



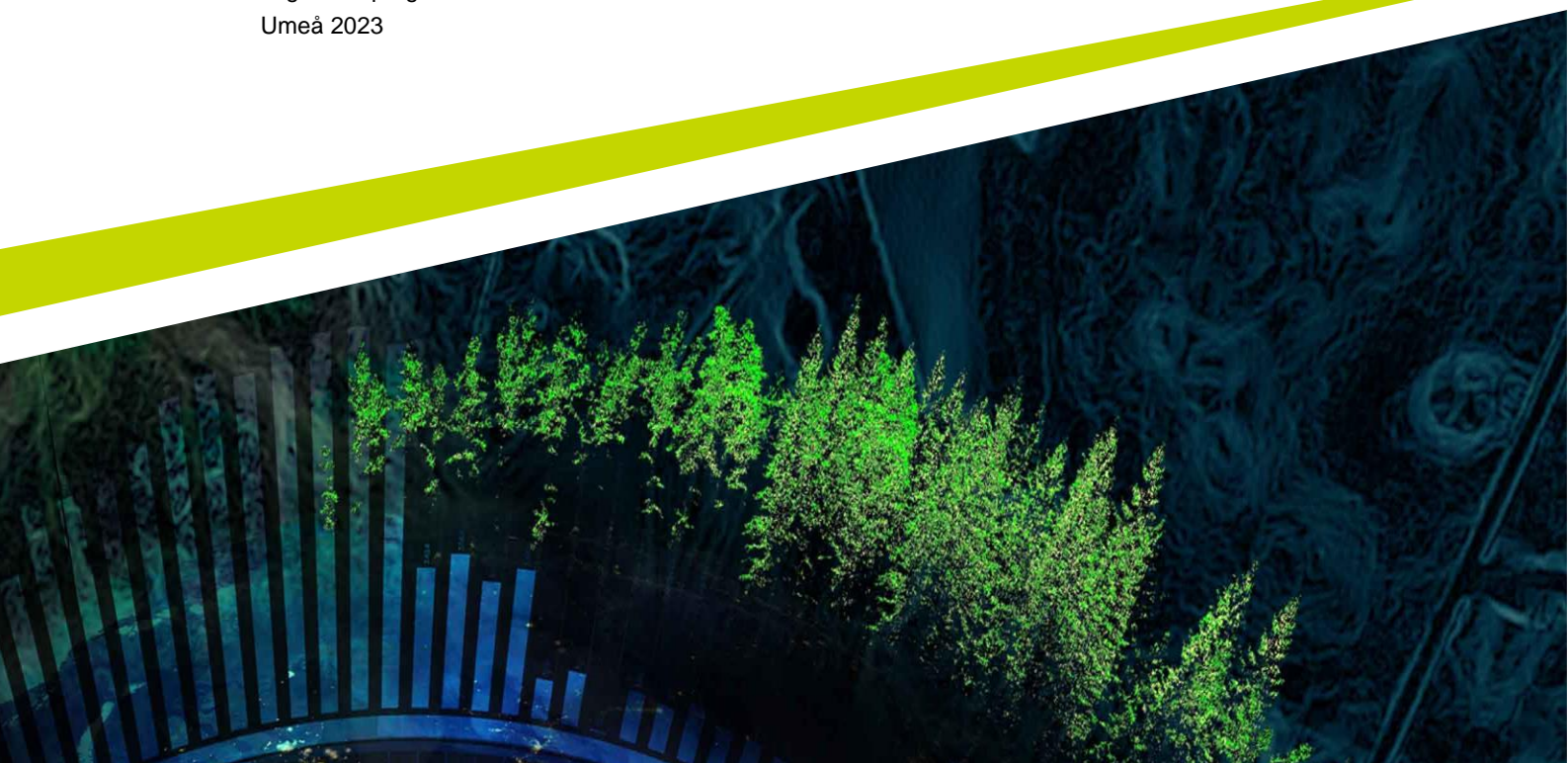
Ungskogsanalys med MIR

Jämförelser av fältdata och mellaninfraröda fjärranalysdata

Young forest analysis with MIR – Comparisons of field data and middle infrared remote sensing data

Albin Björnudd

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för vilt, fisk och miljö
Jägmästarprogrammet 2023:14
Umeå 2023



Ungskogsanalys med MIR – Jämförelser av fältdata och mellaninfraröda fjärranalysdata

Young forest analysis with MIR – Comparisons of field data and middle infrared remote sensing data

Albin Björnudd

Handledare: Fredrik Widemo, SLU, Vilt, fisk och miljö
Examinator: Therese Löfroth, SLU, Vilt, fisk och miljö

Omfattning: 30 hp
Kurskod: EX0969
Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E
Kurstitel: Masterarbete i skogsvetenskap
Kurskod: (SLU-10294)
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för vilt, fisk och miljö
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2023
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Delnummer i serien: 2023:14

Nyckelord: Ungskogstillstånd, fjärranalys, MIR

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för vilt, fisk och miljö

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Ungskogsfasen utgör en viktig period i omloppstiden av ett skogsbestånd och tillståndet i denna fas påverkar skogens fortsatta utveckling under resten av omloppstiden. Därmed påverkas också hur väl skogsägarens mål kan uppnås, oavsett om målet är att maximera intäkterna från skogen, gynna biologisk mångfald eller en kombinerad utvinning av skogens olika ekosystemtjänster. För att som skogsägare upplysa sig om ungskogens tillstånd kan man utföra fältinventeringar för att på olika sätt mäta tillståndet. För skogsägare av stora arealer, såsom skogsbolag, kan det vara både kostsamt och svårt att i fält inventera varje enskilt bestånds tillstånd. Därför har i denna studie, möjligheten att använda fjärranalys i form av mellaninfraröd (MIR) reflektion som verktyg för att tillskansa sig information om ungskogars tillstånd undersökts. Resultaten visade att MIR skiljde sig åt mellan bestånd beroende på medelhöjd och medelålder men några signifikanta samband som talar för att MIR kan identifiera åtgärdsbehov utifrån stamtäthet kunde inte påvisas. Det fanns även en signifikant effekt på MIR av andelen bortbetad barmassa på tall i talldominerade bestånd. Den erhållna slutsatsen är att MIR bör undersökas vidare i framtida studier då dess fulla potential för skogsbruksändamål ännu inte är känd.

Nyckelord: Ungskogstillstånd, fjärranalys, MIR

Abstract

The young forest phase is an important part of a stand's rotation cycle and the condition during this phase will affect how the stand develops during the rest of the rotation cycle. Hence, the condition also affects how well the forest owners' goal are being fulfilled, whether it is to maximize the yield, promote biological diversity or a combined extraction of the forest ecosystem services. As a forest owner you can gain knowledge about your properties condition by conducting inventories. For forest owners possessing large areas such as forest companies, such measures can be costly, and it can be hard to inventory the condition in every single stand. Therefore, in this study, the possibility of using remote sensing in terms of middle infrared (MIR) reflection as a tool to gain knowledge about the condition of young forest stands has been examined. The results showed that MIR differed between stands dependent on mean height and mean age, but no significant relationship suggesting that MIR can identify action needs based on stem density were found. The proportion of browsed green mass of Scotch pine in pine dominated stands also had a significant effect on MIR. The conclusion is that MIR should be further examined in prospective studies since its full potential for silvicultural purposes is yet to be explored.

Keywords: Young forest condition, remote sensing, MIR

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	7
Figurförteckning.....	8
Förkortningar	10
Introduktion	11
Syfte och frågeställning	17
2.1 Syfte	17
2.2 Frågeställningar	17
Hypoteser	18
Material & metoder	19
4.1 Material	19
4.2 Metoder	19
4.3 Fältinventering.....	20
4.4 Data.....	21
4.5 Datahantering.....	23
4.6 Statistisk analys	28
Resultat	30
5.1 Skogliga variabler.....	30
5.2 Stamtätheter och åtgärdsbehov.....	32
Diskussion	35
6.1 Slutsatser	42
Referenser.....	44
Populärvetenskaplig sammanfattning	49
Tack 50	
Bilaga 1.....	51

Tabellförteckning

Tabell 1. Vid faktoriell ANOVA kunde ingen oberoende effekt av trädslag och markvegetation på MIR urskiljas.....	28
Tabell 2. Visar antalet observerade bestånd utifrån bonitetsvisande trädslag och markvegetationstyp, värden inom parentes anger andel av totalt antal bestånd.	28
Tabell 3. Visar antalet observerade bestånd utifrån bonitetsvisande trädslag och markfuktighetsklass, värden inom parentes anger andel av totalt antal bestånd.	28
Tabell 4. Vid testning med ANOVA av MIR beroende på stamtäthet, (HS=Huvudstammar, BS=Bistammar) kunde ingen stamtäthetsklass urskiljas signifikant.	33
Tabell 5. Vid testning med ANOVA av MIR för olika röjningsbehov i oröjda bestånd för olika stamtätheter och höjdintervall, (HS=Huvudstammar, BS=Bistammar), kunde inget röjningsbehov urskiljas signifikant. Höjdintervall avser beståndens medelhöjd sett till alla stammar.	34

Figurförteckning

Figur 1. Visar SKS:s MIR-polygoner för 90-00 som blått, 00-10 som gult och Holmens beståndsindelning som rosa, punkterna utgör inventerade provytor där blåa punkter indikerar överlappning med MIR-polygoner.....	24
Figur 2. Förenklat flödesschema av datahanteringsprocessen.	25
Figur 3. Samband mellan reflektionsgraden i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) och årtal då reflektionsgraden mätts för polygoner i SKS:s dataset 90–00. Punkterna visar medelvärden, spridningsmåttan visar 95% konfidensintervall och siffrorna intill spridningsmåttan visar antalet observationer.	26
Figur 4. Samband mellan reflektionsgraden i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) för år 2021 och år 2020 för samma polygoner i SKS:s dataset 90–00. Punkterna visar MIR-medianer för observerade polygoner.	27
Figur 5. Sambandet mellan reflektionsgraden i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) och medelhöjd. Punkterna visar observerade MIR-värden och logaritmerad medelhöjd för bestånd.	30
Figur 6. Sambandet mellan medelhöjd och medelålder. Punkterna visar logaritmerad medelhöjd och medelålder för bestånd.	31
Figur 7. Samband mellan reflektionsgrad i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) och trädslag. Punkterna visar medelvärden, spridningsmåttan visar 95% konfidensintervall och siffrorna över spridningsmåttan visar antalet observationer.	31
Figur 8. Lådagram över sambandet mellan reflektionsgrad i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) och andel bortbetad barmassa på tall i talldominerade bestånd. De små boxarna visar medianvärden, de stora boxarna omfattar 50% av observationerna, de horisontella strecken visar lägsta och högsta observerade värden och siffrorna över dessa visar antalet observationer inom varje betesintervall.	32
Figur 9. Samband mellan stamantal och medelhöjd. Punkterna visar observationer från bestånd.	33

Figur 10. Visar exempel på hur provytor (blå punkter) inom ett bestånd (avgränsat med blålysande linje) kan vara belägna i olika MIR-polygoner (avgränsade med grå sicksacklinjer)..... 37

Förkortningar

MIR	Här använt som ungskogars reflektans i det mellaninfraröda våglängdsbandet
RASE	Rönn, Asp, Sälk och Ek; Av hjortvilt betesbegärliga trädslag
SI	Ståndortsindex
SKS	Skogsstyrelsen
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
ÄBIN	Älgbetesinventering

Introduktion

Den vanligaste skogsbruksmetoden i Sverige idag är trakthyggesbruk och har så varit sedan 1950-talet. Den dominerande skogsskötseln är högskogsskötsel vilket innebär att skogen inte avverkas förrän den låtits växa till full höjd (Lundqvist & Valinger 2012). Dock tillämpas i Sverige även olika former av blädningsbruk i viss utsträckning (Lundqvist et al. 2014). Inom trakthyggesbruket bestämmer man redan vid avverkningen vilken typ av förnygringsmetod som ska tillämpas. Detta då exempelvis skärmställning och fröträdsställning kräver att många fler träd sparas (Karlsson et al. 2017) än vid en avverkning inför sådd eller plantering då minst tio evighetsträd ska lämnas per hektar för att uppfylla certifieringskraven enligt FSC (FSC 2020). När avverkningen är gjord sker ofta någon form av markberedning för att förbättra förutsättningarna för en lyckad förnygring, ibland sker också en hyggesvila i syfte att minska risken för snytbaggeangrepp på plantorna (Hallsby 2013). Tiden från förnygringstidpunkten fram tills att förnygringen uppnått en medelhöjd på 1,3m kallas för förnygringsfasen. Därefter övergår skogen till ungskogsfasen vilken fortskrider tills beståndet är ca 7m i medelhöjd (Lundqvist & Valinger 2012). I ungskogsfasen sker ofta vad som kallas röjning vilket definieras som en beståndsvårdande utglesning utan tillvaratagande av virke. Denna åtgärd kan fylla flera syften, som att ta bort vegetation som konkurrerar med de mest värdefulla träden eller att forma beståndet efter den trädslagssammansättning som önskas (Lundqvist & Valinger 2012).

Nästa steg inom trakthyggesbrukets schablon är gallring. Definitionsmässigt innebär gallring samma sak som röjning fast med skillnaden att man tillvaratar virket som gallras (Skogsstyrelsen 2022a; Skogen u.å.a). Att gallra kan både innebära att skogen formas på det sätt som önskas utifrån ägarens mål med innehavet, samtidigt som det kan utgöra en direkt intäkt (Agestam 2015). För skogsbolag med egna massa och pappersindustrier, som exempelvis Holmen, är gallring ett viktigt sätt att förse de egna industrierna med massa för produktion. Det är därför viktigt att ungskogarna är i gott skick så att det finns möjlighet att gallra skogen i framtiden (Christoffersson 2020).

När skogen gått från att förnygras till att återigen vara mogen för avverkning har det gått en omloppstid (Skogsstyrelsen 2022a; Skogen u.å.b). Den kanske mest kritiska fasen under omloppstiden är etableringen av det nya beståndet, den så kallade förnygringsfasen och även den påföljande ungskogsfasen. Under denna

period kan många olika typer av skador uppstå som exempelvis insektsangrepp, bete från vilt och olika typer av svampangrepp (Witzell et al. 2017). Denna period sätter stor prägel på hur beståndet kommer se ut i framtiden och påverkar möjligheten att gallra samt virkesförrådet vid avverkning och därmed även intäkterna och lönsamheten för beståndet. Om ungskogen av någon anledning blir väldigt stamgles eller drabbas av allvarliga kvalitetsnedsättande skador påverkas således avkastningen från beståndet i framtiden. Skogsstyrelsen (SKS) genomför årligen stickprovsundersökningar för att bedöma hur stor andel av föryngringsarealen som uppfyller skogsvårdslagets krav enligt §6 (SKSFS 2011:7) med avseende på antal huvudplantor per hektar (Skogsstyrelsen 2022b). För år 2022 låg det nationella medelvärdet av föryngringsarealen som uppfyllde kraven på 84% (Skogsstyrelsen 2022b).

Utöver att ungskogsfasen är avgörande för beståndets framtida utveckling, är det även den period då tallarna (*Pinus sylvestris*) är som mest utsatta för bete från hjortvilt såsom älg (*Alces alces*). Förutom att hårt betetryck från älg leder till ekonomiska bortfall för markägaren (Bennow & Sallnäs 2002), påverkas också kolbalansen. Skogen fyller en viktig roll som kolbindare och inbindningen är som störst i slutna skogar när nettoproduktionen kulminerar (Bergh et al. 2000). Under tiden som ett bestånd går från kalhygge till ungskog avges mer koldioxid än vad som upptas, beståndet är därmed en nettoavgivare av koldioxid (Bergh et al. 2000; Bergh et al. 2020). Tallbestånd som på grund av hårt älgbete inte sluter sig och inte växer ur betesbar höjd trots relativt hög ålder, kan antas vara jämförbara med ungskogar avseende kolbalans. Oavsett betydelsen av detta kan det vara en aspekt värd att beakta i diskussionen om ungskogars tillstånd. Enligt skattningar gjorda av SKS beräknas viltbete medföra tillväxförluster i svenska tallungskogar motsvarande 6,4 miljoner m³sk årligen baserat på viltstammarnas storlek vid 2010-talets slut. Detta motsvarar ett förlorat upptag av koldioxid i storleksordningen 8,8 miljoner ton (Bergh et al. 2020).

