

Forside

Eksamensinformation

LSLS10063E - Bachelorprojekt (SLING) - ID:pfr494 (Jon Roth Burkal)

Besvarelsen afleveres af

Jon Roth Burkal
pfr494@alumni.ku.dk

Eksamensadministratorer

Eksamensteam, tel 35 33 64 57
eksamen@science.ku.dk

Bedømmere

Thomas Nord-Larsen
Eksaminator
tnl@ign.ku.dk
☎ +4535331758

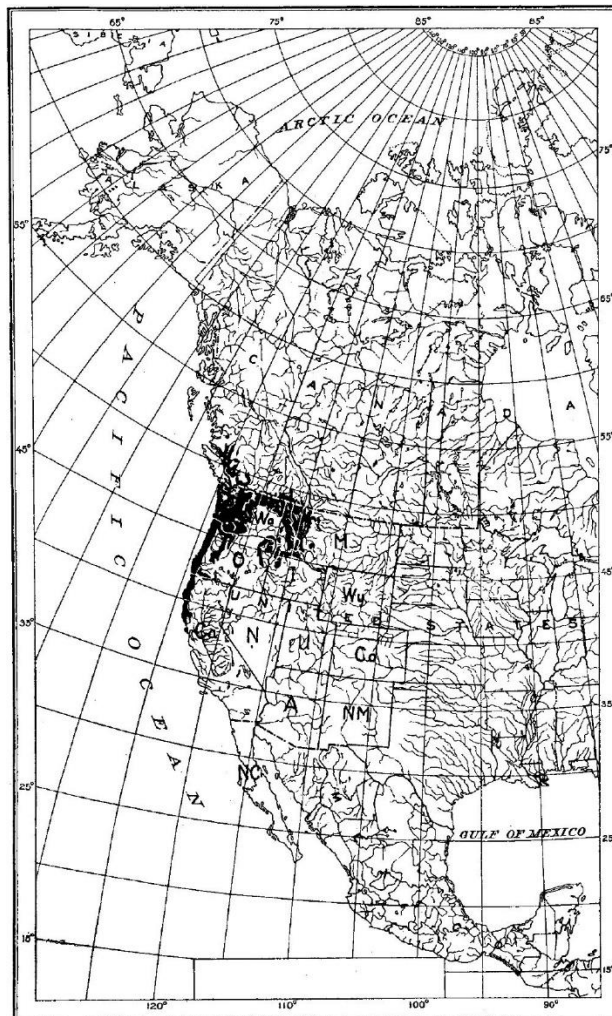
Verner Lauritsen
Censor
vl@Skovsoehusnatur.dk

Besvarelsesinformationer

Titel: Grandis som konstruktionstræ

Titel, engelsk: Abies grandis for the use of construction wood

Tro og love-erklæring: Ja



Grandis som konstruktionstræ

Abies grandis for the use of construction wood

Afsluttende bachelorprojekt

Forfatter: Jon Roth Burkal (PFR494)

Uddannelse: Skov- og Landskabsingeniør

Hold: 2022

Vejleder: Thomas Nord-Larsen, IGN

Afleveringsdato: 16-06-2022

Resumé

Det undersøges hvorvidt visuel styrkesortering, ved anvendelse af den fælles nordiske sorteringsstandard DS/INSTA 142, kan anvendes til styrkesortering af *Abies grandis*-planker. Plankerne er udvalgt i bevoksninger der repræsenterer en bred vifte af vækstbetingelser samt dyrkningspraksis, og der udføres omfattende registrering af data med henblik på at give svar på hvilken dyrkningspraksis der vil resultere i konstruktionseget tømmer. Der redegøres for relevant vedteknologisk teori for at belyse de mange faktorer der influerer på veddets styrkeegenskaber. For at forstå træets gang fra skoven til styrkesortering, gives indsigt i træets opskæring og forarbejdning inden den visuelle styrkesortering. Plankerne er visuel styrkesorteret, der er udført dataregistrering og databehandling, hvilket viser at plankerne er deklasseret på særligt fire krav. Disse er revner, vrid, dimensionstolerancer og enkeltknasters størrelse. De fundne resultater viser at *Abies grandis* kan visuelt styrkesorteres. Der gives anvisninger for træartens dyrkning, hvilket sammenholdt med relevant litteratur omhandlende vedteknologi, viser at *Abies grandis* er relevant i dansk skovdyrkning og at træet har potentiale til anvendelse som styrkesorteret konstruktionstræ.

Abstract

It is being investigated whether visual strength grading, by application of the joint Nordic sorting standard DS/INSTA 142, can be used for strength grading of *Abies grandis*-planks. The planks are selected from stands that represent a wide range of growing conditions as well as cultivation practices, and there is performed comprehensive data registration to give answers to which cultivation practice that will result in construction suitable timber. It is accounted for the relevant theory of technological properties of wood to explain the many factors influencing the strength properties of wood. To understand the journey of the wood from stand to strength grading, there is given insight to the cutting of the wood and further processing before the visual strength grading. The planks are visually strength graded, there has been performed data registration and data analysis, which shows that the planks are degraded by especially four requirements. These are checks, twist, dimension tolerances and the size of single knots. The found values show that *Abies grandis* can be visually graded. There is given instructions for the cultivation of the species, which together with relevant literature concerning technological properties of wood, shows that *Abies grandis* is relevant in the Danish forestry and that the wood has potential for application as strength graded construction wood.

Forord

Opgaven er skrevet som projektdeltager i forskningsprojektet ”Grandis som konstruktionstræ” under Københavns Universitet og Teknologisk Institut. Rapporten er en del af den omfattende dataindsamling og -behandling, som skal til for at afdække hvorvidt træ fra *Abies grandis* kan godkendes som konstruktionstræ i Danmark. Det udførte arbejde og det skriftlige produkt er en del af en proces, hvorfor rapporten afgrænses til hvad der for nuværende foreligger af data i projektet.


Opgaven er relevant for skovdyrkere der ønsker øget viden om de vedteknologiske faktorer der spiller ind i godkendelsen af træ til konstruktion og viden om hvordan en sådan proces foregår. Ligeledes kan den enkelte skovdyrker opnå viden om de dyrkningsovervejelser der ligger til grund for anbefalet dyrkning af *Abies grandis* og artens fordele, samt ulemper, set fra et vedteknologisk perspektiv.

Forskningsprojektet var i gang ved forfatters indtrædelse og fortsatte efter endt bacheloropgave. Opgaven ønskes at være et bidrag til det videre arbejde, hvor deltagende studerende kan opnå indsigt i projektet samt opnå en effektiv indtræden i forskningsprojektet ved forståelse af projektets arbejdsgang og metode.

Tak skal lyde til projektdeltagere fra Københavns Universitet samt Teknologisk Institut, og særligt til vejleder og projektdeltager seniorforsker Thomas Nord-Larsen (Skov, Natur og Biomasse) for kyndige råd i forbindelse med arbejdsprocessor og bacheloropgavens databehandling samt skriftlighed.

Underskrift

Skovskolen, Nødebo d. 16. juni 2022



Jon Roth Burkal

Indholdsfortegnelse

Resumé	1
Abstract	1
Forord	2
Indledning	5
Problemformulering	8
Afgrænsning	8
Træ til konstruktion	9
Træers vækst	9
Veddets styrkeegenskaber	9
Knaster	10
Årringe og deres bredde	11
Vind og gener	13
Fiberhældning og svind	13
Dyrkning af grandis og dens tilvækst	15
Hugstmåde	15
Nye idéer	18
Metode	18
Prøveflader i projektet	18
Træernes udvælgelse	20
Opskæring	21
Tørring og høvling	22
Visuel styrkesortering	22
Registrering af datasæt og databehandling	25
Konditionering	26
Yderlige undersøgelser	26
Litteraturstudie	26
Resultater	27
Knaststørrelser	29
Våd densitet	32
Fiberhældning	34
Fugtprocent	35
Variansanalyse af udvalgte værdier	36

Vrag	36
Andre resultater	36
Diskussion	37
Kan Grandis opfylde DS/INSTA 142 krav	37
Konklusion	43
Refleksion	44
Perspektivering	45
Litteraturliste	46
Bilag	48
Bilag 1 – Planker styrkesorteret som Ikke OK	48
Bilag 2 – Planker styrkesorteret som T0-T2	49
Bilag 3 – Bonitetsvise produktionsoversigter, <i>Abies grandis</i>, BON 1-3	50

Indledning

Planters liv og vækst på jorden er en forudsætning for næsten alt andet liv, idet planterne ved deres opbygning af organisk stof har en netto udledning af ilt (Wikipedia, 2022). Grønne planter danner organisk stof ved at udføre fotosyntese ved hjælp af vand fra jorden, kuldioxid fra luften samt lysenergi fra solens stråler. Vand føres gennem planten fra jorden til bladene, som opfanger solens stråler og udnytter solenergien til at omdanne vand til hhv. ilt samt kemisk energi i form af positivt ladet hydrogen. Den kemiske energi anvendes til at omdanne kuldioxid til glukose og vand. Ilten er for planten at betragte som restprodukt og frigives til atmosfæren. Glukosen derimod er træets byggesten og anvendes som energikilde i træets levende celler i forbindelse med vækst samt til oplagring i veddet i form af cellulose. Hermed lagrer grønne planter atmosfærens kuldioxid og frigive ilt.

