten skulle ha en inverkan på blandskogseffekten i al och bokblandningen, eftersom vårtbjörk och bok står på liknande ståndort (Figur 2). Blandningen har totalt producerat bättre än det rena bokbeståndet men inte det rena björkbeståndet. Jämfört med det rena bokbeståndet står volymproduktionen i blandning med vårtbjörk väl i proportion till den lägre andel bokplantor som planterades i samband med anläggningen (Tabell 1). Björkskärmen har alltså inte haft en positiv tillväxteffekt på boken men beståndet visar tecken till att vara tvåskiktat och skärmen har antagligen varit så tät att den påverkat bokens höjdtillväxt negativt (Graf 6 & Graf 9). Björken underpresterar i blandningen, vilket troligen beror på den serie gallringar som genomförts för att glesa ut skärmen (Figur 4). Det finns inget som tyder på att boken skulle haft en negativ inverkan på vårtbjörkens produktion.

Blandningen mellan bok och gran påminner om den mellan bok och vårtbjörk sett till volymproduktionen. Blandningen består till hälften av bok och hälften gran, men både boken och granen har producerat mer än hälften av de respektive trädslagsrena bestånden. Granen har planterats med 2/3 av antalet plantor i det rena granbeståndet. Ett glesare förband och att den har gallrats hårt och tidigt har stimulerat diametertillväxten. I diameterfördelningen för gran syns också att de grövsta granarna återfinns i blandning med bok (Graf 12). Boken har alltså antagligen inte haft någon påverkan på granen. I bokens fall har det glesare planteringsförbandet, en tredjedel mot det rena bokbeståndet, lett till att de riktigt klena stammarna i beståndet saknas (Graf 6). 6000 stammar per hektar, som i det rena bokbeståndet, är inte motiverat ur ett produktionshänseende utan främst ur ett kvalitetshänseende. Boken har därför kunna prestera ganska bra, trots det låga stamantalet. Konkurrensen har därför heller inte varit inbördes mellan bokarna utan med granarna. Detta har lett till att bokarna varit tvungna att satsa på höjdtillväxt och mindre på diametertillväxt.

En jämförelse mellan glasbjörkens och vårtbjörkens totalproduktion visar att vårtbjörken har ungefär en tredjedel högre totalproduktion jämfört med glasbjörken. En intressant sak att notera är att glasbjörkens tillväxtmönster är mycket lika alens vad gäller höjd (Graf 1 och 7). För att utesluta kvävefixering som faktor borde ett försöksled

med bok under glasbjörksskärm anläggas för att studera om det är skärmen eller kvävefixeringen som gett upphov till bokens överskjutande produktion.

Hybridaspens produktion motsvarar cirka 25 m³sk/ha och år vilket ligger i det övre spannet av vad hybridasp producerar, trots en serie ganska hårda gallringar. Detta understödjer det faktum att området har mycket höga boniteterna (bilaga 1).

Kvalitet

Blandbeståndet mellan al och bok har en klart sämre kvalitetsutveckling jämför med det rena bokbeståndet. Det är anmärkningsvärt att nästan inga timmerkvaliteter över huvud taget producerades bland bokarna. Dessutom var klykträd betydligt vanligare jämfört med det rena beståndet och andelen framtidsstammar var dessutom anmärkningsvärt lågt i beståndet (4%, tabell 4). De båda albestånden uppvisar likvärdig kvalitet, även om al i blandning med bok har något högre massavedsandel och därmed mindre andel av kvalitetsklass B (Graf 15). Andelen huvudstammar var dock betydligt lägre i blandning med bok. Detta hänger sannolikt samman med att alen i blandning med bok inte sköts selektivt. Alens inverkan på de dominerade bokarna har alltså varit negativ jämfört med det rena bokbeståndet. Det kan bero på att alen hållit så jämna steg med boken att den därmed har utgjort ungefär lika mycket konkurrens som en annan bok. Kvaliteten är därför antagligen likvärdig med ett lägre plantantal. När skärmen sedan gallrats kan det gjort att kvalitetsdaningen av boken upphört. Om kvävefixering förekommer kan det bidragit till sämre kvalitetsdaning genom att förändra konkurrenssituationen mellan alen och boken.