Upprinnelsen till detta arbete är att Holmen skog i Västerbotten uttryckt att det finns stora kunskapsluckor avseende tillståndet i sina ungskogar. Praxis är att bestånden förväntas vara i gott tillstånd mellan tidpunkt för röjning och första gallring men någon systematisk uppföljning av tillstånden sker normalt inte inom detta tidsspänn. För att skapa sig en bättre uppfattning om situationen kring tillståndet i ungskogarna genomförde Holmen skog i Västerbotten år 2020 en ungskogsinventering där ett slumpmässigt urval av ungskogar i åldrarna 10–30 år inventerades. Projektet färdigställdes 2021 och då inventerades även bestånd i Västernorrlands län. Resultatet visade på höga skadenivåer av älgbete och svampangrepp av framför allt törskate (*Cronartium flaccidum* & *Peridermium pini*) (Christoffersson 2020). En liknande inventering gjordes av Sveaskog 2019 (Sveaskog 2019) samt SCA 2020 (P. Christoffersson, muntligen 2022). Gemensamt resultat för alla tre inventeringar var att ungefär en fjärdedel av

ungskogarna bedömdes ha ett otillfredsställande tillstånd och att de två vanligaste och allvarligaste skadeorsakerna var älgbetning och törskateangrepp (Sveaskog 2019; Christoffersson 2020; P. Christoffersson, muntligen 2022). Angrepp från törskate i unga tallbestånd har varit ett känt problem i norra Sverige en tid och vid en riktad törskateinventering 2008 bedömdes angreppen omfatta en total areal om ca 130 000ha i Västerbotten och Norrbottens län (Wulff & Hansson 2009). Även älgbetesskador är ett välkänt problem i norra Sverige. I Västerbotten har andelen årligt skadade tallar i ungskog under de senaste sju åren legat runt 10% medan målet är max 5% (Skogsstyrelsen 2023).

Tillståndet i de svenska skogarna mäts idag på flera olika sätt och har så gjorts under lång tid. Till exempel genomför riksskogstaxeringen årligen fältinventeringar på både tillfälliga och sedan 1983 även permanenta provtytor där de mäter faktorer som bland annat kan användas för skattningar av virkesförråd (Nilsson et al. 2022). En annan typ av systematisk inventering är den så kallade älgbetesinventeringen (ÄBIN) som sker årligen i hela Sverige (Skogsstyrelsen 2022c) med undantag för Gotland som saknar älgstam (Skogsstyrelsen 2022d). Gemensamt för både ÄBIN och riksskogstaxeringens inventeringar är att dessa endast är stickprov (SOU 2009:54), vilket inte ger en fullständig bild av det faktiska tillståndet. Till exempel täcker den omfattande riksskogstaxeringens årliga fältinventering endast 0,006 promille av den produktiva skogsmarksarealen i Sverige (Nilsson et al. 2022). Tillförlitligheten i ÄBIN-metodiken har tidigare utvärderats av Kjellander (2007), då konstaterades att det fanns höga mellanårsvariationerna i skadebilden som inte kunde tillskrivas bero av svängningar i älgstammens storlek. Vidare har detta undersökts av Widemo et al. (2022) som påpekat att bristande representativitet hos de inventerade bestånden kan vara en förklaring till höga mellanårsvariationer. Utöver dessa två systematiska fältinventeringar utför skogsbolag ibland riktade inventeringar på de egna innehaven. Som tidigare nämnts gjordes detta i Västerbotten av Sveaskog 2019, SCA 2020 och Holmen 2020–21 (Sveaskog 2019; P. Christoffersson, muntligen 2022; Christoffersson 2020).

Att samla in skogliga data över stora arealer genom fjärranalys är ett kostnadseffektivt alternativ jämfört med att samla in data i fält (Leckie 1990; McRoberts & Tomppo 2007; Lausch et al. 2016; Khatami et al. 2016). En tillämpning av fjärranalys i Sverige är Skogsstyrelsens kartläggning av nya hyggen genom analys av satellitbilder, vilket gjorts årligen sedan början av 2000-talet. SKS mäter på liknande sätt behovet av röjning och gallring (Reese 2017). Kortvågsinfrarött eller mellaninfrarött ljus (*Shortwave Infrared, SWIR*) eller (*Mid-Infrared light, MIR*), härefter benämnt som MIR, omfattar de våglängder i det elektromagnetiska spektrumet som ligger inom intervallet 1,3 – 3,0 μ m (Olsson & Reese 2017a). Detta våglängdsband har visat sig vara extra tillämpbart för analyser av skogliga parametrar eftersom MIR har hög känslighet för skuggighet, som i sin tur har starka samband med trädets storlek. Detta samband beror på att stora träd ger

mer skugga än små träd och att skuggighet är en avgörande faktor för graden av reflektion som den analyserade ytan avger (Olsson & Reese 2017b). Inom fjärranalys är det just hos MIR som man hittat starkast korrelation med mängden biomassa och virkesvolym i skogsbestånd. Sambandet stagnerar dock vid virkesvolymen kring 300 m³/ha, men det gäller inte bara för MIR (Olsson & Reese 2017b).

Skogsstyrelsens Centrala skogsskyddskommitté har i en rapport från 2019 (Normark 2019) presenterat att man analyserat tillståndet i ungskogar mellan 18–28 år i Västerbotten och Norrbottens län med MIR. Detta gjordes genom att använda placeringen i det mellaninfraröda våglängdsbandet hos fältbesökta referensbestånd som mall för reflektansen hos svårt skadade ungskogar. Resultatet från denna analys antydde att uppemot en fjärdedel av bestånden var i dåligt skick, vilket SKS menar är alarmerande siffror (Normark 2019). Resultatet från SKS:s rapport ligger därmed i linje med de resultat som Sveaskog, SCA och Holmen kommit fram till i sina respektive fältinventeringar. Det kan dock finnas skäl att utreda om man behöver omvärdera de slutsatser Skogsstyrelsen dragit i sin rapport (Normark 2019) där man antyder att upp till en fjärdedel av ungskogarna i åldersspannet 18–28 år är i dåligt skick. Detta då de använt ett begränsat antal bestånd i Övertorneå som referensmall för samtliga ungskogar inom åldersintervallet för hela Västerbotten och Norrbottens län (Normark 2019) vilket skulle kunna vara en felkälla om representativiteten hos referensbestånden är bristfällig.

Holmens sammanställning av resultaten från ungskogsinventeringen 2020–21 och slutsatsen kring dessa är att tillståndet i deras ungskogar i Västerbotten är jämförbara med de resultat som Skogsstyrelsen kommit fram till i sin rapport samt Sveaskogs och SCA:s ungskogsinventering som pekar på att ungefär en fjärdedel av ungskogarna är i dåligt skick. Vad som bedöms som dåligt ligger i betraktarens ögon och några definitioner eller kriterier för hur man kategoriserat bestånd som bra eller dåliga går inte att finna i Skogsstyrelsens eller Sveaskogs publiceringar. Dock kan det vara intressant att veta vad skogsvårdslagen säger om minsta acceptabla antalet huvudstammar per hektar för ungskogar under 10m höjd. Ett viktigt begrepp att känna till för att förstå vad skogsvårdslagen säger är ståndortsindex (SI). SI bygger på sambandet mellan ålder och övre höjd och anges med bokstaven T för tall och G för gran (*Picea abies*) följt av den förväntade höjden hos de grövsta träden vid en viss referensålder, vanligen 100 år (Johansson et al. 2013). Till exempel G22 eller T18. För SI H100 över 18m ska det enligt skogsvårdslagen finnas minst 1500 huvudstammar/ha tills dess att beståndet är 1,3m högt, minst 1200 huvudstammar/ha när beståndet är mellan 1,3m och 5m högt samt minst 900 huvudstammar/ha när beståndet är mellan 5m och 10m högt. För SI H100 ≤ 18m är motsvarande lägsta huvudstamantal/ha 1 000, 800 och 600 (SKSFS

2011:7). Dessa nivåer gäller för skog där minst hälften av huvudstammarna utgörs av barrträd och eller björk (glasbjörk, *Betula pubescens*, vårtbjörk, *Betula pendula*).

Sammanfattningsvis kan sägas att tillståndet i unga skogsbestånd spelar en betydande roll för framtidens skogar och vilka nyttor skogen kommer kunna förse oss med. Som tagits upp kan konsekvenserna av ungskogar i dåligt skick vara ekonomiska bortfall, kvalitetsnedsättningar, minskad kolinlagring samt minskad möjlighet till gallring och därmed mindre mängd råvara till industrierna. Därför är det av stor vikt att skogsägare, stora som små, har användbara verktyg för att undersöka tillståndet i sina ungskogar och därmed möjlighet att åtgärda dessa där så är nödvändigt. Med anledning av detta finns det goda skäl att undersöka om MIR kan vara ett användbart verktyg för att med liten ansträngning tillskansa sig information om tillståndet i ungskogar över stora arealer. En annan faktor som ytterligare understryker vikten av att effektivt kunna upplysa sig om ungskogars tillstånd i framtiden är klimatförändringarna som kan komma att innebära nya utmaningar rörande skogsskador och skogstillstånd (Venäläinen et al. 2020). Att övervaka skogstillstånd genom fjärranalys är inget nytt fenomen (Tuominen et al. 2009; Torresan et al. 2022), men att utvärdera och utveckla metoder för att följa utvecklingen i svenska ungskogar är en viktig åtgärd för att säkerställa god framtida tillväxt och möjlighet till nyttjande av förnyelsebara resurser. Med anledning av den omfattande skadesituationen i norrländska ungskogar som uppdagats i samband med Holmens, SCA:s och Sveaskogs inventeringar inleddes år 2020 ett samverkansprojekt mellan nämnda skogsbolag och Skogsstyrelsen samt Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Skogforsk, Norra skog, Svenska kyrkan och Jägareförbundet. Projektet har bland annat som mål att förbättra förmågan att identifiera skador i fält samt att kartlägga och följa utvecklingen av skadesituationen (Skogsstyrelsen 2022e). Med vetskapen om det höga intresset som bevisligen föreligger angående tillståndet i norrländska ungskogar, kan man på goda grunder anse att utvärdering och framtagande av fjärranalysmetoder som möjliggör och underlättar sådan övervakning är av betydande vikt.

För att understryka vikten av att undersöka lämpligheten hos MIR för ungskogsanalys, kan en jämförelse göras mot fjärranalysmetoden laserskanning. På uppdrag av regeringen har Skogsstyrelsen och SLU i uppgift att uppdatera, tillgängliggöra och utveckla Skogliga grunddata vilka baseras på laserskanningar utförda av Lantmäteriet (Skogsstyrelsen 2022f). Skogliga grunddata omfattar uppgifter om volym, grundyta, grundytavägd medelhöjd, grundytavägd medeldiameter och biomassa på svensk skogsmark (Skogsstyrelsen 2022g). Denna data utgörs av rasterceller som är 12,5 x 12,5m stora. För analys av ungskogstillstånd har denna data en betydande nackdel då rasterceller med en grundytavägd medelhöjd under 3m exkluderas från skattningar av ovan nämnda parametrar. Därmed saknas skattningar för ungskogar under 3m i grundytavägd

medelhöjd vilket är en begränsning om man vill analysera ungskogstillstånd eller prognostisera framtida tillväxt i ungskogar.

Det finns även andra fjärranalysmetoder idag som kan tillhandahålla högupplöst data och identifiera enskilda träd, till exempel drönare utrustad med Röd-Grön-Blå-kamera (RGB) som flyger på låg höjd över krontaket (Onishi & Ise 2021) eller drönare utrustad med LiDAR (Light Detection And Ranging) (QingWang et al. 2017; Sun et al. 2023). Denna metod kan vara kostnadseffektiv och värdefull vid skoglig datainsamling eller skogsbruksplanering i mindre skala (Anderson & Gaston 2013; Onishi & Ise 2021), men när det kommer till storskalig datainsamling är satellitbilder en mer ekonomiskt försvarbar metod (Shtanchaev et al. 2021). Detta då olika former av flygbildstolkning innebär en direkt kostnad när ytan skall överflygas och att det därmed blir kostsamt att samla in data över större arealer medan satellitbilder i högre grad finns tillgängliga gratis (ESA 2023).

Syfte och frågeställning

2.1 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka om MIR kan användas för att inhämta kunskap om tillståndet i ungskogar.

2.2 Frågeställningar

Arbetets frågeställningar är:

- Vilka samband finns mellan Skogsstyrelsens MIR-data och Holmens ungskogsinventering 2020–21 avseende skogstillstånd och skadeorsaker?
- Är det möjligt att använda MIR-data som en metod att över tid följa utvecklingen av tillståndet i Holmens ungskogar och för vilka variabler?
- Är det möjligt att använda MIR-data som en metod för att identifiera åtgärdsbehov som röjning eller återbeskogning av misslyckade bestånd?

Hypoteser

- Ungskogars reflektionsgrad i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) skiljer sig beroende på beståndens medelhöjd, ålder och stamtäthet.
- MIR kan användas som verktyg för att identifiera åtgärdsbehov i ungskogsbestånd, såsom röjning eller omstart med ny förnygring av misslyckade bestånd.
- MIR kan användas som verktyg för att kvantifiera skillnader i grad av viltbete på tall mellan bestånd.

Material & metoder

4.1 Material

Fältutrustningen som användes var ett 3,99m långt inventeringsspö med markeringar på 30cm; 60cm; 1m; 1,3m; 1,5m; 2m; 2,5m; 3m och 3,5m. Datainsamlingen gjordes på en iPad i programmet Survey123 och kartunderlaget som användes för att lokalisera bestånd och provytor var Collector. En extern GPS-enhet ansluten till iPad via Bluetooth användes för att knyta alla provytor till sin geografiska plats. Sammanställning och bearbetning av data gjordes i ArcGIS PRO (Esri 2022) och Excel, den statistiska analysen gjordes i Statistica (TIBCO 2022).

4.2 Metoder

För att testa MIR mot inventeringsdata i syfte att undersöka om MIR kunde användas som verktyg för att identifiera om tillståndet var acceptabelt eller inte har i samråd med Holmen tre nivåer konkretiserats. Dessa var; 1) bestånd med färre än 1400 huvudstammar/ha, 2) bestånd med färre än 1400 stammar/ha där huvudstammar samt hälften av bistammarna inkluderades samt 3) bestånd med färre än 1100 stammar/ha där både huvudstammar och bistammar inkluderades. Anledningen till att bistammar tilläts ingå i två av dessa nivåer var att kriterierna för huvudstammar var betydligt striktare i fältinventeringen än vad som normalt tillämpas vid röjning. Det vill säga, en del träd som klassats som bistammar i inventeringen kan vara sådana som hade sparats vid röjning och kan således ingå i det framtida beståndet.

För att testa MIR mot inventeringsdata i syfte att undersöka om MIR kunde användas för att identifiera röjningsbehov har en rad olika gränskriterier för röjningsbehov satts upp och testats. Dessa var bestånd med mer än totalt; 1) 2000, 2) 3000 och 3) 4000 stammar/ha inom medelhöjdsintervallet 2-5m, samt 4) bestånd med mer än 3000 stammar/ha som var över 3m i medelhöjd.