Træer har, som alle andre planter, evnen til at optage kuldioxid og lagre det i veddet. Den vigtige forskel på træer og andre grønne planter er, at de er store og lever længe, og derfor opbygger et stort lager. Når samtidig dyrker træerne og udnytter dem, har vi ligeledes evnen til i mange år at tilbageholde den optagne mængde kuldioxid fra atmosfæren. Netop derfor et træer unikke og en vigtig brik i forhold til klimaet, og de store udfordringer vi står med anno 2022. Klimaudfordringen har medvirket til et nyt fokusområde i skovdriften og har de seneste år fået forskere til at beskæftige sig med træernes relative produktion. Nord-Larsen og Pretzsch (2017) har i dansk kontekst vist at *Abies grandis* er et træ, blandt andre relevante træarter, med stort klimapotential. Ved at dyrke arter med kraftig vækst, som samtidig kan anvendes til videre forarbejdning, vil det være muligt at løfte de danske skoves udtag og lagring af kuldioxid fra atmosfæren.

Abies grandis (herefter grandis) er fra 1850'erne plantet flere steder i Danmark, i arboreter, botaniske haver og parker. Først omkring 1880'erne plantedes de første træer i skovene ved Langesø, Linaa Vesterskov samt Søllestedgaard, og fra starten udviste arten en særdeles god vækstkraft (Holm, 1935). Op igennem det 20. århundrede gjordes erfaringer med træarten og der anlagdes både prøveflader, hugst- og proveniensforsøg. Der er gennem årene indsamlet empirisk viden og arten er som sådan velbeskrevet. Faktum er dog at arten ikke har den store arealmæssige betydning i det danske skovbrug. Ædelgranarter (ekskl. nordmannsgran (*Abies nordmanniana*) og nobilis (*Abies procera*)) udgør ifølge skovstatistikken 2,5% eller kun godt 15.500 ha af skovarealet i Danmark (Nord-Larsen et al., 2021), og det må formodes at ædelgran (*Abies alba*) udgør langt størstedelen. I Videnblad 3.2-25 omhandlende grandis og træartsvalg opgør Larsen (2012) skovarealet i Danmark med grandis til ”knap 1% af skovarealet svarende til godt 5000 ha.”. For de danske skove udgør grandis 1,4% af den samlede vedmasse, og står for en ressource af hugstmodent træ på 1 mio. m³ (Thybring, 2021).

Fokus på naturen og klimaet har for alvor taget fart de senere år, hvorfor skoven og dens træer er til meget debat. Skal den ligges urørt, skal den drives naturnært eller skal den driftes og anvendes som en ressource – et spørgsmål som har mange svar. Grandis har med sin kraftige vækst stort potentiale til at optage kuldioxid og det er vist at den er andre træarter overlegen. Nord-Larsen & Pretzsch (2017) har ved analyse af et stort dansk træartsforsøg, med data for 50 års vækst, vist at grandis er den træart i Danmark der producerer mest tørstof af de undersøgte træarter. Grandis kan dermed være en spiller i den klimakrise vi står overfor, idet træarten kan optage langt mere CO² pr. arealenhed, end tilfældet er for gennemsnittet af dansk skov. I Nordvestamerika, hvor træet stammer fra, anvendes grandis til papirfremstilling og en lang række anvendelser i



Fotografi 1: Vedmasserig grandisbevoksning. Afdeling 1315e, Bidstrup Skovene, Svenstrup. Kilde: Forfatter.

byggeriet (Tillisch, 1952). Træarten gror under disse favorable forhold, med meget nedbør året rundt og mildt stabilt klima, fortrinligt og når højder helt op til 80 meter (Møller, 1965). Grandis opnår i Danmark højder på op mod 50 m (Miljøstyrelsen, 2022) dog oftest i spændet mellem 30 og 40 meter (Møller & Staun, 2017). Vedmassetilvæksten er målt til årligt løbende tilvækst over 50 m³/ha (Larsen, 1997) og gennemsnitlig årlig tilvækst over 30 m³/ha over 55-årig omdrift på Svenstrup (tidligere Skjoldenæsholm) (Nord-Larsen & Jørgensen, 2019). På Fotografi 1 ses en 36-årig grandis bevoksning på Svenstrup Skovdistrikt med højde over 38 m, middeldiameter i brysthøjde på 37 cm, grundflade på 51 m² og stående vedmasse på 950 m³ pr. ha – alle imponerende værdier på den korte levetid. Fotografiet giver et klart indtryk af træartens vækstkraft og følgende mulighed for forøgelse af landet vedproduktion ved større anvendelse.

Selvom træarten har en høj tilvækst både i sit naturlige udbredelsesområde og herhjemme, og anvendes til forskellige bygningsmæssige formål i USA, så er anvendelsen i den danske træindustri i dag begrænset. I litteraturen betvivles ofte træets kvalitet (Henriksen, 1988), særligt stilles spørgsmålstegn ved anvendeligheden idet den kraftige vækst sættes lig med brede årringe og lav styrke, og det pointeres at afsætningen kan være besværlig. Både Tillisch (1952) og Dalgas (1975) har undersøgt grandis vedteknologiske egenskaber og konkluderer begge at veddet har temmelig ringe styrkeegenskaber særligt grundet ringe densitet. Dalgas (1975) konkluderer at grandis ”havde ca. 20% lavere styrkeegenskaber end rødgran, og at denne forskel hovedsageligt skyldtes forskellen i årringsbredde”. Grandis har altså qua

hurtigt vækst styrkemæssige udfordringer i form af brede årringe, hvilket overordnet giver veddet en lav densitet, og dernæst har Bergstedt & Larsen (1998) redegjort for at det særligt er veddets manglende stivhed der udfordrer træets konstruktionsmæssige kvalitetskrav. De konkluderer ligeledes at årringsbredden skal holdes under 3,2 mm for at opnå tilfredsstillende stivhed. Tilbage står spørgsmålet om disse udsagn er korrekte og om ikke grandis, ved den korrekte dyrkning og styrkesortering, vil kunne anvendes som konstruktionstræ og dermed afsættes, forarbejdes og anvendes i byggeriet på lige fod med de velkendte arter Rødgran (*Picea abies*) og Sitkagran (*Picea sitchensis*).

For at afprøve grandis styrkeegenskaber er der lavet dataindsamling, ved visuel styrkesortering af 15 cm gange 5 cm planker skåret af grandistømmer, fra træer udvalgt i geografisk spredte prøveflader. Dataindsamlingen som helhed foretages således at det, på sigt ud fra data omkring plankerne, kan konstateres om det tømmer der overholder kravet til godkendelse, stammer fra ungdoms- eller kerneved, og hvorvidt det godkendte tømmer kommer fra bundtræ m. falsk kerne, midten eller toppen af de udvalgte træer. Ved at kunne føre data tilbage til det enkelte træ, og deres placering samt indbyrdes konkurrenceforhold, er det målet med det samlede forskningsprojekt at kunne fastlægge hvilken social status træer med anvendeligt ved har i bevoksningerne, og dermed også hvilke træer der skal dyrkes med henblik på produktion af konstruktionseget tømmer.

Hovedproblemet består i, at grandis ikke er godkendt som konstruktionstræ i dag, hvilket begrænser træartens anvendelse og dermed også artens økonomi. Såfremt det lykkes at få godkendt grandis som konstruktionstræ er det muligt at øge Danmarks produktion af konstruktionstræ markant. Dette kan ske ved samme arealanvendelse, men også ved øget plantning af grandis i fremtiden, for at kunne øge tørstofproduktionen og dermed bindingen af kulstof. For at opnå størst mulig klimaeffekt er det et mål at anvende træet bedst muligt. Derfor er spørgsmålet om kvalitet, ligeledes et spørgsmål om hvilken anvendelse træet tiltænkes at have (Thybring, 2022). Nåletræarter har normalt en forventet gavnræsprocent omkring 50% (Danske Maskinstationer og Entreprenører, 2015), hvilket har stor betydning for den mulige substitutionseffekt, idet det savskårne træ anvendes til varige formål. Til forskel anvendes restproduktet, som oftest er flis, til bæredygtig energi. Det er træets anvendelse til varige formål der sikrer træets holdbarhed og dermed kulstofbindingen over tid. Den bæredygtige ressource som konstruktionstræ af grandis vil bidrage med, til den grønne omstilling, vil være et positivt klimaaftryk. Træets øgede anvendelse i byggesektoren, f.eks. til træ i bærende konstruktioner, er et skridt fremad i den grønne omstilling da byggesektoren i Danmark udleder mindst 20% af Danmarks samlede CO²-udledning (Innovationsfonden, 2020). En afsætning til tømmer vil ligeledes kunne øge træets værdi og dermed være en økonomisk gevinst for produktionsskovbruget.

Problemformulering

Kan grandis på baggrund af en visuel styrkesortering anvendes som konstruktionstræ ved overholdelse af den fælles nordiske sorteringsstandard DS/INSTA 142 for konstruktionstræ og hvilken dyrkningsmodel bør anlægges for at øge kvaliteten af grandistømmer i forhold til kravene for visuel styrkesortering jævnfør DS/INSTA 142?