Blandningen mellan gran och björk uppvisade likvärdig kvalitet med de respektive trädslagsrena bestånden. Det fanns färre huvudstammar av vårtbjörk jämfört med det rena vårtbjörksbeståndet (35 % mot 51 %, tabell 4). Detta förklaras antagligen med att bestånden har skötts för olika ändamål snarare än att granen skulle ha haft negativ inverkan på björkens kvalitet. Det fanns ett antal piskade toppar i blandning med björken och eftersom kvalitetsuppskattningarna fokuserade på rotstocken och på klykor i trädet fångades detta upp genom att beståndet fick en lägre andel huvudstammar. Beskuggningen från björken verkar annars ha haft en positiv inverkan på rotstockarna bland granarna (Graf 14).

I blandningen mellan bok och vårtbjörk uppvisar björken betydligt sämre kvalitet än det rena vårtbjörksbeståndet. Precis som med granen har det antagligen att göra med olika skötselregimer snarare än att boken skulle inverka negativt på björken. I jämförelse mellan bokbestånden var andelen huvudstammar var ungefär lika stor i båda bestånden. Däremot var andelen klykor högre gentemot det rena bokbeståndet i blandning med vårtbjörk. Stockkvaliteten är något svår att jämföra men i det blandade beståndet fanns en mer gradvis övergång mellan olika kvaliteter. I det rena bokbeståndet fanns ingen kvalitet B över huvud taget, vilket tyder på att allvarigare fel var vanligare eftersom kubbsortimentet är mycket tillåtande mot allvarigare kvalitetsfel. Nedklassning från kvalitetsklass A till klass B beror på mindre allvarliga fel och blandningen borde därför ha bättre möjligheter att på sikt utveckla god kvalitet än det rena bokbeståndet.

I blandningen mellan bok och gran var andelen klykträd bland bokarna ovanligt hög (76 %, tabell 4) jämfört med det rena bokbeståndet. Klykor utvecklas genom att kronan har för lite konkurrens. Granen och boken har hållit jämn tillväxt de första åren (Graf 4

och 10) vilket kan ha lett till att boken haft för gott om utrymme. En annan förklaring är att konkurrensen mellan bokarna har varit för låg vilket gett dem möjligheter till att breda ut sina kronor i sidled. Bok i blandning med gran hade en bättre stockkvalitet än den rena boken, de nedersta sex metrarna är av god kvalitet. Granen i blandning med bok hade klart lägre andel huvudstammar gentemot det rena granbeståndet. Friväxande träd, som granarna i bokblandningen, har sällan bättre kvalitet och det är antagligen förklaringen. Antalet granar som var kvar i blandningen med bok var få och därmed finns en stor slumpfaktor på vilken kvalitet de träden har.

Skillnaden i kvalitet mellan vårtbjörk och glasbjörk var stor, trots att båda bestånden sköts för kvalitetsändamål (Graf 16). Andelen huvudstammar var dubbelt så stor i vårtbjörksbeståndet som i glasbjörksbeståndet (Tabell 4). Det är svårt att ge någon förklaring till detta.

SLUTSATS

De förväxande trädslagen hade ofta likvärdig produktion och kvalitet i blandning som i trädslagsrent bestånd. Det underväxande trädslaget uppvisade allt från positiv till negativ respons på både tillväxt och kvalitet i blandningen. Framtida studier bör inrikta sig på att undersöka vilka processer som styr positiva tillväxtresponser för att kunna använda sig av dessa i ett framtida skogsbruk där fler trädslagsblandningar används.