4.3 Fältinventering

Utläggning av provytor gjordes i slumpmässigt utvalda bestånd på Holmens innehav i Västerbotten och Västernorrlands län med inklusionskriteriet att varje bestånd skulle vara mellan 10–30 år för att ingå. För inventeringssäsong 2020 gjordes insamlingen uteslutande i Västerbotten medan för 2021 gjordes insamlingen både i Västerbotten och Västernorrland. Fältinventeringen som utgjorde beståndsdata för analyser mot MIR gjordes med 50m² cirkelprovytor utlagda i ett kvadratisk raster med varierat förband så att samtliga bestånd hade mellan 8–12 provytor beroende på beståndets storlek. Totalt inventerades 276 bestånd under sommaren 2020 och 2021. Samtliga av dessa var i åldersspannet 10–30 år vilket var ett kriterium för att de skulle ingå i urvalet när bestånden slumpades ut. Totalt deltog fem inventerare i fältinventeringen. Det fanns ingen skillnad i bedömd medelålder av bestånden beroende på inventerare (Kruskal-Wallis; $n=192$; $H=3,8$; $p=0,427$), däremot fanns det skillnad i den logaritmerade medelhöjden beroende på inventerare (Kruskal-Wallis; $n=192$; $H=10,8$; $p=0,028$).

Vid fältinventering i bestånd lokaliserades provytecetrum genom att inventeraren närmade sig provytan samtidigt som positionen observerades i iPaden som var ansluten till en extern GPS-enhet. När avståndet till provytan understeg 1m rörde sig inventeraren några steg i olika riktningar för att lokalisera en så exakt position av provytecetrum som möjligt. Därefter knöts den fysiska platsen för det utsedda provytecetrum till provytan i Survey123. Provytor som hamnade i naturhänsyn eller i uppenbara naturgivna impediment såsom myrmark eller berghäll registrerades som kraftigt avvikande och inventerades inte. Detsamma gällde för provytor som hamnade i exempelvis vägdiken, på vägar eller i kraftledningsgator. Datainsamlingen på varje provyta omfattade två delmoment varav det första bestod i att registrera provytans bonitetsvisande trädslag, bedömd medelålder för de två högsta barrhuvudstammarna, om provytan var röjd eller oröjd, andelen bortbetad barrmassa enligt fyra intervall (0–25%, 26–50%, 51–75% och 76–100%), markfuktighet, typ av markvegetation, förekomst av RASE-arterna Rönn (*Sorbus aucuparia*), Asp (*Populus tremula*), Sälge (*Salix caprea*) och Ek (*Quercus robur*) samt förekomst av skogskovall (*Melampyrum sylvaticum*) eller ängskovall (*Melampyrum pratense*). Vad som bedömdes vara det bonitetsvisande trädslaget gjordes med ledning av befintlig trädslagssammansättning, markvegetation och i den mån det var möjligt andra faktorer som gav ledning om vilket trädslag som var mest lämpligt för växtplatsen.

Den andra delen bestod i att utse huvudstammar och ange trädslag, uppmätt höjd och bedömd brösthöjdsdiameter för dessa samt registrera ÄBIN-skador om sådana fanns. Kriterierna för att en huvudstam skulle registreras med ÄBIN-skada skiljer sig i denna inventering från kriterierna i den faktiska ÄBIN (Bergquist & Carlstedt 2022). Här var kriterierna för ÄBIN-skada på huvudstam; barknag över 1,3m höjd som omfattar mindre än 20% av trädets omkrets, stamkrök som kan härledas bero

av betning och som avviker mindre än 10cm från stammens lodlinje samt sprötkvist som kan härledas bero av betning. Kriterier för att utse huvudstammar och bedöma ÄBIN-skador finns ytterligare beskrivna i bilaga 1. Även bistammar registrerades med höjd, trädslag och eventuell skadetyp. Varje provyta fotograferades och ifall något var anmärkningsvärt lades även en kommentar till för provytan. Efter att alla provytor var inventerade gjordes en övergripande bedömning av beståndet där eventuellt åtgärdsförslag lades in och även ifall törskate observerats på stora kvarlämnade tallar i anslutning till eller i beståndet och om törskate observerats i ungskogen utanför provytor. En detaljerad beskrivning av inventeringsmetodik återfinns i bilaga 1.

4.4 Data

Den data som användes i detta arbete kan uppdelas i två huvudsakliga kategorier, fältinventeringsdata från Holmens ungskogsinventering, samt MIR-data från Skogsstyrelsen. Dessa två kategorier av data kan sedan delas upp i ytterligare underkategorier.

Fältinventeringsdata fanns tillgänglig på tre olika nivåer; trädindividnivå, provytenivå och beståndsnivå. Trädindividdata bestod av två tabeller varav den för bistammar innehöll uppgifter om bland annat höjd, trädslag och skador för varje registrerad bistam inom provytor. Tabellen för huvudstammar innehöll uppgifter om höjd, brösthöjdsdiameter, trädslag och förekomst av ÄBIN-skador för varje registrerad huvudstam inom provytor. Data på provytenivå innehöll bland annat information om höjdsumman för huvudstammar och bistammar, bedömd medelålder och stamantal samt andel bortbetad barmassa. Data på beståndsnivå utgjordes dels av en sammanställning av provytedata med exempelvis stamantal och medelhöjd, dels av mer övergripande beståndsrelaterad information såsom eventuellt åtgärdsbehov och törskateförekomst utanför provytor.

Med begreppet förändringsanalys avses inom skoglig fjärranalys och detta arbete att satellitbilder över samma område tagna vid olika tidpunkter jämförs med varandra digitalt för att detektera stora förändringar som exempelvis upptaganden av nya hyggen. Detta görs genom att pixelvärden för den äldre bilden subtraheras från den nyare bilden samt att ett normaliseringsvärde som ligger i mitten av spannet för vilka pixelvärden som kan antas adderas, det då erhållna värdet kan sedan användas för att avgöra om det skett en avverkning eller inte. Metoden har framtagits på ett sådant sätt att endast stora förändringar detekteras, detta för att normal skoglig tillväxt inte ska ge utslag som förändring (Persson & Bank 1998). ENFORMA är ett exempel på verktyg som använder just förändringsanalys och har tillämpats i Sverige för att identifiera avverkningar som inte anmälts (Söderberg 2002).

Tillgängliga MIR-data var två set från Skogsstyrelsen vilka bestod av spatiala figurer där medel- eller medianvärdet av alla mätpunkter/pixlar inom varje figur utgjorde MIR-värdet, hädanefter kommer dessa figurer omnämnas som MIR-polygoner. Dessa data framtog av SKS genom förändringsanalys i programmet ENFORMA. Trakter avverkade 1990–2000 i Västernorrlands län framtog vid ett tidigare tillfälle som en del av ett internationellt projekt vid namn GSE FM (Häusler et al. 2009). Det ena setet innehöll trakter avverkade mellan 1990–2000 och det andra setet innehöll trakter avverkade mellan 2000–2010. Hädanefter kommer dessa set omnämnas som 90–00 och 00–10. Data för 00–10 är inte av samma upplösning som 90–00 då SKS använde setet för 00–10 som ett test för att bilda sig en uppfattning om hur väl metodiken kunde tillämpas. För detta set gjordes förändringsanalysen genom att jämföra satellitbilder från år till år. För setet 90–00 gjordes i stället förändringsanalysen genom att jämföra satellitbilder med 10 års mellanrum, alltså år 1990 och år 2000. Främsta skillnaden, av betydelse för detta arbete, seten emellan är att för 00–10 finns endast MIR-medelvärden för år 2021 medan för 90–00 finns MIR-medianvärden för år 2018, 2019, 2020 och 2021 men inga MIR-medelvärden.

Underlaget för MIR-värdena i varje MIR-polygon kommer från två satelliter vid namn Sentinel-2A och Sentinel-2B. Den förstnämnda har varit aktiv sedan 2015 och den andra sedan 2017 (ESA 2020). Dessa satelliter använder sig av 12 olika spektrala band varav band 11 är det som nyttjats vid framtagandet av MIR-värden för MIR-polygonerna (ESA 2020). Detta band har 20m spatial upplösning och har centrum för sitt våglängdsomfång vid 1610nm (ESA u.å.).

Av totalt 2 538 fältinventerade provytor var det 587 provytor som låg i en MIR-polygon i dataset 90–00, av dessa var det 47 provytor som registrerats som kraftigt avvikande och därmed exkluderades, av de återstående 540 provytorna identifierades uppenbart felaktiga värden för fyra ytor då det fanns registrerade stammar men ingen höjd för dessa. Därmed var det totala antalet provytor från detta set som användes i analysen 536.

För dataset 00–10 var det 765 provytor som låg i en MIR-polygon, av dessa var det 53 provytor som registrerats som kraftigt avvikande och därmed exkluderades, av de återstående 712 provytorna identifierades uppenbart felaktiga värden för fyra ytor vilket gjorde att totalt 708 provytor från detta set användes i analysen.

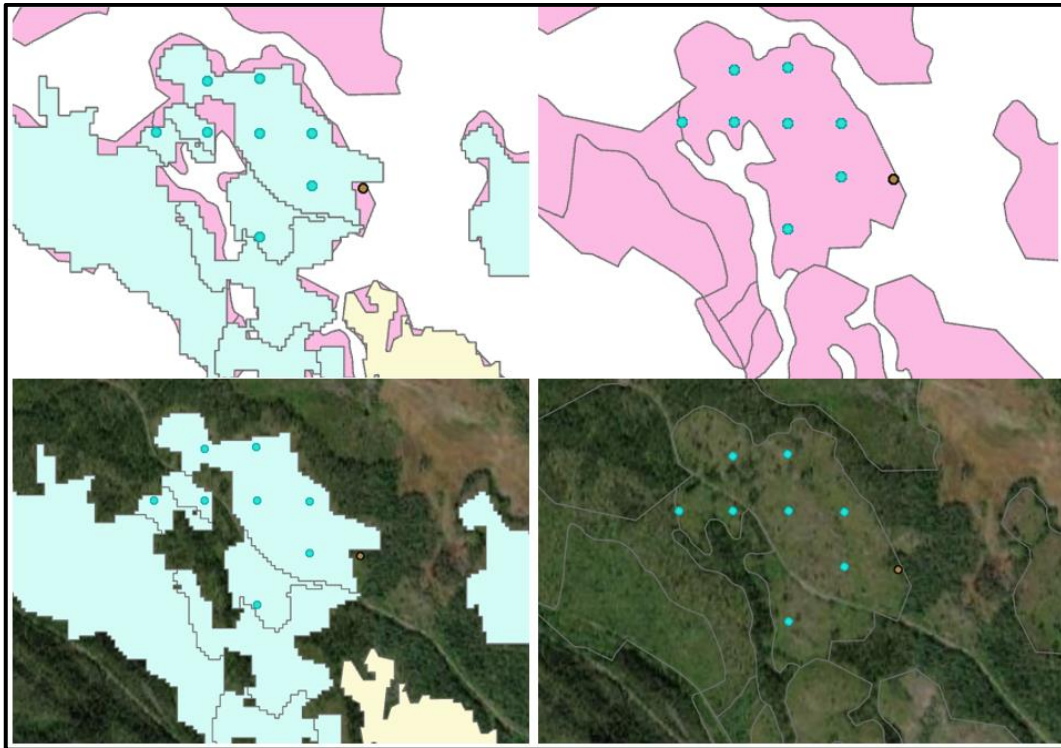
Totalt var det 1 244 (536+708) 50m² provytor som inkluderades i analysen vilket motsvarar en inventerad areal om 62 200m² eller 6,22 ha. Efter sammanslagning av provytor uppdelat på bestånd och dataset bestod tabellen av 192 rader varav 185 var unika bestånd. Det innebär att sju av bestånden fanns på mer än en rad vilket betyder att de innehöll MIR-polygoner från båda dataseten.

Av tekniska skäl misslyckades data på trädindividnivå att kopplas till rätt bestånd. Detta då det inte gick att finna någon användbar spatial information i ArcGIS PRO för att göra denna koppling med data på trädindividnivå, därför har

denna data ej analyserats i denna studie, vilket var tänkt att göras. Analyser beträffande trädslagssammansättning, förekomst av törskate, diameter på huvudstammar och viltskador på trädindividnivå har därmed inte kunnat genomföras. Även data på beståndsnivå innebar begränsningar då den vid närmare granskning visade sig utgöra ett vagt analysunderlag. Detta då data på beståndsnivå var spatialt lagrad i punktform för den först inventerade provytan i varje bestånd. Informationen som fanns för en sådan punkt var en sammanställning av alla provytor inom samma bestånd. Problematiken med detta var att informationen för en sådan punkt byggde på information från alla provytor inom beståndet, även de som inte låg i en MIR-polygon och således inte hade något MIR-värde relaterat till sig. Ett annat problem var att enbart bestånd där den först inventerade provytan låg i en MIR-polygon togs med, det skulle därför kunna medföra att ett bestånd där alla provytor utom den första låg i en MIR-polygon exkluderades medan ett bestånd där enbart den första ytan låg i en MIR-polygon togs med. Av dessa anledningar användes bara provytedata i analysen, där alla inkluderade ytor hade mätvärden från fält och ett MIR-värde kopplat till sig.

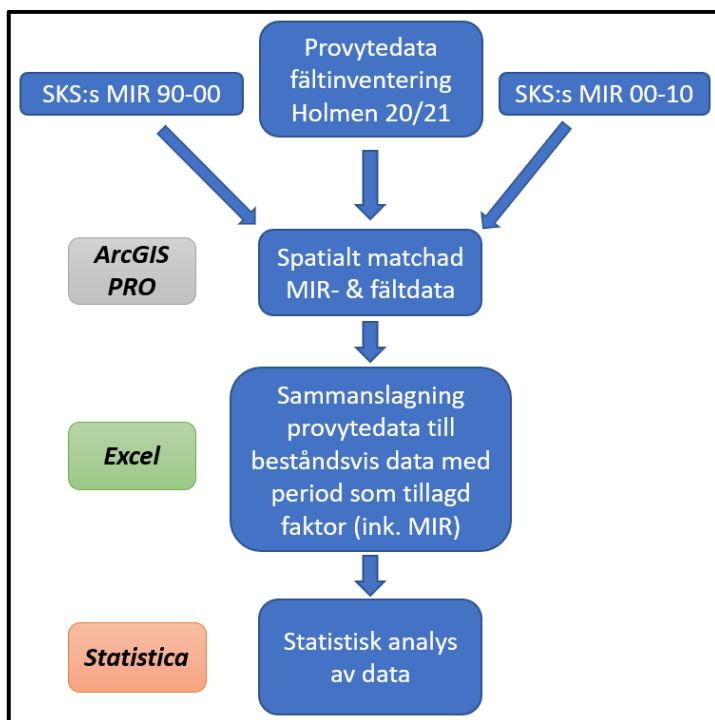
4.5 Datahantering

För hantering av data användes till en början programmet ArcGIS PRO (3.0.0). Först importerades data från fältinventeringen i form av en GDB-fil innehållande bland annat geografisk information och insamlade data för varje provyta. Sedan importerades två dataset i form av shapefiler med MIR-värden över avverkade trakter för åren 1990–2000 samt 2000–2010. Därefter användes verktyget *Spatial join* för att ta fram alla provytor som låg inom MIR-polygoner (Fig. 1). Sedan skapades en attributtabell där alla provytor inom MIR-polygoner inkluderades och där både data från fältinventeringen och MIR-värden fanns för varje provyta samt information om vilket bestånd varje provyta tillhörde. Därefter exporterades tabellen till Excel med verktyget *Table to Excel*.



Figur 1. Visar SKS:s MIR-polygoner för 90-00 som blått, 00-10 som gult och Holmens beståndsindelning som rosa, punkterna utgör inventerade provvytor där blåa punkter indikerar överlappning med MIR-polygoner.