Afgrænsning

Opgaven omhandler overordnet ikke proveniens og genetik, men behandler vækstbetingelser og skovdyrkning med henblik på konstruktionsegnet tømmer.

Ved den visuelle styrkesortering af planker var det ikke muligt, grundet tilstanden af plankernes endeflader, at måle årringsbredde, hvorfor dette krav udelades i min vurdering af plankernes egnethed som konstruktionstræ ved visuel styrkesortering efter DS/INSTA 142. Målingen af årringsbredder vil blive udfærdiget af kommende projektdeltagere i forbindelse med 4-punktsbøjning af plankerne for yderligere undersøgelser og datasæt.

Jeg udelader ligeledes at kommentere på plankerne bøjebudstyrke, elasticitetsmodul samt faktiske tørre densitet, idet disse værdier ikke forligger ved fristen for aflevering af nærværende opgave. Disse værdier er vigtige styrkekrav for konstruktionstræ.

Forskningsprojektet omfatter prøveflader i hele landet. Batch nr. 1 er fra fem bevoksninger i Jylland og batch nr. 2 er fra én bevoksning i Jylland samt fire fra Sjælland. Nærværende projekt omfatter udelukkende planker fra batch nr. 1. Opgaven afgrænses til behandling af det foreliggende datasæt pr. 2. juni 2022.

Træ til konstruktion

For at kunne anvende savskåret træ til konstruktion, skal det beregnes at konstruktionerne er sikre og har styrken til at bære f.eks. et tag. Denne proces starter med at træet skæres i standardiserede dimensioner som skal overholde krav for styrke, hvilket dermed sikrer at ingeniører og andre med det bygemæssige ansvar, har vished for at konstruktionens beregninger holder. For at ensarte kvalitetssikringen er der lavet mange standarder både indenfor EU, de nordiske lande og danske standarder. Tømmer til konstruktion skal i Danmark overholde de nordiske regler for visuel styrkesortering af konstruktionstræ kaldet DS/INSTA 142 (herefter DS). At den er navngivet DS/INSTA betyder at den nordiske standard dermed også har status som dansk standard (Dansk Standard, 2009). DS beskriver krav til fejl der kan reducere træets styrke og klasserer derved træet i sorteringsklasserne T0, T1, T2 samt T3. T0 er laveste og T3 højeste sorteringsklasse.

Når styrkesortering er nødvendig, er det fordi de svageste emner er de bestemmende for konstruktionstræets dimensioner ved ingeniørmæssige beregninger, qua den sikkerhedsfaktor man til enhver tid vil indregne (Thomassen, 1995). Sorteringskravet opstår når vi på savværket tildanner emner af firkåret træ ud fra en rund stamme. Hermed tages veddet ud af træets naturlige helhed, fordi vi ønsker at anvende det som et ensartet produkt, hvilket det ikke er. Ved frasortering af de ringeste emner og sortering til egnet anvendelsesområde opnås en højere anvendelsesprocent, ensartethed i produktet i de enkelte styrkesorteringsklasser højnes og styrken sikres jævnfør gældende krav, således at træemnerne bruges der hvor de gør størst gavn.

Træers vækst

Veddets styrkeegenskaber

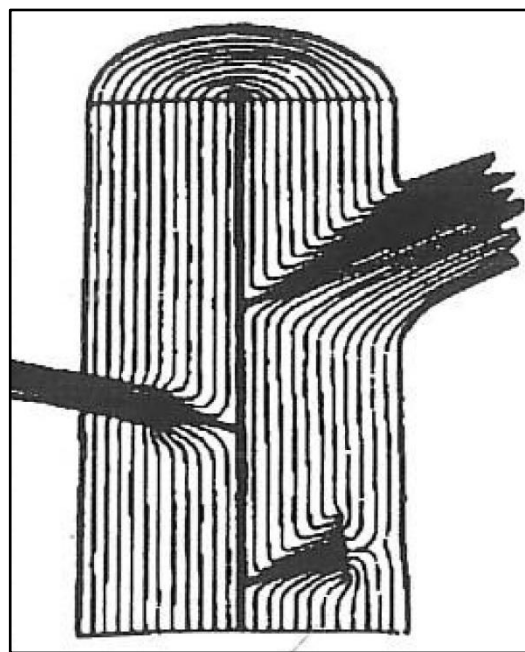
Blandt industriens forskellige råmaterialer er træ det materiale, der har de mest varierede og særegne egenskaber (Thomassen, 1995). Træ kommer i mange arter med vidt forskellige egenskaber. Træerne vokser med henblik på at opnå overlegenhed i konkurrence med andre træer, hvilket gør at måden de vokser på ikke altid harmonerer med den senere ønskede anvendelse. Stammen er rund, hvilket er en stor fordel styrkemæssigt i naturen, hvor træet skal bære store kroner med stor vægt, men på savværket ville de være dejligt med firkantet træ. Sådan er virkeligheden dog ikke.

Når træ til trods er et vigtigt materiale, er det fordi styrken i forhold til vægten er højere end de fleste andre materialer (Thomassen, 1995), hvilket også understreges ved at træ er blevet anvendt til mange formål, i meget lang tid over hele kloden. Måden hvorpå træ gror og opbygges af cellernes, og dermed fibrenes længderetning, giver en høj trækstyrke. Thomassen (1995) forklarer at sættes trækstyrken i forhold til materialets vægt, så er der næppe noget materiale, der er stærkere end træ. Hermed menes at

træ i længderetningen har overtruffen styrke, men det skal samtidig pointes at træ ikke er særligt stærkt hvis man trækker på tværs af fiberhældningen. Træ har ligeledes sine begrænsninger i form af bæreevne, altså hvor meget et emne kan belastes inden det knækker, samt stivhed, udtrykt ved hvor meget et emne bøjer ved en given belastning, og netop derfor skal træ sorteres og styrkeklasseres så beregninger af konstruktioner er sikre. Træ er et yndet materiale på grund af dets nemme forarbejdning, men det er ligeledes på sin plads at belyse materialets begrænsninger, da træemner som beskrevet er meget varierede. De væsentligste årsager til, at træets styrke i praksis er forskellig, er densiteten, fugtindholdet, fiberhældning, belastningstid samt uregelmæssigheder (Thomassen, 1995). En forenklet forklaring er at øget densitet giver øget styrke, lavt fugtindhold giver øget styrke, at fiberhældningen er meget vigtig idet styrken aftager voldsomt med stigende vinkel mellem belastningens retning og træets fiberhældning, belastningstiden har indflydelse idet langtidsstyrken er ca. 60% af maksbelastningen i kort tid samt at alle uregelmæssigheder påvirker styrken negativt. Netop disse uregelmæssigheder er en stor del af de krav der stilles ved den visuelle styrkesortering i DS.

Knaster

Træer søger at udnytte de tilgængelige ressourcer, såsom vand, næringssalte og sollys, optimalt. Derfor vil et træ opbygge sin rod, stamme og krone i takt med at det gror, og det vil til stadighed forsøge at opnå de bedste vilkår. Derfor forsøger træer at opnå en fordel frem for deres naboer, f.eks. ved højdevækst samt at brede sine grene og nåle med henblik på at få mest muligt sollys. Netop plads til rådighed er af stor vigtighed fordi det bestemmer hvor groft træet bliver i dets vækst. Et solitært træ vil have en dyb og bred krone på en kort stamme, hvorimod et træ med naboer i sluttet bevoksning, vil være tvunget til at sætte en høj stamme for at bringe den smallere krone op i lyst. Dette bevirker at sidegrene på stammen skygges væk i konkurrencen med grene fra nabotræer, hvorfor væksten



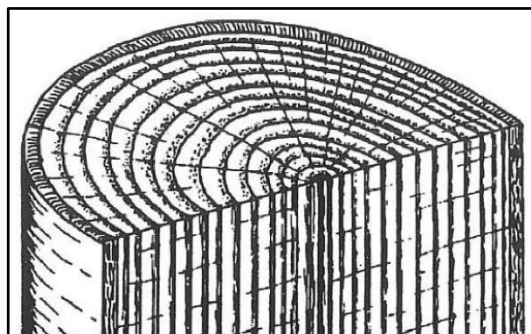
Figur 1: Knasters udseende og indvirkning i træet.
Kilde: c.f. Thomassen (1995)

koncentreres i toppen af træet. Netop sidegrenes størrelse har styr betydning for træets anvendelse og styrke, idet fiberforløbet omkring grenenes vækstpunkter, som bliver til knaster ved savskåret træ, er irregulært. Som det ses af Figur 1 skaber knasterne afvigelser i årringenes og træfibrenes forløb, hvormed styrken nedsættes. Den mørke farve er et udtryk for tætliggende årringe i knasterne, som viser hvordan knasternes ved er anderledes hårdt set i forhold til det omkringliggende knastfrie ved. Det ses ligeledes