REFERENSER

- Agestam, E., 1985. En produktionsmodell för blandbestånd av tall, gran och björk i Sverige, SLU, Institutionen för skogsproduktion, Rapport nr 15, 150pp.
- Agestam, E., 1991. Blandskogens produktion. Skog och Forskning, pp. 44-51.
- Agestam, E., Fahlvik, N., Karlsson, M. & Nilsson, U., 2005. Blandskog. SUFOR.
- Agestam, E., Karlsson, M. & Nilsson, U., 2008. Mixed Forests as a Part of Sustainable Forestry in southern Sweden, Journal of Sustainable Forestry, vol 21, no 2/3 101-117
- Almgren, G., 1990. Lövskog - Björk, Asp och Al i skogsbruk och naturvård...Skogsstyrelsen.
- Almgren, G., Jarnemo, L. & Rydberg, D., 2003. Våra ädla lövträd. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Almlöf, G., Ingelög, T., Ehnström, B. & Mörtnäs, A., 1984. Ädellövskog Ekologi och skötsel. Skogsstyrelsen.
- Bergquist, J., 2014. PM angående 10-årsdagen av stormen Gudrun. Skogsstyrelsen, 15 12, pp. 1-5.
- Bergqvist, G., 1998. Wood volume yield an stand structure in Norway spruce understorey depending on birch shelterwood density, Forest ecology and Management.vol 122(3), pp221-229.
- Chrimes, D., 2004. Stand Development and Regeneration Dynamics of Managed Uneven-aged Picea abies Forests in northern Sweden, SLU, Departement of silviculture Thesis (Silvestria 304).
- Drössler, L., Övergaard, R., Ekö, P. M., Gemmel, P., and Böhlenius, H., 2015. Early developement of pure and mixed tree species palantations in Snogeholm, southern Sweden, Scandinavian journal of forest research, vol 30(4) pp304-316.
- Drössler, L., 2010. Tree species mixtures - a common feature of southern Swedish forests. Forestry, vol 83(4) pp433-441.
- Ekö, P.-M., Johansson, U., Petersson, N., Bergqvist, J., Elfving, B. and Frisk, J., 2008. Current growth differences of Norway Spruce (Picea Abies), Scots pine (Pinus sylvestris) and birch (Betula pendula and Betula pubescens) in different regions in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, vol 23(4), p.307-318
- Fahlvik, N., Agestam, E., Ekö, P. M., and Linden, M., 2011. Development of single-storied mixtures of Norway spruce and birch in Southern Sweden. Scandinavian Journal of forest research, vol 26, pp. 36-45.
- Fahlvik, N., Agestam, E., Nilsson, U. and Nyström, K., 2005. Simulating the influence of initial structure on the developement of young mixtures of Norway spruce and birch. Forest ecology and Management, vol 213(1), pp297-311.
- Felton, A., Nilsson, U., Sonesson, J., Felton, A.M., Roberge, J-M., Ranius, T., ... & Wallertz, K., 2016. Replacing monocultures with mixed-species stands: Ecosystem service implications of two production forest alternatives in Sweden. Ambio, vol 45, pp124-139.
- Fridley, J. D., 2001. The influence of species diversity on ecosystem productivity; how, where, and why?. Oikos, vol 93(3) pp514-526.

- Frivold, L. H., 1991. Synen på blandskog genom tiderna. Skog och Forskning, nr 2, pp. 6-10.
- Gamfelt, L. Snäll, T., Bagchi, R., Jonsson, M., Gustavsson, L., Kjellander, P., ... & Bengtsson, J., 2013. Higher levels of multiple ecosystem service are found in forests with more tree species. Nature communications, vol 4 nr 1340
- Grotta, A. T., Gartner, B. L. & Radosevich, S. R., 2004. Influence of species proportion and timing of establishment on stem quality in mixed red alder - Douglas-fir plantations. Canadian Journal of Forestry Research, vol 34(4) pp. 863-873.
- Harper, J. L., 1977. Population of plants, London: Academic press, 892pp.
- Hazell, P., 2005. Överlevnad, tillväxt och skador för lövplanteringar på åkermark i Östergötland, Skogsvårdsstyrelsen Östra Götaland, rapport 2005:4, 38pp
- Hägg, A., 1991. Björken ökar tallens värde. Skog och forskning, nr2 pp. 52-57.
- Johansson, A., 1963. Studier av uppkomst och utveckling av några barrblandbestånd i mellersta Värmland. Svensk skogsvårdsförenings tidskrift, pp. 24-48.
- Johansson, T., 2001. Blandskog av björk och gran - merproduktion och mångfald. Fakta skog, 2001:12, 4pp
- Jonsson, B., 1961. Om barrbladskogens produktion, Statens skogsforskningsinstitut, meddelande band 50 nr 8, 143pp
- Kelty, M. J., 2006. The role of species mixtures in plantation forestry. Forest Ecology and Management, vol 233(2),pp. 195-204.
- Kelty, M. J. & Cameron, I., 1995. Plot designs for the analysis of species interactions in mixed stands. The Commonwealth Forestry review, vol 74(4) pp. 323-332.
- Lidbäck, K., 1989. Björk och asp i massa och pappersindustrin. Uppsala, Sveriges lantbruksuniversitet, skogsfakta konferens, nr 15,pp. 31-36.
- Lindén, M. & Agestam, E., 2003. Increment and yield in Mixed and Monocultures Stands of Pinus Sylvestris and Picea based on an Experiment in southern Sweden. Scandinavian Journal of Forest research, nr 18(2) pp. 155-162.
- Liziniewicz, M., 2009. The developement of beech in monoculture and mixtures, SLU, Southern Swedish Forest Research Centre, Master Thesis nr 132, 56pp.
- Lundh, J.-E. & Josefsson, R., 1989. Björk och asp i blandkog, Garpenberg: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Lundkvist, S., 1974. Prop. 1974: 73. Stockholm: u.n.
- Madsen, E. M., 1991. Kan granen lösa tomgångsproblemet?. Skog och Forskning, nr2, pp. 36-41.
- Martinsson, O., 2002. Björk och gran - Sammanställning av kunskap rörande skötsel, ekologi och ekonomi av blandskog av björk och gran, SLU, institutionen för skogsskötsel, rapport nr 53, 45pp.
- Mikola, P., 1985. The Effect of Tree species on the Biological Properties of Forest soil, Statens Naturvårdsverk, rapport 3017.
- Nykvist, N., 1963. Björken som markföbättrare - En jämförelse mellan björkförna och granförna. Svensk skogsvårdsförenings tidskrift, pp. 227-237.