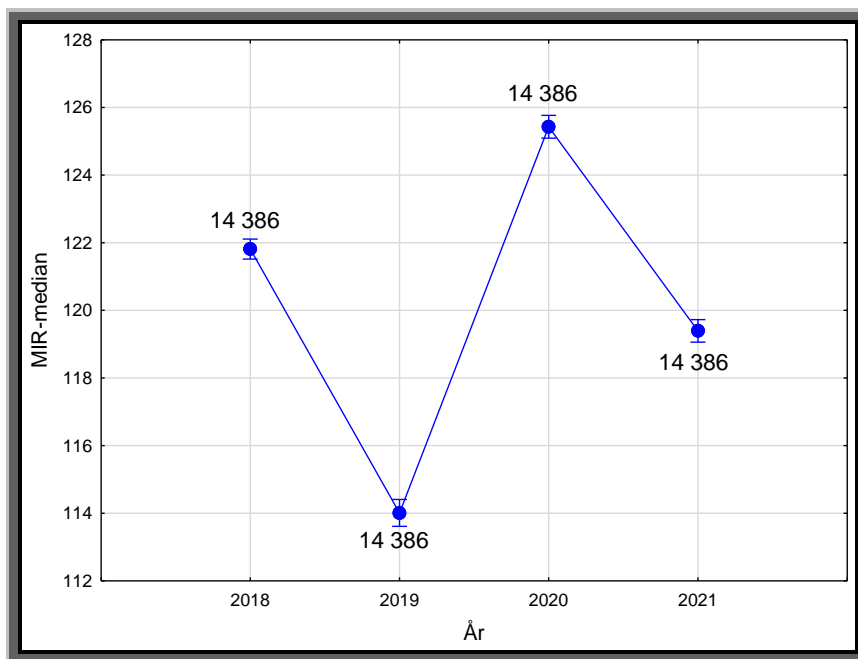
I Excel exkluderades sådana provvytor som hamnat i kraftigt avvikande terräng och som därför inte inventerats och således inte innehöll några mätvärden. Detsamma gjordes för provvytor med uppenbart felaktiga data, till exempel registrerade stammar men ingen registrerad höjd. För provvytor matchade med MIR-värden från set 90–00 matchades varje provyta med MIR-medianen från samma år som provytan inventerats. För set 00–10 kunde denna matchning ej göras då MIR-medelvärden endast fanns tillgängligt för år 2021. För att underlätta den statistiska analysen kodades de kategoriska variablerna om från text eller intervall till kategoriska värden, till exempel fick markfuktighetsklasserna; torr, frisk, fuktig och blöt, i stället heta; 1, 2, 3 och 4. Därefter skapades en pivottabell där medelvärdet av alla variabler inklusive MIR-värden för provvytor med samma beståndsnummer togs fram. På detta sätt skapades beståndsvisa data som endast byggde på inventerade provvytor inom MIR-polygoner. Siffrorna och värdena avrundades sedan till närmsta heltal, till exempel om ett bestånd fick medelvärdet 2,75 på markfukt så avrundades värdet till 3 och beståndet klassades som fuktigt. I de fall ett medelvärde hamnade mitt mellan två heltal avrundades värdet uppåt. Därefter exporterades dessa data till Statistica för analys. Se figur 2 för en förenklad visualisering av datahanteringen.



Figur 2. Förenklat flödesschema av datahanteringsprocessen.

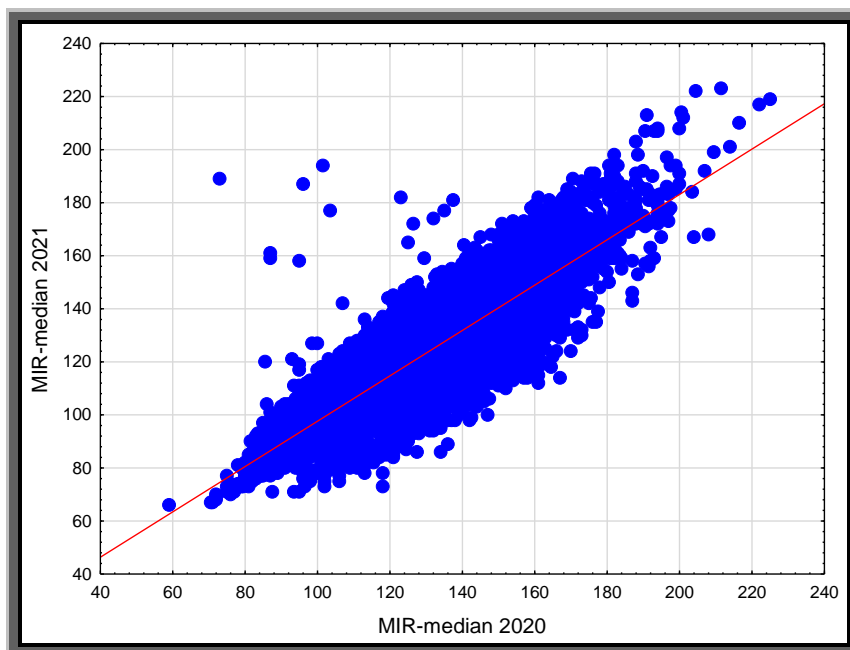
För Skogsstyrelsens dataset över MIR-polygoner för avverkningar utförda 90–00 utan matchning till fältinventeringen användes verktyget *Table to Excel* för att exportera data från ArcGIS till Excel. Sedan exkluderades MIR-polygoner som saknade MIR-värde för något år innan exportering till Statistica för analys.

För SKS:s hela MIR-dataset 90–00 fanns totalt 14 653 polygoner med MIR-värden. För detta set fanns mätvärden för samma polygoner tillgängliga från år 2018, 2019, 2020 och 2021. Efter exkludering av polygoner som saknade värde från något år återstod 14 386 motsvarande en areal av 73 800 ha, exkluderade värden var uteslutande nollvärden från 2018. Det fanns en signifikant skillnad i MIR mellan samtliga år (Upprepad ANOVA; $F_{3, 43\ 155} = 2524,1$; $p = 0,000$) (Fig. 3).



Figur 3. Samband mellan reflektionsgraden i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) och årtal då reflektionsgraden mätts för polygoner i SKS:s dataset 90–00. Punkterna visar medelvärden, spridningsmått visar 95% konfidensintervall och siffrorna intill spridningsmått visar antalet observationer.

För att rättfärdiga användning av MIR-värden från olika år, 2020 och 2021, i syfte att matcha mot tidpunkt för fältinventering för set 90–00 undersöktes korrelationen för hela SKS:s MIR-dataset för dessa år. MIR-medianvärden från dessa år var starkt signifikant korrelerade med varandra ($r^2 = 0,754$; $n = 14\,386$; $p = 0,000$) (Fig. 4).



Figur 4. Samband mellan reflektionsgraden i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) för år 2021 och år 2020 för samma polygoner i SKS:s dataset 90–00. Punkterna visar MIR-medianer för observerade polygoner.

Som ett sätt att undersöka huruvida samanalys av dataseten från de olika avverkningsperioderna 90–00 och 00–10 var möjligt undersöktes om MIR skiljde sig åt mellan perioderna. Resultatet visade att en signifikant skillnad i MIR fanns mellan perioderna (ANOVA; $F_{1, 190} = 66,943$; $p = 0,000$) och så även vid kontroll för medelhöjd (ANCOVA; $F_{1, 189} = 4,467$; $p = 0,036$). Däremot försvann den signifikanta effekten av period vid kontroll för medelålder (ANCOVA; $F_{1, 189} = 1,460$; $p = 0,228$) vilket innebär att skillnaden i MIR mellan perioderna beror på skillnaden i ålder bland de ingående bestånden seten emellan. Därmed bedöms samanalys av båda dataseten vara rättfärdigat.

Någon oberoende effekt av trädslag och markvegetationstyp på MIR kunde inte urskiljas (Tabell 1.) Denna analys gjordes med markvegetationen lavtyp exkluderad då den endast innehöll observationer av tall som bonitetsvisande trädslag, vilket omöjliggjorde användning av faktoriell ANOVA (Tabell 2). Någon kontroll för medelhöjd gjordes inte för denna analys då det inte fanns någon signifikant skillnad i höjd beroende på vare sig trädslag (ANOVA; $F_{1, 182} = 0,409$; $p = 0,523$) eller markvegetation (ANOVA; $F_{2, 177} = 0,917$, $p = 0,402$). Några analyser av eventuell inverkan på MIR utifrån markfuktighet gjordes inte då 87% av de observerade bestånden tillhörde markfuktighetsklassen frisk mark (Tabell 3.) vilket gjorde att multivariata statistiska modeller inte kunde användas för denna variabel.

Tabell 1. Vid faktoriell ANOVA kunde ingen oberoende effekt av trädslag och markvegetation på MIR urskiljas.

Faktoriell ANOVA	df	F	p
Trädslag	1; 166	1,101	0,295
Margvegetation	2; 166	2,834	0,062
Trädslag*Markvegetation	2; 166	2,998	0,053

Tabell 2. Visar antalet observerade bestånd utifrån bonitetsvisande trädslag och markvegetationstyp, värden inom parentes anger andel av totalt antal bestånd.

Trädslag	Örttyp	Grästyp	Ristyp	Lavtyp	Totalt
Tall	8	40	66	12	126 (66%)
Gran	7	30	21	0	58 (30%)
Björk	0	0	2	0	2 (1%)
Contorta	0	2	4	4	6 (3%)
Totalt	15 (8%)	72 (38%)	93 (48%)	12 (6%)	192 (100%)

Tabell 3. Visar antalet observerade bestånd utifrån bonitetsvisande trädslag och markfuktighetsklass, värden inom parentes anger andel av totalt antal bestånd.

Trädslag	Torr	Frisk	Fuktig	Blöt	Totalt
Tall	15	108	3	0	126 (66%)
Gran	0	52	6	0	58 (30%)
Björk	0	2	0	0	2 (1%)
Contorta	1	4	1	0	6 (3%)
Totalt	16 (8%)	166 (87%)	10 (5%)	0 (0%)	192 (100%)

4.6 Statistisk analys

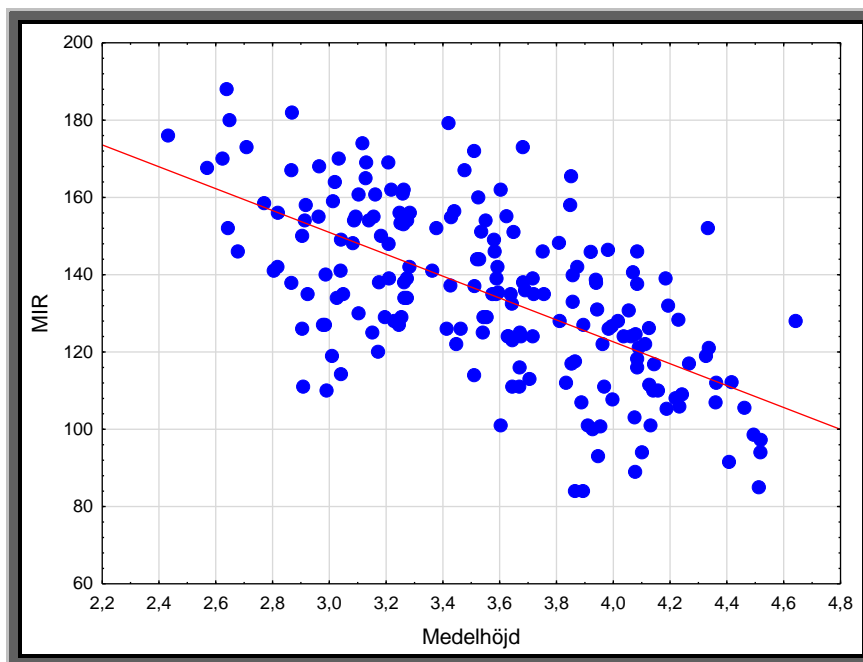
Parameteriska tester användes för normalfördelade variabler och variabler som kunde transformeras till normalfördelning genom $\ln(x)$ -transformering. Icke parametriska tester användes för övriga analyser. Levenes test användes för att undersöka om grundförutsättningarna för ANOVA/ANCOVA var uppfyllda. Vid analys rörande andel bortbetad barmassa användes Spearman rank korrelation för att möjliggöra inkludering av alla fyra betesintervall då fördelningen var mycket ojämn och förskjuten mot de lägre nivåerna. Signifikansnivån valdes till $p=0,05$. Linjär regression och multipel linjär regression användes för att undersöka korrelation mellan kontinuerliga variabler. Då observationerna för medelhöjden av alla stammar ej var normalfördelade transformerades variabeln genom $\ln(x)$,

fortsättningsvis kommer ln (medelhöjd av alla stammar) benämnas som endast medelhöjden. Vid kontroll om MIR skiljde sig åt mellan träslag exkluderades björk och contortatall, *Pinus contorta*, då det var för få observationer av dessa (n= 2 respektive n= 6).

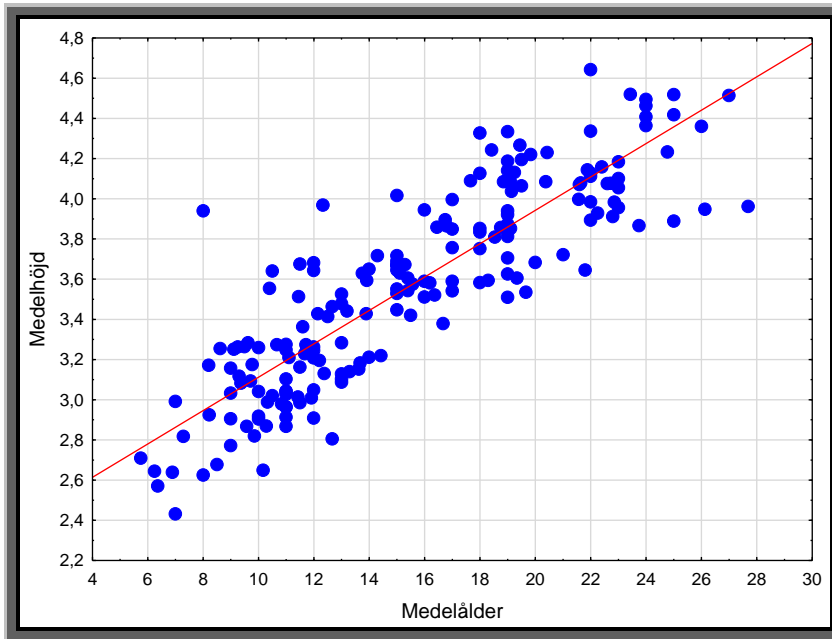
Resultat

5.1 Skogliga variabler

Det fanns ett signifikant negativt samband mellan medelhöjden i bestånd och MIR-värdet ($r^2 = 0,398$; $n = 192$; $p = 0,000$) (Fig. 5). Medelhöjden var även starkt signifikant positivt korrelerad med medelåldern ($r^2 = 0,754$; $n = 192$; $p = 0,000$) (Fig. 6).

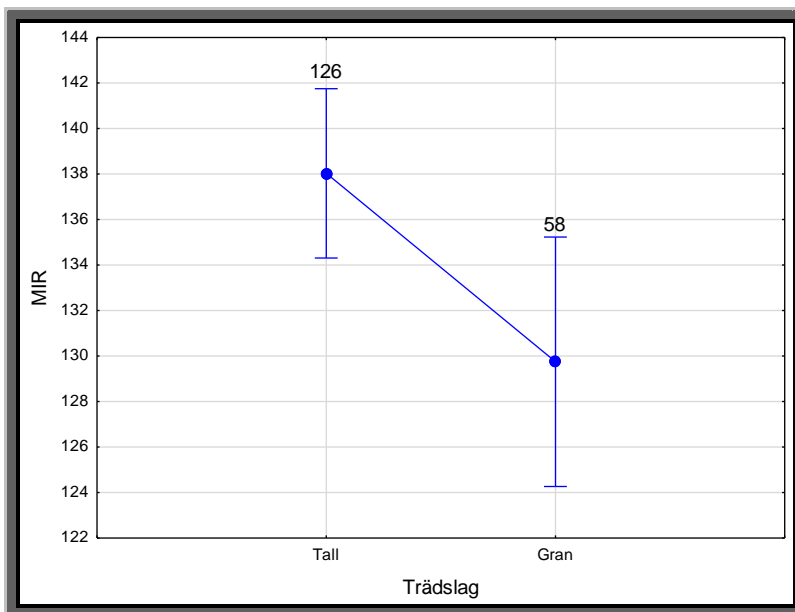


Figur 5. Sambandet mellan reflektionsgraden i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) och medelhöjd. Punkterna visar observerade MIR-värden och logaritmerad medelhöjd för bestånd.