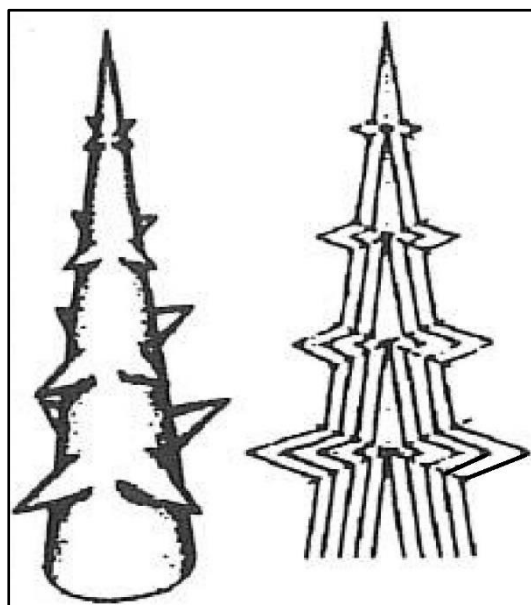
nederst på figuren hvordan træet overgror en død og afbrækket gren, i modsætning til de to levende grene øverst i figuren. Skovdyrkningen stiler efter finkvistethed, dvs. træer med små sidegrene og dermed små knaster, på træets stammer, for at hæve udnyttelsesgraden og hermed den pris hvormed dyrkeren kan omsætte træet. For at forstå udfordringen må grenenes vækst uddybes nærmere. Når sidegrenene gror, sker det fra grenenes vækstpunkt nær marven og udad i en kegleform, se Figur 1. Dvs. jo længere tid grenen er levende, med svarende tilvækst, jo bredere vil grene blive og dens knastkegle i stammeveddet ligeså. En stor gren skaber altså en stor knast. Knasternes vigtigste betydning er en ændring i træets fiberforløb, idet ”det er især fiberforløbet omkring en knast og ikke selve knasten, som virker styrkereducerende” (Thomassen, 1995), hvilket kommer til udtryk ved nedklassering når der laves visuel styrkesortering efter DS. En billedlig forklaring gives af Moltesen (1972) der forklarer at en knast nedsætter styrken mere end et boret hul af samme diameter, fordi fiberforløbet udenom en knast er irregulært.

Årringe og deres bredde

Når træet gror, sker det ved årlige ringe hvor det dannede ved, lægges omkring det eksisterende ved, under træets bark. Først på sæsonen dannes vårved, der er kendetegnet ved lav densitet, og senere høstved som har højere densitet og et mørkere udtryk. På Figur 2 ses hvordan træet år efter år danner ved under barken og uden på sidste år vækst. Inderst ses marven, altså træets centrum. Over år, og med forskellige vækstkraft årene og træerne imellem, bliver stammen, roden og kronens grene kraftigere. Som det ses på Figur 3 ligger årets vækst som en kegleform uden på tidligere års vækst, hvormed træets højde og diameter øges. Vækstpunktet er i toppen af et træ og udad, ikke i bunden nær roden som det gør jeg gældende for eksempel græsser. For at forklare de vækstmæssige forskelle mellem forstligt dyrkede træer og f.eks. solitære henledes opmærksomheden på træets anlæg for vækst ud fra dets budte vilkår. Når et solitært træ skal afsætte sit ved sker det med hensyntagen til f.eks. videns påvirkning og da alle træets blade og grene får tilstrækkeligt lys vil de alle leve videre. Modsat vil forstligt dyrkede træer over årene oprenses, dvs. sidegrene dør og efter år falder disse af, idet kroen og bevoksningens



Figur 2: Radialt- og vertikalt snit af stamme, hvor årringene tydeligt træder frem. Marv ses inderst og barken yderst. Kilde: c.f. Thomassen (1995)



Figur 3: Træets vækst i fuld højde, udenpå foregående års vækst. Kilde: c.f. Thomassen (1995)

kroneetage rejses med højdevæksten. Stammen gøres stærkere for at bære kronen ved at der tillægges diametervækst, det ved som skovdyrkeren ønsker at høste. Et enkelt, men relevant faktum, er at træer med store kroner og dermed et stort produktionsapparat vil vokse hurtigere, end et klemt træ med begrænset kroneplads og deraf følgende mindre produktionsapparat. Denne effekt udnytter skovdyrkeren når der tages stilling til hugstintensitet for at opnå veddets ønskede kvalitet i form af finkvistethed, høj bul, og ensartede årringe. Da netop hugst og tykkelsen af årringsbredden hænger sammen, må denne tilpasses træets kår og dyrkerens ønske om diametertilvækst.

Ungdomsveddet er de inderste årringe og dermed træernes vækst i de første år. Dette ved har andre vedteknologiske egenskaber sammenlignet med voksenalveddet og evt. kerneved. Ungdomsveddet kendetegnes ved et større længdesvind, generelt lavere styrke og mindre holdbarhed (Teknologisk Institut, 2022). I 1994 lavede Sørensen & Jørgensen et projekt hvor de undersøgte densitetsniveauer, herunder ungdomsveddets, i udvalgte nåletræarter. Her fandt de at der ikke var forskel i densitetsniveauet for ungdomsved og voksenalved i grandis, modsat rødgran og særligt sitkagran som viste øget densitet i ungdomsveddet. Når det for grandis må være et opmærksomhedspunkt, er det fordi artens kraftige vækst giver brede årringe, særligt i ungdommen, hvor træerne ikke er sluttet tæt i kulturen. Deraf følger et lavt densitetsniveau i ungdomsveddet og derfor må det forventes at være et mere udtalt problem sammenlignet med andre nåletræarter (Sørensen & Jørgensen, 1995). For at hindrer et uacceptabelt lavt densitetsniveau kan man anlægge kulturen med et højt plantetal for derved at slutte en bevoksning hurtigere og give mindre vokseplads pr. træ, mens træerne er unge.

Bonitet er et forstligt udtryk der beskriver en træarts højdetilvækst, og dermed jf. Eichhorns vækstlov træernes totaltilvækst, på en given lokalitet, på baggrund af lokalitetens vækstbetingelser. Vækstbetingelserne er jordens næringsindhold, nedbørsmængden, arealets vindpåvirkning og mange andre faktorer som indvirker på træernes vækst. Boniteten er vigtig fordi den ligesom træernes indbyrdes afstand, eller mangel på samme, i højeste grad definerer hvor stor vækstkraft træarten har på det pågældende sted. Stor vækstkraft vil resultere i hurtigt voksende træer, med de udfordringer det bringer, hvilket stiller krav til dyrkningen – særligt med henblik på kvaliteten. Boniteten har betydning for træets kvalitet idet træarter med kraftig vækst som grandis, naturligt vil gro meget og heraf sætte store årringe.

Densiteten i træets ved har stor betydning for træets anvendelse, idet den er bestemmende for styrken og dermed en meget vigtig kvalitetsfaktor for konstruktionstræ (Moltesen, 1972). Det er således at hurtigvokset gran generelt har en lavere styrke fordi bredde årringe i højere grad består af vårved, som er lettere og mindre stærkt, hvorimod en smal årring relativt består af mere høstved og dermed har større styrke. Derfor kan det siges at smalinget nåletræ principielt har bedre styrkeegenskaber end bredringet

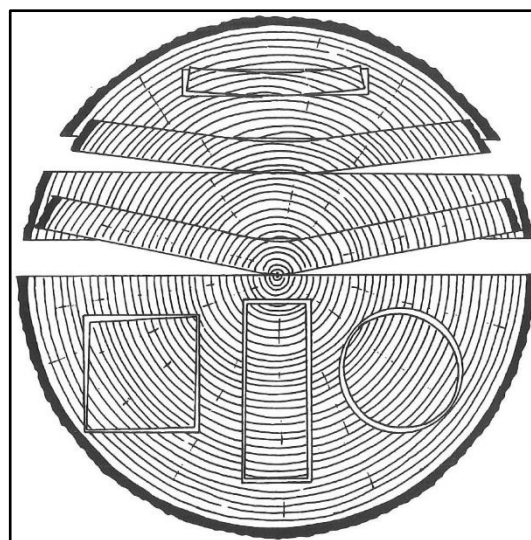
(Thomassen, 1995). Da styrken er nogenlunde proportional med træets densitet (Teknologisk Institut, 2021) kan træets kvalitet med henblik på konstruktionstræ vurderes på årringsbredden. Som beskrevet ovenfor har årringsbredden at gøre med den enkelte træarts genetisk tilvækstpotentiale og træets vækstvilkår, bonitet, som igen er medvirkende til knaststørrelsen og dermed hænger dyrkning af træerne og øget kvalitet sammen.

Vind og gener

Når træet gror, vil det påvirkes af mange faktorer, hvoraf de vigtigste i forhold til tømmerets kvalitet er vindpåvirkning og træets gener angående form. Vinden forårsager reaktionsved i stammen, som nedsætter veddets styrke samt resulterer i øget krumning og vrid i forbindelse med træets senere anvendelse. Vinden kan ligeledes trykke særligt unge nåletræer skæve, således at de ved fortsat vækst får basalsvag. Træerne reagerer ved at danne reaktionsved når de er trykket skæve, gror på skrånende terræn, ved udsættelse for snetryk osv., hvorfor disse faktorer er styrkenedsættende. Træer har i forskellig grad anlæg for snoet vækst, større eller mindre grad af apikal dominans samt anlæg for højere eller lavere grad af rethed i stammen. Nåletræer har generelt udpræget vertikal vækst, i forhold til for eksempel løvtræer, men der er variationer, sådan som der er for retheden af stammen. Rødgran er som art meget ret i dets vækst, hvorfor den oftest anvendes som sammenligningsgrundlag for andre nåletræerarter. Snoet vækst og ringe rethed vil ligeledes resultere i krumning og vrid ved forarbejdning, hvorfor der i skovdyrkingen tyndes for at fjerne disse kvalitetsnedsættende parametre.