Pretsch, H., Block, J., Dieler, J., Dong, P., Kohnle, U., Nagel, J., Spellmann, H., and Zingg, A., 2010. Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. *Annals of Forest science* vol 67(7), 712-712p12.

Pretsch, H. & Schütze, G., 2016. Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands. *European Journal of Forest Research*, vol 135(1), pp. 1-22.

Pretsch, H. & Schütze, G., 2005. Crown Allometry and growing Space Efficiency of Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst) and European Beech (*Fagus sylvatica* L.) in Pure and Mixed Stands. *Plant biology*, vol 7(6),pp. 628-63.

Pukkala, T., Lähde, E. & Laiho, O., 2009. Growth and yield models for uneven-sized forest stands in Finland. *Forest Ecology and Management*.vol 258(3), pp207-216.

Radwan, M. & DeBell, D., 1988. Nutrient relations in coppiced black cottonwood and red alder. *Plant and soil*, vol 106(2), pp171-177

Raulo, J., 1987. Björkboken. Skogsstyrelsen.

Rothe, A. & Binkley, D., 2001. Nutritional interactions in mixed species forests: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research*, vol31(11), pp. 1855-1870.

Skogsstyrelsen, 2014. Skogsstatistisk årsbok, Skogstyrelsens förlag

Bilaga 1. Ståndortsindex

Tabell 5. Ståndortsindex för de olika bestånden genom övre höjd, ståndortsindex genom övre höjd samt ståndortsindex genom ståndortsegenskaper.

Table 5. Site index for the stands expressed as Dominant height, Site index from dominant height and site index from site properties.

Parcell	Övre höjd, meter	Ståndortsindex övre höjd	Ståndortsegenskaper , granbonitet
25	12,4	BOK 34	G36
27	14,9	AL22	G36
28	16,9	B28	G36
30	16,9	AL22	G36
41	17,1	G40	G36
48	21,6	B30	G36
56	16,4	B28	G36
61	18,6	G40	G36
65	28,6	A28	G36
69	19,8	B30	G36

Bilaga 2. Volymfunktioner

Al

- Eriksson, 1973 – Alla träd
 $V=0,1879d^2+0,04899d^2h+0,001820d^2k-0,2588dh+0,8600h-0,008658d^3$

Asp

- Eriksson, 1973 – Alla träd
 $V=-0,01548d^2+0,03255d^2h-0,000047d^2h^2-0,0133dh+0,004859dh^2$

Björk

- S-O Anderssons småträdsfunktioner – Träd under 4,5 cm
 $V=0,11+0,1302d^2+0,01063d^2h+0,007981dh^2$
- Brandels funktion 100–03, 1990 – Träd över 4,5 cm
 $V=10^{-1,09695} d^{2,36299} (d+20)^{-0,81706} h^{5,55480} (h-1,3)^{-4,17340} b^{-0,14023}$

Bok

- Hagberg & Matérn. 1975 – Alla träd
 $V=0,01483d^2h+0,1213d^2+0,0003929d^2h^2+0,004861dh^2+0,005261d^2k$