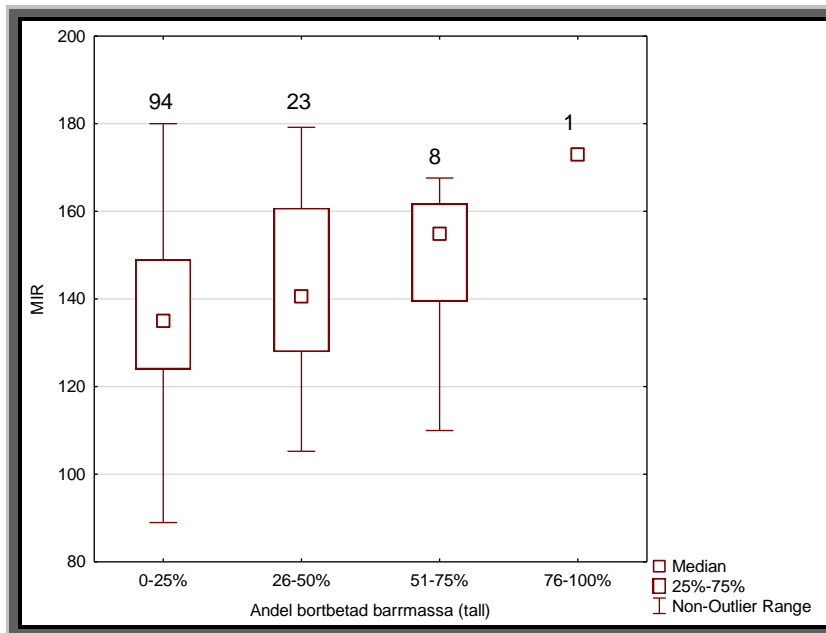
Figur 6. Sambandet mellan medelhöjd och medelålder. Punkterna visar logaritmerad medelhöjd och medelålder för bestånd.

Bestånd med tall som bonitetsvisande trädslag hade signifikant högre MIR-värden än bestånd med gran som bonitetsvisande trädslag (ANOVA; $F_{1, 182} = 6,079$; $p = 0,015$) (Fig. 7). Detta gällde även vid kontroll för medelhöjd (ANCOVA; $F_{1,181} = 13,358$; $p = 0,000$). Det fanns även en signifikant skillnad i MIR mellan bestånd beroende på typ av markvegetation (ANOVA; $F_{3, 188} = 2,988$; $p = 0,032$).



Figur 7. Samband mellan reflektionsgrad i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) och trädslag. Punkterna visar medelvärden, spridningsmått visar 95% konfidensintervall och siffrorna över spridningsmått visar antalet observationer.

Bland bestånd med tall som bonitetsvisande trädslag fanns det en signifikant skillnad i MIR beroende på andel bortbetad barrmassa (Spearman rank korrelation; $r_s = 0,213$; $n = 126$; $p = 0,017$ (Fig. 8).

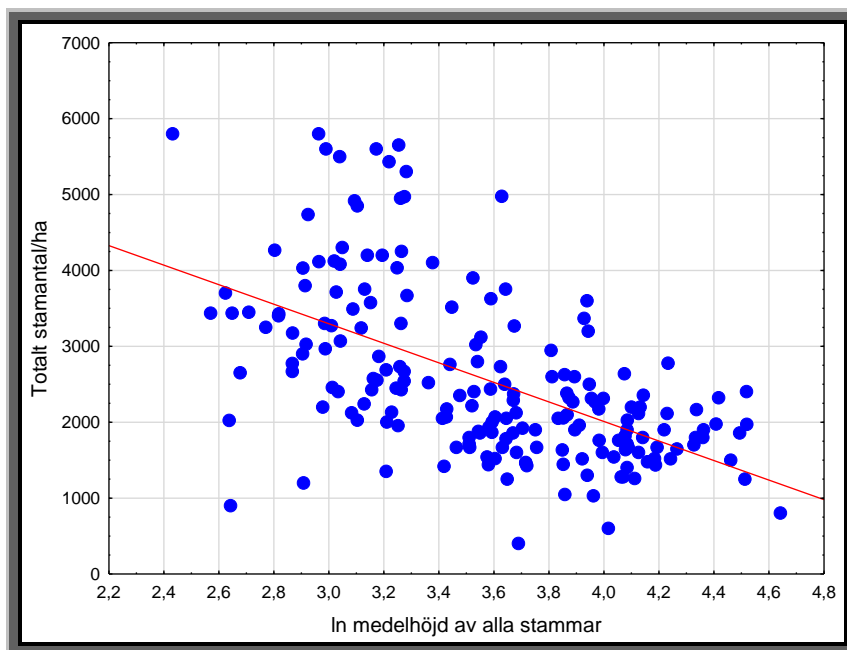


Figur 8. Lådagram över sambandet mellan reflektionsgrad i det mellaninfraröda spektrumet (MIR) och andel bortbetad barrmassa på tall i talldominerade bestånd. De små boxarna visar medianvärden, de stora boxarna omfattar 50% av observationerna, de horisontella strecken visar lägsta och högsta observerade värden och siffrorna över dessa visar antalet observationer inom varje betesintervall.

5.2 Stamtätheter och åtgärdsbehov

Det fanns en signifikant effekt av röjning på MIR (ANOVA; $F_{1, 190} = 42,383$; $p = 0,000$) men denna försvann vid kontroll för medelhöjd (ANCOVA; $F_{1, 189} = 0,714$; $p = 0,790$).

Antalet bistammar/ha hade ett positivt signifikant samband med MIR ($r^2 = 0,116$; $n = 192$; $p = 0,000$) men inte vid kontroll för medelhöjd ($r^2 = 0,396$; $n = 192$; $p = 0,000$; bistamantal $p = 0,574$ och medelhöjd $p = 0,000$). Det fanns inget signifikant samband mellan MIR och antalet huvudstammar/ha ($r^2 = -0,004$, $n = 192$, $p = 0,576$). Det fanns det däremot mellan MIR och det totala stamantalet/ha ($r^2 = 0,06$; $n = 192$; $p = 0,000$) och så även vid kontroll för medelhöjd ($r^2 = 0,411$; $n = 192$; $p = 0,000$; totalt stamantal $p = 0,025$ och medelhöjd $p = 0,000$). Det fanns även ett signifikant negativt samband mellan det totala antalet stammar/ha och medelhöjden ($r^2 = 0,315$; $n = 192$; $p = 0,000$) (Fig. 9).



Figur 9. Samband mellan stamantal och medelhöjd. Punkterna visar observationer från bestånd.

Vid testning om återbesogningsbehov gick att urskilja för stamglesa bestånd utifrån de på förhand bestämda kriterierna med hjälp av MIR, kunde inga signifikanta skillnader påvisas (ANOVA) (Tabell 4). Resultatet visade att det inte fanns någon skillnad i MIR mellan bestånd som hade mer eller mindre än 1400 huvudstammar/ha, mer eller mindre än 1400 stammar/ha när huvudstammar och hälften av bistammar inkluderades och heller inte för bestånd med mer eller mindre än totalt 1100 stammar/ha.

Tabell 4. Vid testning med ANOVA av MIR beroende på stamtäthet, (HS=Huvudstammar, BS=Bistammar) kunde ingen stamtäthetsklass urskiljas signifikant.

Stammar/ha	df	n	F	p
1400 HS	1	190	0,019	0,891
1400 HS+1/2 BS	1	190	0,001	0,982
1100 HS+BS	1	190	0,005	0,945

Vid testning om röjningsbehov gick att urskilja för oröjda bestånd utifrån de på förhand uppsatta kriterierna med hjälp av MIR kunde inga signifikanta skillnader påvisas (ANOVA) (Tabell 5). För bestånd med en medelhöjd av alla stammar inom spannet 2-5m testades detta för mer eller mindre än; 2000 stammar/ha, 3000 stammar/ha och 4000 stammar/ha. Detta testades även för bestånd högre än 3m för mer eller mindre än 3000 stammar/ha. Inget av testen visade på några signifikanta skillnader.

Tabell 5. Vid testning med ANOVA av MIR för olika röjningsbehov i oröjda bestånd för olika stamtätheter och höjdintervall, (HS=Huvudstammar, BS=Bistammar), kunde inget röjningsbehov urskiljas signifikant. Höjdintervall avser beståndens medelhöjd sett till alla stammar.

Stammar/ha	Höjdintervall	df	n	F	p
2000 HS+BS	2-5m	1	61	1,940	0,169
3000 HS+BS	2-5m	1	61	0,443	0,508
4000 HS+BS	2-5m	1	61	0,307	0,581
3000 HS+BS	>3m	1	25	0,943	0,341

Diskussion

MIR-värden hade ett negativt samband med skogens ålder, främst som en effekt av att träden blir högre. MIR-värdet sjunker därmed generellt med stigande ålder. Analysen av Skogsstyrelsens MIR-polygoner från set 90–00 med mätvärden från 2018, 2019, 2020 och 2021 visade att det var en signifikant skillnad mellan samtliga år. Då mellanårsvariationen var fluktuerande och inte visade någon trendriktning kan variationen inte tillskrivas bero av beståndens årliga tillväxt. En faktor som möjligen skulle kunna förklara högre MIR-värden ett påföljande år trots ett års ytterligare tillväxt är röjning, vilket sänker biomassan, alternativt att man av någon anledning valt att börja om helt med föryngringen med ny markberedning. Att detta skulle förklara den observerade fluktuationen i mellanårsvariationen är dock osannolikt då det rör sig om så pass många MIR-polygoner och stor areal (73 800ha) vilket borde begränsa omfattningen av den eventuella effekt som röjning eller omstart av bestånd har på MIR. En annan möjlig orsak till mellanårsvariationerna är vädermässiga skillnader mellan åren vilket skulle kunna ge skillnader i terrängens fuktighet då MIR visat sig känslig för vattenhalten i terrängen (Tian & Philpot 2015; Ochtyra et al. 2020). Den tredje och sannolikt viktigaste orsaken till skillnaderna bedöms dock kunna kopplas till brister i mätningen av MIR, såsom molnighet vid mättillfället (Misra et al. 2020). Det är även högst sannolikt att registreringen av MIR för samma polygon har olika registreringstidpunkt på året mellan år. Alltså kan en polygon vara registrerad tidigt på sommaren ett år och under sensommaren nästa år vilket kan påverka ljusförhållandena och växtligheten som i sin tur kan påverka reflektansen (Reese & Olsson 2017). Även satellitens betraktningvinkel är något som kan påverka reflektansen för den detekterade ytan (Zhang et al. 2018), detta kan därmed också vara en förklaring till de observerade mellanårsvariationerna. För året 2018 skiljde sig MIR-polygonernas indelning jämfört med de följande tre åren då 2018 års polygoner utgjordes av hela hyggen baserat på bildjämförelsen mellan 1990 och 2000. De följande tre årens MIR-polygoner är framtagna genom en segmentering av 2018 års polygoner, med det menas att polygonerna från 2018 delades in i mindre delområden med syftet att få en högre upplösning av MIR (P. Olsson, muntligen 2022). Huruvida detta har haft någon inverkan på den observerade mellanårsvariationen är dock okänt.

Den fjärranalysdata som använts har varit uppdelad i två set. Det ena setet bestod av trakter som avverkats någon gång mellan 1990 och 2000 och dessa trakter har av Skogsstyrelsen identifierats genom förändringsanalys där bildjämförelserna gjorts med 10 års mellanrum, alltså har bilder från 1990 jämförts med bilder från 2000. För detta set fanns information om MIR i form av medianvärden för varje polygon från 2018, 2019, 2020 och 2021. Dock är det bara värden från 2020 och 2021 som använts vid samanalys med fältinventeringsdata och MIR-värdena har matchats så att värdet kommer från samma år som fältinventeringen för samma bestånd gjordes. Det andra setet bestod av trakter avverkade någon gång under perioden 2000–2010 och dessa har Skogsstyrelsen också identifierat med förändringsanalys men genom årsvisa bildjämförelser. Detta set innehöll information om MIR i form av medelvärden för varje polygon från 2021, alltså inte medianvärden som i det första setet. Att det finns skillnader seten emellan påverkar givetvis robustheten i analysen negativt. Resultaten där effekten av perioderna (90–00/00–10) på MIR undersöktes visade att det var signifikanta skillnader både utan och med kontroll för medelhöjd. Huruvida det är rätt eller fel att inkludera båda seten i samma analys när det finns skillnader i metodiken för hur MIR polygonerna är framtagna samt att det ena setet har MIR-medianer för flera år och den andra endast MIR-medelvärden från ett år kan ifrågasättas. Dock var det endast medelåldern som föll ut som signifikant vid ANCOVA, inte perioden. Detta kan tolkas som att det är skillnaden i ålder mellan bestånden i de olika seten som gör att det finns en signifikant skillnad mellan seten och inte metodiken bakom framtagandet av seten eller typen av MIR-värde (medel/median). Därmed anser jag det rättfärdigat att använda båda seten i samma analys. Ett sätt att komma runt denna osäkerhet hade kunnat vara att ha med dataset som faktor vid alla analyser men detta gjordes inte.

Något som kan vara värt att nämna är att för set 00–10 kan skillnaden i MIR mellan bra och dåliga ungskogar antas vara mindre än skillnaden mellan bra och dåliga ungskogar i set 90–00. Detta då set 00–10 innehöll yngre bestånd än set 90–00 och att yngre bestånd generellt har högre MIR-värden än äldre bestånd. För att förtydliga detta kan man tänka sig att skillnaden i höjd mellan ett obetat 10 årigt bestånd och ett kraftigt betat 10 årigt bestånd kanske ligger i storleksordningen 5–10dm. Medan motsvarande höjdskillnad i ett obetat och ett kraftigt betat 30 årigt bestånd i extremfall kan röra sig om flera meter. Därmed är det resonabelt att förmoda att osäkerheten hos MIR är högre hos riktigt unga bestånd än hos lite äldre.

Metoden som användes för att skapa det slutgiltiga dataset som sedan analyserades statistiskt, var att slå samman alla provytor som låg inuti MIR-polygoner och som tillhörde samma bestånd för att sedan räkna ut medelvärden av alla variabler för dessa. Detta bedöms som den utifrån förutsättningarna bästa metoden att använda tillgängliga data för ändamålet på. Dock finns det en viktig nackdel med metoden i detta fall. Då MIR-polygoner inte har någon direkt koppling

till Holmens beståndsgränser kan provytor inom samma bestånd ligga i olika MIR-polygoner. Detta behandlas delvis då det är medelvärdet av alla provytor MIR-värden som använts i analysen, vad som inte behandlas är storleken på MIR-polygonerna. Låt säga att ett bestånd med 10 provytor varav 8 ligger inom en och samma MIR-polygon som väl överlappar med beståndets gränser men att två provytor ligger i en annan betydligt större MIR-polygon som till största del ligger utanför beståndet. Risken är då att de två ytornas bidrag till det totala MIR-värdet för beståndet har dålig representativitet då största delen av MIR-polygonen de ligger i är utanför beståndet. Se figur 10 för ett verkligt exempel på detta där de blå linjerna utgör beståndsgräns och de ljusblå ytorna utgör MIR-polygoner och avgränsas med grå sicksacklinjer. Provytan längst ned i beståndet ligger i en MIR-polygon som till största del ligger utanför beståndet. Omfattningen och betydelsen av detta har dock inte testats, men man får söka länge i kartan för att manuellt påträffa liknande exempel så det bedöms inte vara av någon avgörande betydelse i denna studie. På samma sätt kan hända att alla provytor i ett bestånd ligger i en och samma MIR-polygon men att denna täcker mark som även ligger utanför beståndet, detta riskerar då att generera ett skevt MIR-värde för det beståndet.