Fiberhældning og svind

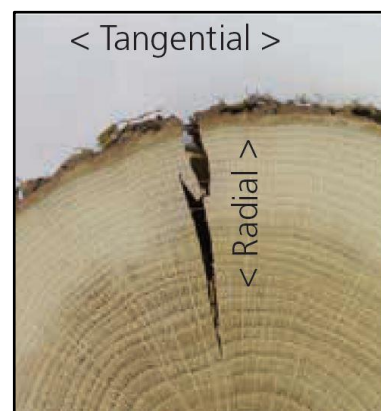
Som redegjort for tidligere ønsker vi, særligt til konstruktion, savskårne emner som ofte er rektangulære. Af Figur 4 ses det hvordan firskårne træemner svinder efter opskæring. At man som konstruktør har brug for firskåren tømmer, konflikter med at de fleste træer er mere eller mindre snoede (Thomassen, 1995), hvilket bevirker at fibrene i veddet hælder i forhold til træets længdeakse, hvorfor skårne emner skæres over fibrenes retning. Fibrene vil ofte forløbe skrueformet, fordi det giver træerne øget styrke når de skal modstå vind og andre udefrakommende påvirkninger. I ungdommen er det typisk at snoningen forløber venstre om (med solen) for derefter i en årrække at være ret og senere at dreje modsat mod højre. Thomassen



Figur 4: Illustrations af savskårne emner og deres respektive svind. Øverst ses en planskåret planke som er den mest typiske i datasættet. Kilde: c.f. Thomassen (1995).

(1995) beskriver at man udnytter denne viden til at save tømmer i dimensionerne mellem 100 mm * 100 mm til 125 mm * 125 mm, hvormed man skærer træet over de retvoksede fibre. De fleste andre savskårne produkter, såsom plankerne i dette projekt, som ikke er skåret centreret i stammen vil naturligt vride sig. Snoning og fiberhældning ses med øjet lettest ved de radiære revner som opstår ved træets tørring (Dansk Standard, 2009). Sker der ikke revnedannelse kan det være svært at iagttage. For at forstå fiberhældningens konsekvenser for konstruktionstræet og hvorfor registrering er en del af styrkesorteringen, giver Thomassen (1995) et eksempel der siger at hvis trækspændingen på et retfibret emne er 100% så vil et emne med 90 graders fiberhældning have en styrke svarende til 5%! Ved 15% fiberhældning nedsættes styrken, i forhold til det retvinklede emne, med 25%. Dette ses i styrkekravene i DS, hvor T1, som er den laveste godkendte konstruktionsklasse, maksimalt må have en fiberhældning på 1/6 (Dansk Standard, 2009) svarende til 16,7%. Herefter er træet uegnet til konstruktionstræ.

Når træ tørre svinder ved det idet cellerne afgiver vand til omgivelserne. Svindet opstår når det frie vand i veddets celler er fordampet, hvilket indtræffer ved 28% relativ fugtighed, kaldet fiberætningspunktet. Herefter svinder et træemne, f.eks. en planke, når fugtprocenten nedbringes, ”hvor svindet er nogenlunde proportionalt med tabet af vand under fiberætningspunktet” (Thomassen, 1995). Dvs. at plankerne svinder 1/28 del i dimension pr. 1% fugt denne afgiver. Træ svinder i tre retninger: tangentialt langs årringene, altså cirkulært svind, radiale gående udefra og ind og i træets længdeakse (aksialt) dvs. langs fibre. Svindet er i procent er dobbelt så stort tangentialt som radiale og

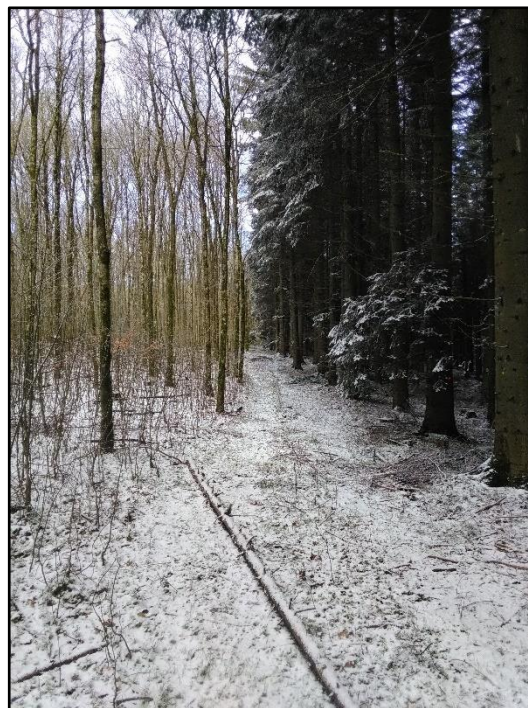


Figur 5: Flæk er opstået da det tangentialt svind er større end det radiale. Kilde: c.f. Bergstedt (2016)

ca. ti gange så stort radiale som aksialt (Thomassen, 1995), hvilket gør det tangentialt svind det langt mest betydende, hvilket ses på Figur 5. Thomassen (1995) forklarer videre at svindet i forskellige retninger og med forskellig intensitet, og ofte hurtige tørring på overfladen end i træets midte, gør at træet revner og deformeres. Disse skader ses tit som flæk i hele stammer og/eller som mindre revner i savskårne træemner. Træarter med en lav densitet, har ofte større forskel mellem tangentialt og radiale svind end tunge træarter (Thomassen, 1995), hvilket udfordrer grandis der generelt producerer ved af lav densitet qua artens kraftige vækst.

Dyrkning af grandis og dens tilvækst

Som beskrevet tidligere har grandis historisk ikke vundet arealmæssigt indpas i dansk skovbrug. Umiddelbart vil en stor tilvækst, som grandis besidder, tiltale skovdyrkeren alene fordi stor produktion i nogen grad opvejer kvalitet i et økonomisk henseende. Meget vedmasse til en lavere pris, kan i mange tilfælde give samme økonomi eller bedre, end lavere solgt vedmasse af høj kvalitet til højere pris. Denne afvejning er et tilbagevendende fokus i skovbruget. Se Fotografi 2 hvor vækstkraften mellem hurtigt voksende grandis står op af langsomt voksende eg (*Quercus robur*) – grandisbevoksningen, 1315e som også er vist tidligere på Fotografi 1, er næsten klar til afdrift, modsat egen som kun er ¼ igennem bevoksningens forventede levetid. Hvad vigtigere er det faktum at skovbruget må anses for at være konservativt, og da skovdyrkerne planter kulturer som i det fleste tilfælde skal høstes længe efter egen pension, arbejder man ofte med dyrknings- og afsætningsmæssigt sikre arter. Der har været flere ildsjæle og distrikter som har indført træer, både af personlig interesse og med økonomisk skovbrugsmæssigt øjemed, f.eks. Langesø Skovdistrikt, som hentede mange vestamerikanske arten hjem fra 1880'erne og frem (Holm, 1935). F.eks. også sitkagran som har vundet stort indpas i Danmark da den er salttolerant, og derfor har været anvendt i klitskovbruget, og fordi den har mange vedteknologiske ligheder med rødgran. Man iagttagte tidligt grandis store vækstkraft og blev ved hjælp af målinger også bekræftet i dens store tilvækst. Herfra lavede man plantninger op gennem 1900-tallet og i 1979 og 1980 anlagdes proveniensforsøg samt i 1983 prøveflader i en bevoksning på Løvenholm Skovdistrikt plantet i 1965. Dyrkningsmæssigt talte man allerede tidligt i 1900-tallet for stærk og hyppig hugst for at udnytte grandis vækstkraft (Holm, 1935) hvilket senere i 1952 bekræftes af Tillisch (1952). Undersøgelser udført af Holm (1935) viser at grandis, til forskel fra andre arter, har en særdeles stor diameterspredning. Det er altså i høj grad muligt selv at vælge om man vil have vækstkraftige træer, eller om man ønsker at bedre kvaliteten ved at tage de grove hurtigst voksende træer ud, i et tidligt stadie.



Fotografi 2: Tydelig forskel i vækstkraft på eg (*Quercus robur*) og grandis (*Abies grandis*). Begge bevoksninger er 36 år fra anlæg, rejst på agerjord. Kilde: E. Thybring.