Gran

- S-O Anderssons småträdsfunktioner – Träd under 4,5 cm
 $V = 0,22+0,1086d^2+0,01712d^2h+0,008905dh^2$
- Brandels funktion utan krongränshöjd, 1990 – Träd över 4,5 cm
 $V = 10^{-1,02039} \times d^{2,00128} \times (d+20,0)^{-0,47473} \times h^{2,87138} \times (h-1,3)^{-1,61803}$

Bilaga 3. Avkastning

En simulerad avkastning från de olika bestånden beräknades också (tabell 5). Syftet var att se om bestånd med högre kvalitet kunde ge en högre avkastning även om de producerade en lägre volym. Prislister fanns dessvärre bara för gran och bok för ett alternativ med högre kvalitet. Simuleringen baseras på de fastlagda skötselprogram som finns för bestånden och alla intäkter och utgifter på 100 års sikt summerades. Alla simuleringar gjordes i programmet Heureka planvis. Med anledning av att dagens prislister har liten prisskillnad mellan olika kvaliteter användes äldre prislister för att beräkna avkastningen. Utfallet blev i stort att prislister med högre kvalitet inte ändrade ordningen mellan bestånden.

Tabell 6. Markvärde efter 120 år i kronor/ha.

Table 6. Soil expectaion value after 120 years in kronor/ha.

Bestånd	Priser idag		Priser kvalitet	
	Med bidrag	Utan bidrag	Med bidrag	Utan bidrag
Bok	12 600	- 34 700	24 700	- 22 600
Bok & Al	34 000	- 11 600	49 300	3 700
Bok & Vårtbjörk	16 400	- 31 300	23 700	- 24 100
Al		9 400		
Bok & Gran		64 000		80 200
Vårtbjörk & Gran		65 300		80 600
Glasbjörk		- 4 900		
Gran		206 800*		277 800*
Hybridasp		88 900		
Vårtbjörk		8 700		

*Avkastningen från granbestånden är onormalt höga. Felet är likadant i alla simuleringar och har därför ingen påverkan på turordningen mellan bestånden.

Bilaga 4. Prislistor för avkastning

Nedan redovisas de prislistor som användes i beräkningar för avkastning (tabell 7, 8 och 9). Kvalitetsprislistor utgjordes av exempel hämtade från 1969 års nivåer omräknade till dagens priser. Nutida prislistor utgjordes av prisexempel från Södra skogsägarna och skogsbruksområde Höör.

Tabell 7. Prislista för sågtimmer och massaved av gran från 1969, en prislista som premierar kvalitet. Priserna är i kronor per fastkubikmeter under bark (m³fub).

Table 7. Price list of lumber and pulpwood for spruce from 1969, a price list promoting quality. The prices are in kronor per solid cubicmeter under bark

Tum	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cm	12,4	14,8	17,3	19,8	22,3	24,7	27,2	29,7	32,2	34,6
Os	667	696	779	797	839	848	880	880	880	862
V	581	610	676	693	729	738	768	768	768	753
VI	421	439	492	501	527	530	551	551	551	542

Granmassaved: 370 kr m³/fub

Tabell 8. Prislista för sågtimmer och massaved av bok från 1969, en prislista som premierar kvalitet. Priset är i kronor per fastkubikmeter under bark (m³fub)

Table 8. Price list of lumber and pulpwood for beech from 1969, a price list promoting quality. The price are set in kronor per solid cubicmeter under bark.

Mittdiameter	25	30	40+
Fanér	0	0	1192
Slipers	335	335	335
A1	0	718	951
A2	480	627	811
B	324	452	600
C	0	0	342

Prima bokmassaved: 350 kr m³/f ub

Sekunda bokmassaved: 242 kr m³/f ub

Tabell 9. Prislistor från 2016 för samtliga sortiment. Samtliga prislistor kommer från Södra Skogsägarnas skogsbruksområde Höör.

Table 9. Current price lists from 2016 for all assortments. All price lists derives from the Södra Skogsägarna forest association, in the southern Swedish area of Höör:

Sortiment	Namn på prislista
Grantimmer, leveransvirke	820 7 L1
Bokmassaved och bokkubb	712 7 M1
Tändsticksvirke asp	971 7 O2
Björkkubb	S25 7 B1
Massaved	069 7 M1
Bränsleved	S76 7 A1