Figur 10. Visar exempel på hur provytor (blå punkter) inom ett bestånd (avgränsat med blålysande linje) kan vara belägna i olika MIR-polygoner (avgränsade med grå sicksacklinjer).

Beträffande att skillnad i höjd kunde påvisas beroende på inventerare samtidigt som åldern inte skiljde sig, kan sannolikt förklaras med att inventerarna i huvudsak inventerat i geografiskt skilda områden inom Västerbotten och Västernorrland och att därmed sambandet mellan ålder och höjd skiljer sig åt beroende på bonitet (Nilsson et al. 2022).

Av de tre nivåer med stamantal som på förhand sattes upp för att identifiera återbesknogningsbehov var det ingen som gick att urskilja med hjälp av MIR i analysen. Förklaringen till detta bedöms ligga i att stamantalet har väldigt svaga samband med MIR. De enda samband som kunde påvisas mellan stamantal och

MIR var det totala stamantalet vilket var positivt korrelerat med MIR-värdet samt antalet bistammar som också var positivt korrelerat. För att förstå orsaken till detta kan tilläggas att det totala stamantalet är kraftigt negativt korrelerat med medelåldern vilket främst beror på att antalet bistammar sjunker allteftersom bestånden blir äldre på grund av röjning och avgång från konkurrens (Pettersson et al. 2012). Antalet huvudstammar sjunker också med ökande ålder men i mycket lägre omfattning. Alltså kan den effekt på MIR av stamantal som påvisades hänvisas bero av åldern som i sin tur påverkar höjden. De tester som genomförts har visat på att höjden är en av de viktigaste faktorerna för MIR-värdet. Därmed stödjer resultatet inte hypotesen om att med MIR kunna utröna åtgärdsbehov i form av återbeskogning av riktigt stamglesa bestånd.

Av de fyra nivåer av stamantal inom olika höjdintervall som på förhand sattes upp för att identifiera röjningsbehov var det ingen nivå som skiljde sig signifikant med avseende på MIR. Detta tyder, likt analysen av återbeskogningsbehov, på att stamtätheten är en faktor som inte verkar vara detekterbar med MIR. Det går därmed inte att utröna röjningsbehov baserat på stamtäthet med hjälp av MIR.

Förutom att medelhöjden för alla stammar visat sig vara en variabel med starka samband med MIR, finns det en fördel med att använda denna variabel i stället för höjdsumman av huvudstammar, som också var starkt korrelerad med MIR. Fördelen ligger i att när man tar medelhöjden av alla stammar undviker man eventuell effekt av inventerare då bestämmande av vilka stammar som klassas som huvudstammar i viss mån kan betraktas som subjektivt. Nackdelen med att använda medelhöjden för alla stammar är att bestånd med kraftigt uppslag av exempelvis björksly som är avsevärt kortare än huvudstammarna och fler till antalet, får stor inverkan på beståndets medelhöjd trots att björkslyet sannolikt har liten påverkan på MIR värdet då det är de högsta träden som skapar skuggighet och därmed påverkar MIR (Olsson & Reese 2017b).

Bonitering med ståndortsegenskaper är ett sätt att bonitera enligt Skogshögskolans boniteringssystem. Det innebär att man beaktar faktorer som markfuktighetsklass, markvattenrörelse, jordartstextur, jorddjup, om det är fast- eller torvmark och typ av markvegetation för att sedan kunna utläsa ståndortsindex för lokalen genom att använda rätt boniteringstabell utifrån breddgrad, höjd över havet, trädslag samt ovan nämnda faktorer (Skogsstyrelsen 1985). Vid ungskogsinventeringen som Holmen gjorde 2020–21 var markfuktighet och markvegetationstyp två faktorer som samlades in på provytor. Enbart dessa två faktorer räcker alltså inte för att ta fram boniteten, men det kan ändå ge viss vägledning om lokalen är mest lämpad för tall eller gran. Tilläggas bör att den klassificering av markfukt och markvegetation som i fält tillämpades vid Holmens ungskogsinventering inte strikt följde den som beskrivs i Skogshögskolans boniteringssystem (Skogsstyrelsen 1985).

Viktigt att komma ihåg är att variabeln trädslag i detta arbete utgörs av det av inventeraren utsedda bonitetsvisande trädslaget på varje provyta som sedan gjorts om till det vanligast angivna bonitetsvisande trädslaget i varje bestånd. Någon hänsyn till den verkliga trädslagsfördelningen har alltså inte tagits i analyserna beträffande trädslag.

Att skillnader i MIR mellan bestånd kunde påvisas beroende på om tall eller gran varit det vanligast angivna bonitetsvisande trädslaget kan vara värt att diskutera. Bestånd med tall som bonitetsvisande trädslag hade signifikant högre MIR-värden än bestånd med gran som bonitetsvisande trädslag. Samtidigt fanns det skillnader i MIR mellan bestånd beroende på typ av markvegetation. Interaktionen mellan trädslag och markvegetationstyp har undersökts men inte varit möjlig att bryta upp med avseende på MIR. Det är därför möjligt att de skillnader i MIR som observerats beroende på markvegetation i själva verket beror på att det är skillnader i trädslagsfördelningen. Detta då gran och tall har olika preferenser gällande bördighet och markfuktighet (Hallsby 2013) vilket är något som beaktas vid skoglig föryngring och innebär att det eller de trädslag som ett bestånd föryngrats med har valts utifrån växtplatsens förutsättningar, som exempelvis typ av markvegetation och markfuktighet. På samma sätt kan den skillnad i MIR som observerats mellan bestånd beroende på om tall eller gran varit det vanligast angivna beståndsvisande trädslaget, i själva verket bero på skillnader i markvegetation. Man kan med ledning av detta resonera kring att MIR möjligen påverkas av både trädslag och markvegetation. Det finns många potentiella förklaringar till detta; till exempel att granen trivs på bördigare marker än tallen och att mängden biomassa i fältskiktet och uppslaget av lövsly därför kan skilja sig på ett sätt som påverkar MIR; eller att granens form och allokering av barr och biomassa skiljer sig från tallens på ett sätt som påverkar MIR. Även markfuktigheten skulle kunna vara en inverkan på MIR. Detta har dock inte varit möjligt att undersöka i denna studie på grund av ett kraftigt snedfördelat data med 87% av observationerna på frisk mark. För att testa detta mer ingående i syfte att bryta upp interaktionen mellan trädslag och markvegetation och dess påverkan på MIR hade analyser behövt göras av data över granbestånd på typiska tallmarker och tallbestånd på typiska granmarker med avseende på markfukt och markvegetation, vilket inte har gjorts. I ett ståndortsanpassat skogsbruk kommer det bonitetsvisande trädslaget inte att vara oberoende av markvegetationstypen, men analyserna i denna studie visar att det inte går att kvantifiera de oberoende effekterna av trädslag och markvegetationstyp på MIR. Bägge faktorerna förefaller dock kunna ha betydelse och bör inkluderas vid framtida tillämpning av MIR för ungsogsändamål, detta skulle möjligen även inkludera markfuktigheten.

Att signifikanta skillnader i MIR kunde påvisas mellan bestånd med tall som bonitetsvisande trädslag utifrån andel bortbetad barmassa kan antingen bero på att mängden biomassa är lägre i bestånd med hög andel betning, att höjden reducerats

genom betningen eller på grund av en kombinerad effekt av detta. Tittar man på observationernas spridning i figur 8 ser man att variationen i MIR i de olika beteskategorierna är tämligen stor. Man kan därmed inte utifrån dessa resultat tillämpa MIR på ett tillfredsställande sätt för att kvantifiera graden av bete. Antagligen behöver man inkludera fler faktorer för att med säkerhet kunna nyttja MIR för kvantifiering av bete och för detta behövs fortsatta analyser som undersöker detta. Dock antyder de erhållna resultaten att det finns potential för MIR som ett framtida verktyg för betesskattningar.

Utformningen av data för ändamålet att undersöka om MIR påverkades av bete hade mer att önska. Till exempel är observationerna av de olika betesintervallen väldigt snedfördelade på skalan 0–100% med övervikt mot de lägre nivåerna, vilket ur ett skogsbruksperspektiv givetvis är bra men försvårar analysmöjligheterna. Dessutom kan man fundera över om 0% bortbetad barmassa bör vara i samma kategori som 25% bortbetad barmassa, vilket även gäller för de andra kategorierna; 26–50%, 51–75% och 76–100%. Det hade varit önskvärt att ha en finare uppdelad skala för att på så sätt kunna jämföra betesskadenivåer som i denna studie ligger inom samma kategori. För att sätta dessa nivåer i kontext kan en jämförelse göras med en studie av Nilsson et al. (2016) där effekten av älgbete på tall med avseende på produktion och ekonomi analyserades genom simulationer i Heureka. Där användes nivåerna 0%, 2%, 5%, 10%, 15% och 27% årliga betesskador vilket skiljer sig avsevärt från nivåerna som tillämpats i denna studie. Dock finns det stora skillnader mellan studierna beträffande kriterierna för bedömning av betesskadornas omfattning, men den avsevärda skillnaden i skalornas utformning belyser vikten av att samla in data på ett tilltänkt sätt. Det finns ehuru väl en förklaring till den grova klassningen av betesintervall som användes vid Holmens fältinventering och det är att bedömningen gjordes genom subjektiv skattning och det hade därför varit svårt med en finare skala.

På grund av tekniska begränsningar har vissa av de analyser som initialt var tänkta att genomföras inte kunnat göras. Främst beror detta på att data på trädindividnivå ej kunnat kopplas till rätt bestånd. Potentiellt hade sådana analyser kunnat ge svar på om det finns några samband eller skillnader som går att detektera med MIR med avseende på trädslagssammansättning, förekomst av törskate, diameter på huvudstammar och viltskador på trädindividnivå.

För att koppla mot de hypoteser som formulerades i början av detta arbete kan utifrån de erhållna resultaten sägas att:

- MIR skiljer sig åt mellan bestånd beroende på medelhöjd och ålder men inte beroende på stamtäthet.
- Det går inte att med MIR identifiera bestånd med röjningsbehov eller misslyckade bestånd i behov av ny förnygring.

- Det finns skillnader i MIR beroende på grad av viltbete på tall mellan bestånd men det går inte att med MIR kvantifiera skillnader i grad av viltbete på tall mellan bestånd.

Under sommaren 2022 genomförde Holmen skog i Västerbotten en riktad fältinventering för att kartlägga och studera omfattningen av tallungskogar i dåligt tillstånd till följd av älgbetning. Som stöd för detta användes Skogsstyrelsens MIR-data som ett av underlagen för att i fält hitta svårt betade ungskogar. Denna tillämpning är ett exempel på hur MIR skulle kunna användas som verktyg för att identifiera ungskogar i dåligt skick så att skogsägaren kan tillsätta åtgärder för att förbättra tillståndet. Erfarenheterna kring användandet av MIR i denna inventering visade både på möjligheter och begränsningar med tekniken och var en bidragande orsak till att detta examensarbete kom till. För att återkoppla till de likheter i inventeringsresultat som både Holmen, Sveaskog och SCA fick av sina respektive ungskogsinventeringar där ungefär en fjärdedel av ungskogarna bedömdes vara av undermåligt skick och slutsatsen som SKS drog i sin rapport från 2019 där man också kom fram till att uppemot en fjärdedel av ungskogarna var av undermåligt skick genom användande av MIR. Enbart detta kan inte ses som ett bevis på att MIR ger en exakt bild av ungskogars tillstånd, kanske främst för att definitionen av ”undermåligt skick” kan skilja sig åt, men det talar för att MIR kan ha stor potential för ändamålet och bör fortsätta utforskas.

Utfallet vid tillämpningen av MIR i den riktade älgbetesinventeringen som Holmen utförde 2022 var blandad. MIR var utan tvivel ett värdefullt hjälpmedel för att hitta hårt betade bestånd men det var tydligt att tekniken hade brister och att precisionen hade mer att önska. Det finns dock stora skillnader i hur MIR använts i den riktade älgbetesinventeringen jämfört med hur Skogsstyrelsen använt MIR (Normark 2019) vilket kan vara en förklaring till att utfallet inte blev så bra som önskat i Holmens tillämpning. Till exempel användes MIR-medianen för bestånden i Holmens inventering medan MIR-medelvärden använts i Skogsstyrelsens analys. Dessutom baseras Skogsstyrelsens tillämpning av MIR på förändringsanalyser mellan åren 1990–2000 som använts för att skapa MIR-polygoner medan Holmen har matchat dessa MIR-polygoner med beståndsgränserna för sina egna bestånd vilket innebär risk för att MIR-värdet inte alltid är representativt för beståndet i de fall där MIR-polygonerna från Skogsstyrelsen inte stämmer med beståndsgränserna. Dessutom, kan en orsak till bristerna som Holmen erfor helt enkelt bero på att betesskador är en faktor som inte detekteras på ett tillfredsställande sätt av MIR om inte andra skogliga variabler tas i beaktan.

Om man låter sig anta att kunskapsläget kring MIR höjs framgent och att dess användningsområden blir mer distinkta, finns det ytterligare steg att ta för en välfungerande övervakning av ungskogtillstånd genom fjärranalys. Detta genom att integrera MIR-data med andra former av fjärranalysdata. Att kombinera olika fjärranalysdata har visat sig vara en metod som kan erbjuda goda resultat. Ett sådant

exempel är att integrera LiDAR-data och satellitdata för att beräkna mängden skogsbiomassa (Jiang et al. 2022). Även integrering av fjärranalysdata med artificiell intelligens har visat sig vara en effektiv metod för att exempelvis identifiera trädslag i blandskogar (Beloiu et al. 2023) likväl som att identifiera träd drabbade av svampangrepp (Sandino et al. 2018). Det finns därmed stor potential för MIR som skogligt dataunderlag i framtiden om det på ett berikande sätt kan kombineras med andra fjärranalysdata och artificiell intelligens.

Avslutningsvis, för att sätta de berörda ungskogsinventeringarna utförda av Holmen, Sveaskog och SCA i ett annat perspektiv finns det resultat från en annan omfattande ungskogsinventering som inte speglar ungskogstillståndet på samma sätt (Wulff et al. 2022). Denna inventering har genomförts av SLU på uppdrag av Skogsstyrelsen i Norrbotten, Västerbotten, Västernorrland och Jämtland under sommaren 2022 som en del av ett program som kallas Nationell Riktad Skadeinventering. En generell skillnad mellan resultaten från skogsbolagens inventeringar och den från SLU är att ungskogarna håller ett betydligt högre huvudstamantal enligt den senare. Denna skillnad kan dock med stor sannolikhet förklaras med att det finns skillnader i hur man valt att definiera huvudstammar mellan skogsbolagens och SLU:s inventering, där man i den senare tillåtit kortare stammare, i förhållande till de högsta barrträden på provytan, att ingå som huvudstammar. För att förstå varför denna skillnad finns bör man reflektera kring vad syftet varit med de olika inventeringarna. För skogsbolagens del kanske det snarare handlat om att undersöka ungskogstillstånden med avseende på den investering man gjort när man exempelvis markberett, planterat och röjt och därför i högre grad använder de planterade barrstammarna som klarat sig från tillväxtreducerande skador som bedömningsreferens för beståndets tillstånd. Medan man från SLU:s håll kanske snarare undersökt ungskogstillstånden med avseende på att det faktiskt finns ett betryggande uppslag av förnyande plantor oavsett om tillväxten är eftersatt på grund av skador eller andra orsaker. I rapporten om inventeringen från SLU framgår dock ingen bedömning av andelen ungskogar av undermåligt skick, vilket hade varit intressant att jämföra med den nivå som uttryckts av de tre skogsbolagen samt SKS (Normark 2019) där bedömningen landat på ca 25%. Klart är att det inte finns något facit på hur en ungskogsinventering ska gå till och att metodiken och kriterierna som tillämpas kan komma att påverka tolkningen av resultatet.