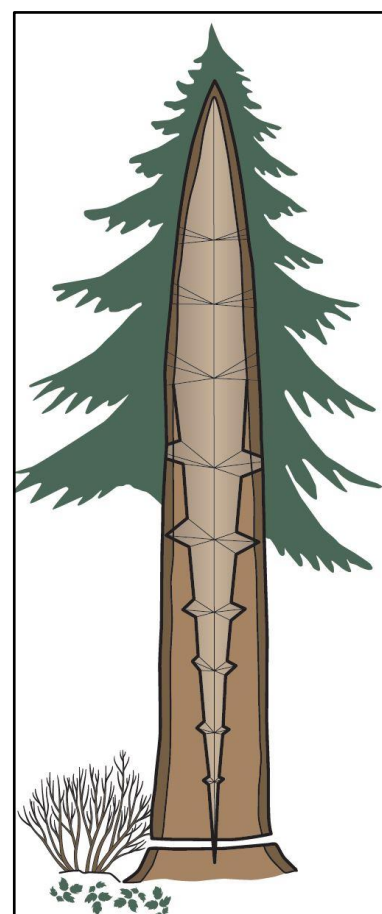
Hugstmåde

For at opnå indflydelse på træernes kvalitet og den længde hvormed en trægeneration gror sig hugstmoden, arbejder man i det aktive skovbrug med tyndinger. Træernes højdevækst er groft sagt

uafhængig af tynding, hvorimod træernes tykkelse er hugstafhængig idet træer ved tynding for mere groplads (Henriksen, 1988). Skovdyrkeren vil ud fra højdebonitering og økonomiske overvejelser planlægge bevoksningernes pleje og herved indvirke på dyrkningsrisiko og -økonomi.

I skovbruget bruges benævnelserne hugst fra toppen, fra oven, fra neden og hugst fra bunden. De fire begreber dækker over henholdsvis konsekvent tynding af bevoksningens højeste træer, til den højeste del af bevoksningen, til tynding fra den nederste del af bevoksningen, og til sidst konsekvent af bevoksningens laveste og mindst vækstkraftige træer. De mest anvendte måder er hugst fra oven og fra neden, ment sådan at man her samtidig tager stor højde for træernes indbydes placering og kvalitet, hvor top og bund alene forholder sig til vækstkraft, særligt højden.

I Danmark anvendes ofte hugst fra neden (Bergstedt, 2016) da en sådan hugst vil løfte den gennemsnitlige diameter i bevoksningen ved hvert indgreb. Og da diameteren ofte er den bestemmende faktor for hvornår træ er afdriftsmodent, altså klar til at blive fældet og anvendt, vil man hurtigere nå målet og dermed have en kortere tilbagebetalingstid og tidligere kunne udføre økonomisk realisering. Hugst fra oven derimod stiler efter at tage de grove og vækstkraftige træer ud, kaldet krukker, med henblik på at højne særligt kvaliteten, samt at samle diameterspændet. Dog forlænges omdriften ved denne behandling, da middeldiameteren falder ved hvert indgreb. Et samlet diameterspænd skaber en mere homogen og ensartet bevoksning, der er nem at administrere ved dyrkningstiltag, og det giver skovdyrkeren en stor vedmasse i ensartede produkter ved afdrift af den modne bevoksning. Da oparbejdningssomkostningerne er snævert forbundet med diameteren og dermed massen i enkeltræet, vil økonomien i særligt de tidlige tyndinger være højere ved hugst fra toppen, end ved hugst fra neden. Et andet argument for hugst fra toppen i vækstkraftige nåletræer, er at dæmpe den årlige diameter-tilvækst, altså årringsbredden, hvilket er vigtigt når man ønsker at dyrke konstruktionsegnet tømmer. På Figur 6 ses hvordan knastkeglen i et almindeligt dyrket nåletræ fordeler sig i stammen. Kvalitetstømmeret befinder sig i bunden og er det knastfrie ved som er dannet uden på ungdomsveddet. Dette knastfrie ved kan fremelskes og knastkeglen begrænses ved aktiv dyrkning. Som



Figur 6: Illustration af et almindeligt dyrket træes knastkegles udformning. Kilde: c.f. Bergstedt (2016) efter K. Suadicani.

belyst tidligere er der forenklet en korrelation mellem smal årringsbredde, densitet og styrke i nåletræ, dog med træartsspecifikke variationer.

Når man anskuer dyrkningen af grandis i et historisk perspektiv, er der et par tonegivende nedslagspunkter. Henriksen (1988) begynder i 1953 at eksperimentere med D-B hugst i nåletræ, særligt rødgran, med det formål at skabe tidlige indgreb med salgbare produkter, såsom stager og små lægter til høststativer og andre dengang anvendelige små dimensionerede effekter, og for at stille bevoksningen tidligt på afstand. Afstanden skulle gøre træerne stabile i vinden, en virkning han dog også selv er tvivlsom på effekten af, samt at de tilbageværende træer skulle opnå diametre store nok til egentlig tømmerproduktion. Denne måde at tynde granbevoksninger på, har inspireret samtiden og særligt stormen i 1967 fik mange til at tage stormfaldsrisikoen med i deres dyrkningsmæssige betragtninger. Denne form for stærk hugst fordrer ikke en kvalitativ udvikling i grandis. Dernæst havde man i 1960 og frem en høj rente der fik skovbruget, anført af skovbrugsprofessor Howard Grøn, til at favorisere gran og korte omdrifter. Igen en hugstform der har udnyttet grandis vækstpotentiale, men ikke kvalitet i forhold til konstruktionstræ. Møller (1965) taler for lavt plantetal på små 2500 stk./ha grundet artens kraftige ungdomsvækst og evne til at slutte kulturen hurtigt. Når man planter på stor afstand, har enkeltræet som omtalt plads omkring sig, og når derfor senere slutning i bevoksning end ved et højt plantetal, med grovere grene og vigende kvalitet til følge. Et højt plantetal ved en art der har en naturligt kraftig udskillelse på diameteren, kaldet uddifferentiering, afhjælper ikke nødvendigvis udfordringen (Madsen & Lomholt, 2013), men det er klart at de vækstkræftige træer får endnu mere overtag hvis man anlægger med et lavt stamtal, ved kulturanlæg. I senere litteratur har Bergstedt & Larsen (1998) angivet at man skal starte med et plantetal over 3000 stk./ha for at opnå den nødvendige kvalitet for konstruktionstømmer. Henriksen (1988) pointerer at den kraftige vækst kan tale for svag tynding med henblik på smalle årringe, men påpeger samtidig at det er svært at styre grundet uddifferentieringen.

Sidst i 1960 skriver Brüel ”Nogle træarters ydeevne på Frijsenborg” og belyser, i tre artikler i Dansk Skovforenings Tidsskrift (DST) i 1969, 1970 og 1972, grandis og andre træarters vækstmæssige og økonomiske potentiale. Artiklerne går igen i meget litteratur og har angiveligt været medvirkende til at flere dyrkere begyndte at interessere sig for arten. Blandt denne litteratur er lektor Dalgas afhandling fra 1974, og følgende artikel i DST fra 1975, hvor han undersøger vedkvalitetsegenskaber af grandis sammenlignet med rødgran, hos Brüel på Frijsenborg skovdistrikt. Det skal her bemærkes at Brüel som de fleste har først en relativt stærk distriktshugst (Bergstedt & Larsen, 1998) hvilket må antages at have været gængs praksis i den sidste halvdel af det 20. århundrede. Hertil kommer at man i perioden også begyndte, qua den større favorisering af gran, at observere såkaldt ”øsyge” hvor særligt rødgran og

sitkagran tabte tilvækst og fik dårlig sundhedstilstand omkring år 45 (Henriksen, 1988). Her forsøgte man sig med blandt andet thuja (*Thuja plicata*), som gik af ”mode” grundet angreb af thujaens skivesvamp (*Didymascella thujina*), og grandis (Lauridsen, 2022), som nu stod på de mere tørre og lerholdige jorde som erstatning for de førnævnte. Hugstplejen af disse bevoksninger har også været en relativt stærk hugst, da man ønskede at holde en kort omdrift, men stadig en brugbar diameter ved afdrift, og et ønske om at bevoksningerne ikke skulle nå at gå i stå. Man har formentlig ikke i samme grad som i dag har været bevist om grandis’ store amplitude og gode sundhed på tværs af jordbunds- og dræningsforhold (Larsen, 2012).

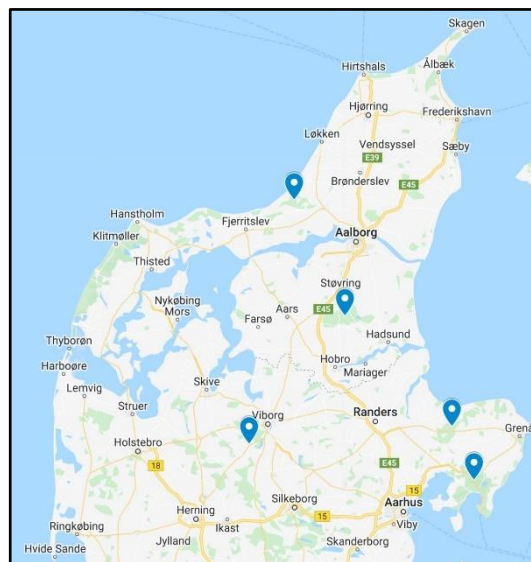
Nye idéer

I 2013 har Esben Møller Madsen og Anders Lomholt ytret deres bud på en hugstbehandling der skal løfte økonomien i tyndingerne og kvaliteten af grandis med henblik på konstruktionstræ. Særligt spændende er det at de har givet en grafisk belysning af hvordan de med deres hugstplan har tilrettelagt tyndingsindgrebene sådan at bevoksningens diameterspænd er samlet, og en ensartet vare står tilbage ved afdrift. De to forfattere siger, at opmærksomheden bør rettes mod krukkerne (Madsen & Lomholt, 2013) og at man dermed kan holde diameterudviklingen, og den for kvaliteten vigtige årringsbredde nede.