6.1 Slutsatser

Enligt de resultat som framkommit av detta arbete står det tämligen klart att MIR-värdet i hög grad påverkas av höjden i unga bestånd. Även om signifikanta samband med MIR inte kunnat påvisas för alla variabler som förutspåddes, finns det ändå anledning att fortsätta utvärdera användningsområden och skogliga samband med

MIR då det finns uppenbara begränsningar i detta arbete. Förslagsvis skulle det fortsatta arbetet kunna inledas med att från Holmens sida beställa ny MIR-data från Skogsstyrelsen där MIR-polygonerna är spatialt matchade med Holmens beståndsindelning och där varje bestånd utgör en MIR-polygon. Dessutom bör MIR-data för avverkningsperioden 00–10, på samma sätt som perioden 90–00, ha MIR-värden i form av medianvärden och från åren 2020 och 2021. Vidare bör eftersträvas att inkludera data på trädindividnivå i analysen för att på så sätt berika analysmöjligheterna genom information om bland annat trädslagsfördelning, skadeförekomst och diameter. För att ytterligare höja precisionen i en som denna liknande utvärdering av MIR som verktyg för ungskogsanalys kan Holmen överväga att gå samman med andra skogsbolag med resultat från liknande ungskogsinventeringar för att utöka dataunderlaget. En sådan satsning skulle troligen kunna mynna ut i betydligt mer handfasta användningsområden för MIR än vad denna utvärdering kunnat göra. Dessutom skulle man ha ett gediget dataunderlag över bestånd med ett antal kända skogliga variabler samt beståndens MIR-värden vilket skulle kunna användas som referensmall för framtida nyttjande av MIR som verktyg för ungskogsanalyser. Ett sådant dataunderlag skulle sannolikt även vara av intresse för Skogsstyrelsen i syfte att normalisera MIR-värden mot ungskogstillstånd.

Det finns även förändringar att önska för att potentiellt höja användbarheten av MIR-data för ungskogsanalys. Till exempel skulle man kunna förbättra visualiseringen av MIR genom att varje pixel som har ett MIR-värde visualiseras med en viss färg utifrån en färgskala. Så som MIR använts i denna studie har enskilda pixlar inte varit av intresse utan endast hela MIR-polygoner bestående av flera pixlar och där medel- eller medianvärdet för pixlarna representerat MIR-polygonen. Men genom att i en karta visualisera varje pixelvärde med färger skulle det vara möjligt att studera enskilda bestånd för att hitta områden inom dessa där MIR-värdena är avvikande höga för att därefter besöka dessa områden och undersöka orsaken och tillsätta eventuella åtgärder.

Referenser

- Agestam, E. (2015). Skogsskötselserien – *Gallring*, 2a uppl. Skogsstyrelsen. [GALLRING \(skogsstyrelsen.se\)](https://www.skogsstyrelsen.se)
- Anderson, K. & Gaston, K. (2013). Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 11, 138-146. (PDF) [Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net)
- Beloïu, M., Heinzmann, L., Rehush, N., Gessler, A. & Griess, V.C. (2023). Individual Tree-Crown Detection and Species Identification in Heterogeneous Forests Using Aerial RGB Imagery and Deep Learning. *Remote Sensing*. 15(5). <https://doi.org/10.3390/rs15051463>
- Bergh, J., Egnell, G. & Lundmark, T. (2020). Skogsskötselserien – *Skogens kolbalans och klimatet*. Skogsstyrelsen. [Skogens kolbalans och klimat \(skogsstyrelsen.se\)](https://www.skogsstyrelsen.se)
- Bergh, J., Linder, S., Morén, A-S., Grelle, A., Lindroth, A. & Roberntz, P. (2000). *Skogens kolbalans - många faktorer inverkar*. Faktaskog nr 15, SLU. [Fakta Skog skogskonmi \(slu.se\)](https://www.slu.se)
- Bergquist, J. & Carlstedt, F. (2022). *ÄBIN fältinstruktion 2023*. Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/statistik/abin-och-andra-betesinventeringar/abin-faltinstruktion-2023.pdf>
- Blennow, K. & Sallnäs, O. (2002). Risk perception among non-industrial private forest owners. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17, 472-479. <https://doi.org/10.1080/028275802320435487>
- Christoffersson, P. (2020). *Ungskogsinventering Holmen Västerbotten 2020*. [Internt material]
- ESA (u.å.). *Spatial Resolution*. [Spatial - Resolutions - Sentinel-2 MSI - User Guides - Sentinel Online - Sentinel Online \(esa.int\)](https://esa.int) [2023-04-25]
- ESA (2020). *About Copernicus Sentinel-2...* [Faktablad]. [Sentinel2 infographic \(copernicus.eu\)](https://esa.int) [2023-04-25]
- ESA (2023). *Copernicus Open Access Hub*. [Open Access Hub \(copernicus.eu\)](https://openaccess.esa.int) [2023-04-25]
- Esri (2022). *ArcGIS PRO*. (3.0.0) [Programvara]. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview> [2023-02-17]
- FSC (2020). *Skogsbruksstandard 2020*. [Faktablad]. FSC Sverige. [Faktablad Hänsynsträd.pdf \(fsc.org\)](https://www.fsc.org) [2022-10-10]
- Hallsby, G. (2013). Skogsskötselserien – *Plantering av barrträd*, 2a uppl. Skogsstyrelsen. [PLANTERING AV BARRTRÄD \(skogsstyrelsen.se\)](https://www.skogsstyrelsen.se)

- Häusler, T., Gomez, S., Ramminger, G. & Ngamabou Siwe, R. (2009). *GMES Service Element Forest Monitoring Final Report*. München: GAF GA. A2-35 – A2-36. [GSEFM M10 Final Report D2 0.pub \(esa.int\)](#)
- Jiang, F., Deng, M., Tang, J. Fu, L. & Sun, H. (2022). Integrating spaceborne LiDAR and Sentinel-2 images to estimate forest aboveground biomass in Northern China. *Carbon Balance Manage.* 17(12). <https://doi.org/10.1186/s13021-022-00212-y>
- Johansson, U., Ekö, P M., Elfving, B., Johansson, T. & Nilsson, U. (2013). *Nya höjduvecklingskurvor för bonitering*. Faktaskog nr 14, SLU. https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog13/faktaskog_14_2013.pdf
- Karlsson, C., Sikström, U., Örlander, G., Hannerz, M., Hånell, B. & Fries, C. (2017). Skogsskötselserien – *Naturlig förnygring av tall och gran*, 2a uppl. [Naturlig förnygring av tall och gran \(skogsstyrelsen.se\)](#)
- Khatami, R., Mountrakis, G. & Stehman, S.V. (2016). A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research. *Remote Sensing of Environment.* 177, 89-100, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.028>
- Kjellander, P. (2007). *Utvärdering av ÄBIN*. (2007:1). Jönköping: Skogsstyrelsen. https://www.researchgate.net/publication/313289260_Utvardering_av_ABIN
- Lausch, A., Erasmi, S., King, D.J., Magdon, P. and Heurich, M. (2016). Understanding Forest Health with Remote Sensing -Part I—A Review of Spectral Traits, Processes and Remote-Sensing Characteristics. *Remote Sensing.* 8. <https://doi.org/10.3390/rs8121029>
- Leckie, D.G. (1990). Advances in remote sensing technologies for forest surveys and management. *Canadian Journal of Forest Research.* 20(4), 464-483. <https://doi.org/10.1139/x90-063>
- Lundqvist, L., Cedergren, J. & Eliasson, L. (2014). Skogsskötselserien – *Blädningsbruk*, 2a uppl. Skogsstyrelsen. [Blädningsbruk Skogsskötarserien \(skogsstyrelsen.se\)](#)
- Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012). Skogsskötselserien – *Skogsskötselns grunder och samband*, 2a uppl. Skogsstyrelsen. [*Skogsskötselns grunder och samband \(skogsstyrelsen.se\)](#)
- McRoberts, R.E. & Tomppo, E.O. (2007). Remote sensing support for national forest inventories. *Remote Sensing of Environment.* 110(4), 412-419. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.09.034>
- Misra, G., Cawkwell, F. & Wingler, A. (2020). Status of Phenological Research Using Sentinel-2 Data: A Review. *Remote Sensing.* 12. <https://doi.org/10.3390/rs12172760>
- Nilsson, P., Roberge, C., Dahlgren, J. & Fridman, J. (2022). *Skogsdata 2022*. Umeå: SLU, inst. f. skoglig resurshushållning. [*skogsdata 2022 webb.pdf \(slu.se\)](#)
- Nilsson, U., Berglund, M., Bergquist, J., Holmström, H. & Wallgren, M. (2016). Simulated effects of browsing on the production and economic values of Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands. *Scandinavian Journal of Forest Research.* 31(3), 279-285. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1099728>

- Skogsstyrelsen (2022a). *Fakta om undersökningen Avverkning*. [Fakta om undersökningen Avverkning - Skogsstyrelsen](#) [2023-03-22]
- Skogsstyrelsen (2022b). *Återväxternas kvalitet 2021/2022*. [Återväxternas kvalitet 2021-22 \(skogsstyrelsen.se\)](#)
- Skogsstyrelsen (2022c). *Skoglig Betesinventering*. [Abin Rapport \(skogsstyrelsen.se\)](#) [2022-10-07]
- Skogsstyrelsen (2022d). *Äbin och andra skogliga betesinventeringar*. [Äbin och andra skogliga betesinventeringar - Skogsstyrelsen](#) [2022-10-07]
- Skogsstyrelsen (2022e). *Multiskadad ungskog - ett samverkansprojekt i norra Sverige*. [Multiskadad ungskog - Skogsstyrelsen](#) [2023-02-15]
- Skogsstyrelsen (2022f). *Uppdrag att uppdatera Skogliga grunddata*. [Uppdatera Skogliga grunddata - Skogsstyrelsen](#) [2023-04-24]
- Skogsstyrelsen (2022g). *Skogliga grunddata - beskrivning av geodata*. [Skogliga grunddata - beskrivning av geodata - Skogsstyrelsen](#) [2023-04-24]
- Skogsstyrelsen (2023). *Resultat från Äbin och foderprognoser*. <https://skobi.skogsstyrelsen.se/AbinRapport/#/abin-rapport?landsdel=1&lan=24&afo=alla&delomrade=alla> [2023-04-23]
- SKSFS 2011:7 (2022). *Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd till Skogsvårdslagen*. Skogsstyrelsens författningssamling [Föreskrifter om ändring i Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd \(SKSFS 2011:7\) till skogsvårdslagen](#);
- SOU 2009:54. (2009). *Uthållig älgförvaltning i samverkan*. Stockholm. [Uthållig älgförvaltning i samverkan SOU 2009:54 \(riksdagen.se\)](#)
- Sun, P., Yuan, X., & Li, D. (2023). Classification of Individual Tree Species Using UAV LiDAR Based on Transformers. *Forests*. 14(484). <https://doi.org/10.3390/f14030484>
- Sveaskog (2019). Betydande multiskador på ungskog i norr. <https://www.sveaskog.se/press/2019/betydande-multiskador-pa-ungskog-i-norr/> [2022-09-07]
- Söderberg, P. (2002). *Satellitbildsbaserade skattningar av skogliga variabler*. (2002:11) Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://cdn.abicart.com/shop/9098/art70/4646070-56f2ed-1718-1.pdf>
- Tian, J. & Philpot, W.D. (2015). Relationship between surface soil water content, evaporation rate, and water absorption band depths in SWIR reflectance spectra. *Remote Sensing of Environment*. 169, 280-289. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.08.007>.
- TIBCO (2022). *Statistica* (14.0.1.25) [Programvara]. <https://www.tibco.com/resources/product-download/tibco-statistica-trial-download-for-windows> [2023-02-17]
- Torresan, C., Luyssaert, S., Filippa, G., Imangholiloo, M. & Gaulton, R. (2022). Remote Sensing Technologies for Assessing Climate-Smart Criteria in Mountain Forests. I: Tognetti, R., Smith, M. & Panzacchi, P. (red.) *Climate-Smart Forestry in Mountain Regions*. Cham: Springer. 399- 433. [Remote Sensing Technologies for Assessing Climate-Smart Criteria in Mountain Forests | SpringerLink](#)

- Tuominen, J., Lipping, T., Kuosmanen, V. & Haapanen, R. (2009). Remote Sensing of Forest Health. I: Ho, P-G. (red.) *Geoscience and Remote Sensing*. Rijeka: InTech. 29-52. [Geoscience and Remote Sensing - Google Böcker](#)
- Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O-P., Viiri, H., Ikonen, V-P. & Peltola, H. (2020). Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global Change Biology*. 26(8), 4178-4196. [Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review \(wiley.com\)](#)
- Widemo, F., Leonardsson, K. & Ericsson, G. (2022). *Samförvaltning av älg och skog – analyser av den nya älgförvaltningen under perioden 2012–2021*. (RAPPORT 7044) Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7044-1.pdf>
- Witzell, J., Berglund, M., Bergquist, J., Bernhold, A., Björklund, N., Granström, A., Åberg, A.G., Hanson, L., Hansson, P., Hellqvist, C., Lindelöw, Å., Långström, B., Nordlander, G., Petersson, M., Rönnberg, J. & Wallertz, K. (2017). Skogsskötselserien – *Skador på skog, del 1*, 2a uppl. Skogsstyrelsen. [*Skador på skog, del 1 \(skogsstyrelsen.se\)](#)
- Wulff, S. & Hansson, P. (2009). *Riktad skogsskadeinventering av törskaterost 2008*. Umeå: SLU. [Riktad skogsskadeinventering av törskaterost 2008 \(slu.se\)](#)
- Wulff, S., Walheim, M. & Roberge, C. (2022). *Inventering av skador på ungskog 2022 i Norrbotten, Västerbotten, Västernorrland och Jämtlands län*. Umeå: SLU [wulff_walheim_roberge_2022.pdf \(slu.se\)](#)
- Zhang, H.K., Roy, D.P., Yan, L., Li, Z., Huang, H., Vermote, E., Skakun, S. & Roger, J-C. (2018). Characterization of Sentinel-2A and Landsat-8 top of atmosphere, surface, and nadir BRDF adjusted reflectance and NDVI differences. *Remote Sensing of Environment*. 215, 482–494. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.031>

Populärvetenskaplig sammanfattning

Måendet hos unga skogar är viktigt att känna till för att säkerställa att de växer bra och kan förse massa- och virkesindustrin med råvara i framtiden samt binda in kol på ett effektivt sätt. En metod för att undersöka måendet i ungskogarna är att utföra inventeringar, men det är kostsamt och tidskrävande och kan i praktiken bara tillämpas genom stickprov. Att analysera skog med fjärranalys är idag vanligt och kan ge information om bland annat volym och höjd. En av fördelarna med fjärranalys är att det kan ge information över mycket stora arealer. Detta arbete har undersökt möjligheten att använda fjärranalys för bedömning av tillståndet i ungsogar med hjälp av mellaninfraröd (MIR) reflektion. Detta har gjorts genom att analysera data från ungsogsinventeringar utförda av Holmen och fjärranalysdata framtagna av Skogsstyrelsen. Resultaten visade på att MIR kan användas för att skilja på bestånd utifrån medelhöjd och medelålder. Resultaten visade även att graden av viltbete har en märkbar effekt på MIR men även att MIR inte kan användas för att identifiera bestånd med åtgärdsbehov utifrån stamtäthet. Slutsatsen av arbetet är att MIR fortsatt bör undersökas som potentiellt verktyg för att inhämta information om måendet i unga skogar.

Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare **Fredrik Widemo** vid SLU som med stor omsorg hjälpt mig med detta arbete genom många timmars handledning av den statistiska analysen och värdefull återkoppling av rapportens innehåll.

Jag vill även rikta ett stort tack till min kontaktperson på Holmen **Peter Christoffersson**, som tydligt förmedlat Holmens vilja med detta examensarbete.

Jag vill även tacka **Christian Syk** på Holmen som försett mig med data och bistått stöd för datahantering i programmet ArcGIS PRO.

Slutligen vilja rikta ett stort tack till **Patrik Olsson** på Skogsstyrelsen som med stort engagemang besvarat alla mina frågor rörande Skogsstyrelsens framtagande av MIR-data.

Bilaga 1

Huvudrubrik
Instruktion för inventering av ungskogar Holmen Skog
Dokumentansvarig
Peter Christoffersson

Datum
2020-06-28

HOLMEN

Instruktion för inventering av ungskogar Holmen Skog



Huvudrubrik
Instruktion för inventering av ungskogar Holmen Skog
Dokumentansvarig
Peter Christoffersson

Datum
2020-06-28

HOLMEN

Innehåll

1 Syfte	3
2 Antal avdelningar och cirkelprovtytor	3
3 Mätning inom cirkelprovtytor	4
3.1 Allmänt	4
3.2 Skaderegistrering inom cirkelprovtytor	5
3.3 Definition av huvudstam	6
3.3.1 Lämpliga trädslag	6
3.3.2 Kvalitet	6
3.3.3 Skador och defekter	7
3.3.4 Allmänt hälsotillstånd hos trädet	7
3.4 Bedömning av huvudstammar på provyta	7
3.5 Registrering av data	8
3.6 Tidpunkt för inventering	8
3.7 Inrapportering av data	8
4 Bilaga	9
4.1 Torskatte	9
4.2 Huvudstammar i kraftigt älgbetade bestånd	11

Huvudrubrik
Instruktion för inventering av ungskogar Holmen Skog
Dokumentansvarig
Peter Christoffersson

Datum
2020-06-28

HOLMEN

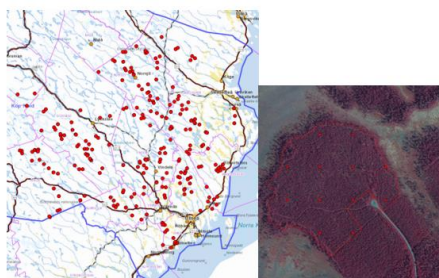
1 Syfte

Syftet med denna inventering är att beskriva skogstillståndet för Holmens skogar i åldern 10-30 år i Rg Nord Västerbotten samt att vara en grund för en eventuell framtida heltäckande ungskogsinventering för Holmen. Skadefrekvenser och skadeorsaker på ungskogen ska kvantifieras. Möjlighet att koppla inventeringsdata till fjärranalysdata för att uppdatera beståndregistret. Högre kvalitet på beståndsdata i de här skogarna ger oss:

- Möjlighet att fånga upp nya röjningsbehov i tid före gallring.
- Förbättrad träffsäkerhet vid utskökning av gallring, effektivare TP.
- Bättre prognos för gallringsbehov och tillväxt.
- Bättre kunskap om hur vi ligger till i förhållande till våra skogsskötselmål och våra mål för betesskador.

2 Antal avdelningar och cirkelprovtytor

240 bestånd med åldern 10-30 år har slumpats ut på Holmens mark på Rg Nord. Totalt ska 2249 cirkelprovtytor inventeras. Stöckprovet motsvarar 2,2 % av Holmens avdelningar i åldersintervall. Tidsåtgång 2 bestånd/dag, 20 provtytor/dag.



Huvudrubrik
Instruktion för inventering av ungskogar Holmen Skog
Dokumentansvarig
Peter Christoffersson

Datum
2020-06-28

HOLMEN

3 Mätning inom cirkelprovtytor

3.1 Allmänt

För varje bestånd inventeras cirkelprovtytor om 50 m² (3,99 m provtyteradie). Antalet provtytor beror av storlek på bestånd och varierar mellan 3 och 14 per bestånd. Cirkelprovtycentrum med en snitsel på marken. Häng även en snitsel i en gren på ett närliggande träd. Detta för att möjliggöra kontrollmätning.

Utrustning: Ipod, metspö, snitselband, höjdmätare.

För varje huvudstam registreras följande:

- Trädslag
- Höjd (m)
- Diameter (cm), subjektiv bedömning
- Äbnskada över 0,3 m. T ex gamla övervallade skador: mindre krök orsakad av gammalt toppbete, barknag oavsett storlek, gamla sprötkvistar.

Huvudstammarna (se definition längre ner i dokumentet) identifieras och vid behov markeras dessa med tex klädnypor för att underlätta räkning och registrering. Antalet huvudstammar inom en provyta får max uppgå till 15 motsvarande 3000 stammar per hektar.

För övriga träd över halva medelhöjden (bistammar) registreras följande:

- Trädslag
- Lever trädet? (Ja/Nej) (Default är Ja)
- Mycket allvarlig viltskada (Ja/Nej)
- Svampskada (se Domän nedan)
- Övrig skada (se Domän nedan)
- Är trädet en överståndare? (Ja/Nej) (Default är Nej)
- höjd

Specialfall: Om det finns väldigt många träd inom en provyta avbryts registreringen efter totalt 30 träd (huvudstam och bistam) motsvarande 6000 stammar per hektar.

Halva medelhöjden definieras som medelhöjden av de två högsta barrhuvudstammarna. Ålder räknas på dessa. Ta stöd av beståndsdata om svårräknade granlytor.

För varje cirkeleprovta registreras följande:

- Ståndortsegenskaper enligt ABIN-metodik (markveg och markfukt).
- Medelålder för huvudstammar.
- Är >50 % av huvudstammarnas barr-/bladmassa bortbetad?
- Bedöma barr-/bladmassa bortbetad på alla stammar i klasser: 0-25 %, 26-50 %, 51-75%, 76-100 %.
- Är provytan röjd eller inte?
- Eventuella kommentarer.
- Bedöma inom en 15m radie om 3.99 är representativ. Eller om ytan tätare/glesare samt om överståndare/naturvård finns inom 15 m. Överståndare är kvarvarande träd från tidigare avverkat bestånd. Ej kvarvarande underväxt eller undertryckta träd från tidigare avverkat bestånd.
- Förekomst av kovall
- Förekomst av asp oavsett storlek
- Ta ett foto på provytan.
- Åtgärdsförslag: ingen åtgärd, röjning, gallring årtal.

Om en 3,99 provyta hamnar i avvikande (= naturvårdshänsyn, impediment eller skogsbilväg) skog så markeras ytan som avvikande och inga mätningar görs. Provyta som till del hamnar i avvikande flyttas in i nord-sydlig eller öst-västlig riktning så att ytterkanten på provytan är inom beståndsytan.

3.2 Skaderegistrering inom cirkeleprovytor

Viltskador

Mycket allvarlig viltskada registreras för barrträd över halva medelhöjden (bistammar) vid toppskottsbete, toppbrott eller barknag. Definitioner för dessa enligt ABIN.

Allvarlig viltskada registreras på provytan om >50 % av huvudstammarnas barr-/bladmassa är bedöms vara bortbetad på provytan. Samt bedöma barr-/bladmassa bortbetad på alla stammar i klasser: 0-25 %, 26-50 %, 51-75%, 76-100 %.

Swampskador

Swampskador registreras för barrträd över halva medelhöjden. Svampar som registreras är törskate, gremeniella, knäckesjuka, snöskytte och granrostsvamp (granrostsvamp registreras som ett samlingsnamn för rotsvampar på gran, tvk-svartamrost och granrost). Övriga svampar registreras som svamp övrig. I det fall ett barrträd är angripen av flera svamparter registreras bara en av dem enligt följande prioriteringsordning: 1) törskate, 2) gremeniella, 3) knäckesjuka, 4) snöskytte, 5) granrostsvamp. Törskate registrera i särskild fråga på beståndsnivå om ej det finns på provytanivå.

Övriga skador

Övriga skador registreras för varje barrträd över halva medelhöjden. Övriga skador är snöbrott, insekter, vind, frost, skoter och ren.

3.3 Definition av huvudstam

Huvudstammar är stammar av för växtplatsen lämpliga trädslag som med hänsyn till kvalitet och utvecklingsstadium har förutsättningar att utvecklas väl och därför är lämpliga att ingå i det framtida beståndet. (Även stammar utsatta för betydande konkurrens kan vara huvudstammar om man bedömer att de efter friställning kan utvecklas väl.)

3.3.1 Lämpliga trädslag

Huvudstammar kan endast vara av trädslag som med hänsyn till växtplatsens förutsättningar kan ge en tillfredsställande virkesproduktion. Bedömning av trädslag som kan vara huvudstammar görs med ledning av ståndortsfaktorer på den enskilda provytan enligt nedanstående tabell. (I varje cell i matrisen är trädslagen rangordnade utifrån produktionsaspekter för respektive kombination av å ena sidan bördighets- och markvegetationstyper och å andra sidan markfuktighetsklass.)

Andra trädslag än de som anges i tabellen kan anses lämpliga om de bedöms ge tillfredsställande virkesproduktion. Det gäller till exempel lärk och contorttall som bedöms som tall. Rönn, asp, al och sälg kan ej anges som huvudstam.

Bördighet	Markfuktighetsklass		
Markvegetationstyp	Torr	Frisk	Fuktig - Blöt
Mycket god Ingen liggr		Gran, tall, värtbjörk, asp, klibbar	Gran, tall, björk, asp, klibbar
God Gräsbjörk	Tall, gran	Gran, tall, värtbjörk, asp	Gran, tall, björk, asp, klibbar
Mellan god Blåbär	Tall, gran	Gran, tall, värtbjörk, asp	Gran, tall, björk, asp
Svag Låggr, klibbar, ljung	Tall, gran	Tall, gran, värtbjörk	Tall, gran, björk
Mycket svag Larvtyper	Tall	Tall	

3.3.2 Kvalitet

Nedanstående beskrivningar av kvalitetsfel är ett stöd för bedömningen om trädet är en gottagar huvudstam eller ej.

Barrstammar ska ha en genomgående stam och vara fria från sådana tekniska fel, skador och sjukdomar som bedöms väsentligt hämma deras utveckling. Observera att för lövstammar är det ofta otydligt om de har en genomgående stam eller ej. Särskilt björk kan dessutom låsa relativt hård betning utan att stammens kvalitet blir påverkad i väsentlig grad. Kraven på genomgående stam är därför inte tungande för björkstammar. Stubbskottsbjörk som uppfyller övriga kriterier för huvudstam kan räknas som huvudstam.

3.3.3 Skador och defekter

Stammen klassas inte som huvudstam om den har följande defekter över 0,3 meters höjd:

- Toppskottsbete/toppdöd och stambrott.
- Törskate eller Gremeniella finns på trädets.
- Träd med knäckesjuka, snöskytte och rotsvampar kan klassas som huvudstam om skadan inte bedöms som allvarig.
- Tydlig flerstammighet. Med tydlig flerstammighet avses två eller fler stammar som är lika stora och har sitt ursprung mer än två hela tillkäftssonger tillbaka. Med lika stora avses här att den mindre stammens längd och/eller diameter är minst två tredjedelar av den största stammens, mätt från den gemensamma fästpunkten.
- Barkskador/barknag på stammar över 1,3 meters höjd som omfattar mer än 20 procent av stammens omkrets.
- Stammen har en krök som avviker mer än 10 cm från stammens lodlinje räknat från gröningspunkten.

3.3.4 Allmänt hälsotillstånd hos trädet

Utöver de rena skadorna och defekterna så bör även trädets samlade hälsotillstånd vägas in i bedömningen om trädet når upp till huvudstamsstatus. En nedsatt vitalitet innebär ofta en risk för trädet att konkurreras ut eller att skadas ytterligare av sekundära skador.

Ett försvagat träd bör inte gottas som huvudstam i följande fall:

- Trädet är svårt skadat eller har sjukdomar, skador eller är stressat på annat sätt, så att det även vid en omedelbar bortröjning av konkurrerande träd inte bedöms kunna utvecklas till ett träd som i framtiden har sågtimmerkvalitet i rotstocken.
- Trädet har flera defekter och vitalitetsnedsättningar vilka var för sig inte är tillräckliga för att döma ut det men som sammantaget innebär att det inte bör gottas.

3.4 Bedömning av huvudstammar på provyta

På provytan räknas antalet huvudstammar som bedöms ingå i det framtida beståndsbildande skiktet. Alla huvudstammar vars stamcentrum faller inom provytan räknas. I tväksamma fall räknas varannan huvudstam. Barrträd väljs i första hand som huvudstammar, förutsatt att det inte är uppenbart att syftet är att odla lövskog. I flerskiktade bestånd väljs huvudstammarna normalt i det dominerande skiktet.

• Bedömning av vilka trädslag som är lämpliga görs med ledning av ståndortsfaktorer på den enskilda ytan, Tabell 1.

• Minsta avstånd mellan två huvudstammar får vara 0,6 m. Om två huvudstammar av samma trädslag står närmare varandra än två meter får inte höjdskillnaden vara mer än en meter.

• Huvudstammar av tall ska vara minst hälften så höga som medelhöjden av de två högsta barrhuvudstammarna. Vid mer än tre meter till närmaste huvudstam kan kortare stammar utses om de bedöms kunna ingå i det framtida beståndet.

• Huvudstammar av gran ska vara minst en tredjedel så höga som medelhöjden av de två högsta barrhuvudstammarna. Vid mer än tre meter till närmaste huvudstam kan kortare stammar utses om de bedöms kunna ingå i det framtida beståndet.

• För att både tallar och lövträd ska räknas som huvudstammar inom provytan ska tallarna vara högre än lövträden. Vid mer än tre meter till närmaste högre lövhuvudstam kan kortare tallhuvudstammar utses om de bedöms kunna ingå i det framtida beståndet.

3.5 Registrering av data

Inventeringen genomförs med hjälp av Survey123 och Iphone/iPad. Holmen tillhandahåller formulär som används vid datainsamlingen.

3.6 Tidpunkt för inventering

Inventeringen ska genomföras på snöfri mark under 2020, dvs under perioden maj-aug.

3.7 Inrapportering av data

Data rapporteras in automatiskt via Survey123.

4 Bilaga

4.1 Törskate

- Man kan missa att hitta törskate inom provvotr. Var noga med att kolla upp törskate om det finns döda grenar/del av gren. Lyft blicken. Se bilderna nedan (foto 1-2 Sveaskog, 3 Ellinor Lindmark SKS).



4.2 Huvudstammar i kraftigt älgbetade bestånd

Det är svårt att avgöra var gränsen går för godkänd huvudstam i dessa bestånd. Vi gör följande förtydligande till vår instruktion:

- Färskt toppskottsbyte (utan nya skott) är ingen huvudstam.
- Tidigare toppskottsbetade stammar där man kan se att kröken blir mindre än 10 cm, och trädet har 50% eller mer av barrmassan kvar, kan bedömas som huvudstam.

Nedan träd blir sålunda ingen huvudstam:



Om trädet ovan hade haft 50% eller mer av barrmassan kvar hade vi kunnat bedöma den som en huvudstam. (Foto Sveaskog)



I bilden ovan blir det högra trädet en huvudstam med Åbinskada (inget toppskottsbyte) och det vänstra trädet blir en biten pga toppskottsbyte. (Foto Sveaskog)



Trädet ovan har klarat toppskottsbyte/stambrott. Krök mindre än 10 cm. Bedöms som huvudstam med Åbinskada. Foto Holmen.

Huvudrubrik
Instruktion för inventering av ungskogar Holmen Skog
Dokumentansvarig
Peter Christoffersson

Datum
2020-05-28

HOLMEN



Trädet ovan har klarat kraftigt barknag. Skada nu mindre än 20% av omkrets. Bedöms som huvudstam med Åbinskada. Foto Holmen.