Metode

Prøveflader i projektet

Der er ved projektets opstart udfærdiget forskellige arbejdsplaner til at beskrive projektets forskellige faser. Til at fastlægge det forstlige dyrkningsgrundlag står der, at ”bevoksningerne skal repræsentere en bred vifte af dyrkningsbetingelser (bonitet) og i videst muligt omfang repræsentere varierende dyrkningspraksis.” (Thybring, 2021). Derfor er der udpeget ti bevoksninger spredt over landet for at repræsentere et bredt udsnit af de mulige dyrkningsbetingelser i Danmark. Der indgår i projektet to batch af planker, hvilket til sammen forventes at give et datasæt stort nok til at besvare hvorvidt grandis kan anvendes til konstruktion i Danmark. Et projekt af denne



Figur 7: Placering af bevoksninger der indgår i projektets batch 1. Kilde: c.f. Google Maps.

art skal ifølge Bergstedt (2008) indeholde mindst fem prøver af hver 40 planker. Batch 1, som danner datagrundlag for nærværende opgave, består af fem jyske bevoksninger, se Figur 7. Bevoksningerne er beliggende i Rødhus Klitplantage (også kendt som Tranum Klitplantage), afdeling 120b, nordensfjords nær kysten, Rold Skov, afdeling 209c, syd for Ålborg, Guldborgland Plantage, afdeling 157a og 157b, nær

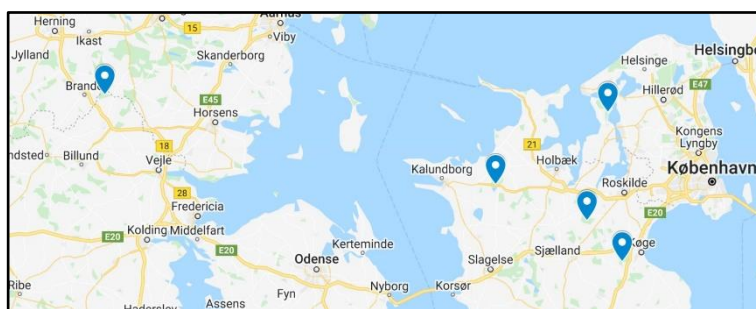
Viborg, Løvenholm Skovdistrikt, afdeling 111d, på nordvest Djurs samt Randers Flade Skov (tidligere Djursland Plantage), afdeling 1261, blok 1, 2 og 3, på det sydlige Djursland. Bevoksningerne giver et spænd over de fire danske skovregioner, se Figur 8, som opdeles i en klitregion kaldet I, en hedeslette/bakkeø-region kaldet II, en nord/midtjysk-region kaldet III og en østdansk region kaldet IV. Skovregionerne giver en grov opdeling af landet ud fra vækstbetingelser. Rødhus Klitplantage, ligger som navnet angiver i klitregionen med deraf følge ringe vækstbetingelser, Guldborgland Plantage ligger på kanten mellem region II og III og de resterende tre bevoksninger i region III. Rander Flade skov kan argumenteres for at tilhøre den østdanske region, da Djurslands sydlige geografi



Figur 8: De fire danske skovregioner. Skovregion I er den vestligste klitregion. Kilde: c.f. Bergstedt (2016) efter Henriksen (1988) og Granat (2005).

har lignende vækstbetingelser (Bergstedt, 2016). Dette kommer sig af at det sydligste af Djurs er syd for den Harderske israndslinje, som i høj grad definerer jordbunden henholdsvis nord og syd for herfor.

Data for bevoksninger udvalgt til batch nr. 2 indgår, jævnfør afgrænsningen, ikke i denne opgave, men omfatter fire lokaliteter på Sjælland, beliggende i skovregion IV, og én østjysk lokalitet fra Skovregion III. Af Figur 9 ses prøvefladernes geografiske beliggenhed.



Figur 9: Placering af bevoksninger der indgår i projektets batch 2. Kilde: c.f. Google Maps.

For bevoksningerne i batch 1 er Randers Flade Skov den eneste bevoksning som er opdelt i parceller, da denne bevoksning er et proveniensforsøg. For de andre fire andre prøveflader er arealet fastlagt i forbindelse med taksering. Arealfastlæggelsen er sket ved måling af arealets sider og kontrol ved måling af de to diagonaler. Prøvefladernes areal varierer fra ca. 0,1 ha til 0,3 ha.

For at vide mest muligt om plankerne, og under hvilke vilkår træerne hvorfra de kommer har groet, er der i forbindelse med prøvefladerne takseret en række bevoksningsdata. Der er målt højde, alder, tæthed i form af stamtal og registrering af bevoksningernes grovgrenethed. Afsmalningen er målt efter fældning og ydermere er der indsamlet nåle til registrering af DNA, for kortlægning af de enkelte prøvefladers proveniens, hvor denne ikke er kendt på forhånd (Thybring, 2021). På baggrund af stamtal og diameter er det muligt at udregne grundfladen. Formtallet, altså en faktor for træets form, kan beregnes ved brug

af diametermålene for afsmalningen og sidst findes bevoksningens stående vedmasse ved multiplicere den fundne højde, grundflade og formtal. Disse mange bevoksningskarakteristika fortæller den kyndige omkring boniteten ud fra højde og alder, som er med at fastlægge anslået totalproduktion, som igen fortæller noget om hugststyrken da totalproduktionen jf. bonitet kan sættes i forhold til den beregnede stående vedmasse. Arealet som behandles i hver prøveflade måles op således, at alle ovenstående data angives pr. ha og alle bevoksninger gennemgår samme model for taksering, fældning samt registrering.

Træernes udvælgelse

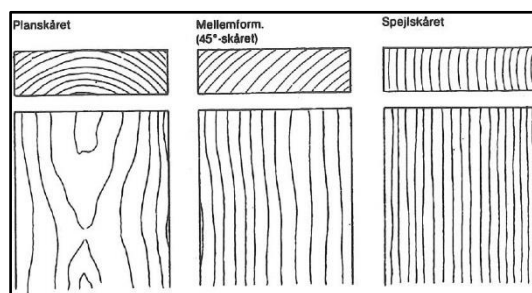
Alle træer i prøvefalden registreres og krydsklubbes og det noteres om træet er dødt eller levende. Det noteres ligeledes såfremt træet ikke er en grandis, men for eksempel en indblandet rødgran. Efter taksering udpeges der seks repræsentative træer til højdemåling. For at give så stor viden om træernes vedteknologiske egenskaber og dyrkningens indflydelse herpå, udpeges dernæst seks træer, med forskellig social status, til fældning. Der er fældet to herskende træer, to medherskende og sidst to undertrykte træer. Ved denne opdeling sikres det at man, ved projektets afslutning, får mulighed for at give svar på om træernes sociale status og den deraf forskellige diameterudvikling, jævnfør dominans, gør en forskel i forhold til mængden af brugbart konstruktionstræ. Efter fældning måles afsmalningen med diametermålinger for højderne 25 cm, 75 cm, 100 cm, 130 cm og 150 cm over jordniveau. Herfra tages diametermålinger for hver løbende meter indtil træets top, med henblik på senere fastsættelse af træernes afsmalning. Når træet aflægges, gøres det i stokke af tre meter og 60 cm, og for hver stok skæres i toppen en skive til måling af årringsbredde. Alle tømmerstokke og skiver nummereres med signumat-hammer med henblik på registrering. Denne registrering vil fra fældningen følge hver stok, og senere hver planke stokken måtte give på savværket, hvormed sporbarheden sikres. De fældede træers bulhøjde notes, da det kan give et billede af hvordan træernes hugstpleje har været gennemført. Sidst noteres træspecifikke bemærkninger såsom knækkede stammer eller manglende toppe. Af Fotografi 3 ses det hvorledes markering af træer i bevoksningen er udført under taksering, inden fældning og yderligere registrering iværksættes. H angiver træ til højdemåling og B1 til B6 angiver de seks træer til fældning.



Fotografi 3: Træer markeret til hhv. højdemåling, markeret med H, og B6 for træ nr. 6 til fældning. Kilde: Forfatter.

Opskæring

Efter udkørsel, ved entreprenør, og tømmertransport, ved vognmand, er tømmerstokkene kørt til savværk. Hver enkelt stok vurderes på form og diameter således at det størst mulige skæreudbytte opnås. Opskæring foregår således at marven så vidt muligt gennemskæres og at hver stok giver flest mulige planker i dimensionerne 16 cm gange 6 cm. Når træ skæres på saven, aflægges planker altid i



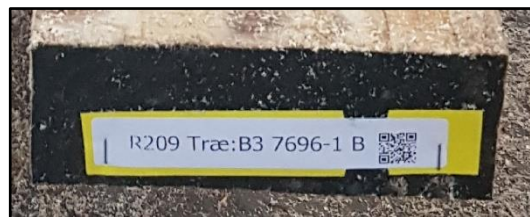
Figur 10: Oversigt over årringenes mulige orientering i en skåret planke. Kilde: c.f. Thomassen (1995)

overmål sådan at de forventes at kunne holde ønsket slutdimension efter videre forarbejdning. Plankerne er fortrinsvis planskåret, se Figur 10, men ved store diametre forekommer også spejlskårede planker og mellemløst. Ved opskæring giver en stok med stor diameter klart flere planker end en lavt dimensioneret stok, i et spænd mellem én planke og op til otte planker for de største dimensioner. Det er ved opskæring ganske tydeligt hvorfor træets afregning er diameterafhængigt, set i forhold til skæreudbyttet. Det observeres ligeledes at tømmerstokke med stor krumning giver lavt skæreudbytte, da der må aflægges store skaller og flere kalmarebreyder før stokken er ”renskåret” og klar til firskårne emner. Det er disse kvalitetsnedsættende, og for skæreudbyttet udfordrende faktorer, der gør skovdyrkingen relevant. At opnå tømmer af høj kvalitet har stor indflydelse på, ikke kun afsætningsprisen, men også stor indvirkning på træets videre forarbejdning og anvendelse. På Fotografi 4 ses produktet i form af planker klar til tørring og høvling. Læg mærke til at alle planker får individuel label i begge ender, sådan at plankernes oprindelse kan spores, selv efter styrkebøjeprøve hvor træet knækkes. Der vil i forbindelse med opskæring altid være et relativt stort svind grundet krav om at konstruktionsegnet tømmer er skåret på alle fire sider, samt en mindre tolerance således at mindst 2/3 af en side er uden vandkant (Dansk Standard, 2009). På savværket var udnyttelsesgraden på den gode side af 50% i skæreudbytte (Nielsen, 2021). Batch nr. 1 har udmøntet sig i 291 planker og batch nr. 2 har givet 326 planker, tilsammen 617 stk. Dette antal er stort nok til at danne grundlag for en endelig vurdering af om der er grundlag for godkendelse af grandis som konstruktionstræ (Bergstedt, 2008). Plankerne palleteres med afstand i de enkelte lag og strøer sådan at træet kan afgive fugt og



Fotografi 4: Skårne planker og tilhørende labels. Kilde: Forfatter.

begynde tørringsprocessen. Alle planker registreres løbende for hver savet tømmerstok i excel, se Fotografi 5. Der er ved senere bearbejdning blevet fjernet 61 labels fra plankerne inden høvling, fordi klamperne, hvormed labels bliver sat fast, har været vurderet siddende for yderligt til at kunne gå igennem høvlen. Labels er ikke blevet påsat igen, hvorfor disse plankers sporbarhed er mistet i tidsperioden mellem savværk og ankomst til Teknologisk Institut.



Fotografi 5: Label angiver prøveflade, træ, signumnummer angivende tømmerstok og dermed højde, samt plankens individuelle nummer
Kilde: Forfatter.

Tørring og høvling

Denne del af forskningsprojektet har været ude at hænderne på projektets medlemmer idet tørring er en omstændig proces som kræver indsigt og selvfølgelig egnede faciliteter. De vigtigste parametre for at undgå flæk og andre skader under tørring er optimering af luftfugtighed, temperatur og rette cirkulation af luften i tørreovnen (Thomassen, 1995). De opskårne planker er tørret og høvlet hos Frøslev Træ i Sønderjylland (Thybring, 2021) og dimensionerne er derfor reduceret fra de 16 cm gange 6 cm til ønsket dimension for styrkesortering, nemlig 15 cm gange 5 cm.

Visuel styrkesortering

Når der udføres visuel styrkesortering jævnfør DS/INSTA 142, skal der tages højde for knaster og knastgrupper, fiberhældning, årringsbredde, ring- og radiærrevner, fejl i træet såsom brud og irregulært ved, vankant, dimensionstolerancer, træets krumning og vrid, misfarvning, råd, svampe- og insektangreb, skader mm. (Dansk Standard, 2009). Visuel styrkesortering er tidskrævende, idet hver af de nævnte krav skal overholdes, da sorteringen afgøres af den mest betydende fejl. Det betyder at et stykke træ kan have gode generelle styrkeegenskaber, men forefindes der for eksempel enkelte borehuller fra insektangreb vil træet kun kunne opnå sorteringsklasse T0. De godkendte arter jævnfør DS er rødgran (*Picea abies*), Skovfyr (*Pinus Sylvestris*), Ædelgran (*Abies alba*), Lærk (*Larix*), Douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*) samt Sitkagran (*Picea sitchensis*). Sitkagran dog kun til højest styrkesorteringsklasse T2 (Dansk Standard, 2009). Altså er ovenstående træarter de arter der for nuværende kan anvendes til konstruktionstræ i Danmark, hvorfor grandis ikke er godkendt. Plankerne i projektet styrkesorteres efter samme standard som de ovenstående arter, da det er disse krav der skal kunne opfyldes for at opnå godkendelse og CE-mærkning. Til registrering af den visuelle styrkesortering er udfærdiget excel-ark, med faner for registrering, klassifikation mv. med henblik på sporbarhed for hver enkelt plankes værdier samt til databehandling af de fundne værdier. Al dataindsamling foregår i et delt dokument, sådan at alle projektdeltagere til enhver tid kan tilgå det, samt at forøgelsen af datasættet foregår fortløbende i tid.

Herefter følger forklaring af de udførte målinger jf. afsnit 5 ”Måleregler” og afsnit 6 ”Krav”, særligt 6.2.2, Tabel 1-6, i Dansk Standard (2009), hvor alle omtalte værdier notes i Excel.

Vægten kalibreres. Fugtmåleren indstilles til art nr. 2, *Picea abies*, da rødgran anvendes som reference, idet grandis ikke ligger som presetting i den anvendte DelmHorst-fugtmåler. Fugtmåleren kontrolleres på kalibreringsboksen ved indstilling til 20 graders varme og målingerne noteres så eventuelle afvigelser opdages med det samme. Herefter indstilles fugtmåleren til dagens temperatur. Idet fugtmåleren springer i trin af tre grader, skulle den ved flere lejligheder indstilles med ny temperatur op af dagen, efterhånden som dagtemperaturen steg, for at sikre at fejlmålinger undgås.



Fotografi 6: Bord til registrering i forbindelse med visuel styrkesortering. Vægt, fugtmåler og trækodser til måling af vrid er klargjort.
Kilde: Forfatter.

Identifikationslabel noteres og planken vejes på vægten, se Fotografi 6. Fugten måles med DelmHorst-måleren ved at slå to fugtfølere ned midt i træet, i en afstand af mindst 30 cm fra endefladen, indtil ring nr. 3, hvilket svarer til midten af planken, indikeres øverst på målehovedet, se Fotografi 7. Der måles altid på tværs af planken, for at måleren registrerer modstanden på tværs, og ikke langs, af plankens årringe.

Herefter måles alle krav i mm med tommestok. Alle knasters bredde måles i plankens bredde-retning, både ved målinger på smal- og bredside. Største enkeltknast og største hornknast på smal- og bredside, måles. Knastgrupper måles ved at addere mål for alle knaster på begge smalsider og splint-bredsidens inden for en maksimal længde af 150 mm i plankens længderetning. Idet grandis, som andre nåletræarter, har grenkranse er det meget typisk at der findes knastgrupper i plankerne, dog af meget varierende størrelse.

Fiberhældningen x ”er afvigelsen af fibrenes retning i forhold til stykkets længdeakse” og regnes som x/y hvor y ”er den længde, hvorover målingen foretages” (Dansk Standard, 2009). Målingerne tages på plankernes smal- og



Fotografi 7: Fugtmåling med DelHorst-fugtmåler. Bemærk islåning af følere indtil indikator-ring nr. 3. Typisk fugtmåling en smule over 12% fugt.
Kilde: Forfatter.

splint-bredside. Hældningen ses ofte ud fra de små tørrerevner som opstår efter at plankerne er skåret på savværk, eller nemt ved større flæk i emnerne. Typisk er der målt over 400 mm, men dette varierer ud fra hvordan den mest repræsentative måling har kunnet opnås.

Herefter skulle være målt årringe. Denne registrering har ikke været mulig jf. afgrænsningen. Årringene måles i radiær retning på endefladen, hvor størst mulige længde tages fra marv plus 2 mm og til kant af planken. Årringsbredden findes ved at dividere den målte afstand med antallet af talte årringe.

Der kontrolleres for ringrevner, hvilket måles som ”afstanden mellem to linjer vinkelret på stykkets længdeakse og gennem revnernes ender” (Dansk Standard, 2009). Radiærrevner måles i mm dybde på endefladen, og det registreres om revner er dybere end den halv bredde af planken, svarende til 25 mm, samt om revnen og eller flækket gennemskær knaster eller er gennemgående i plankens endeflade. Længde af revner og flækket måles ligeledes i mm i plankens længdeakse.

Topbrud og ujævnt fiberforløb registreres som længde i mm målt på plankernes smal- og splint-bredside samt om fejlen er placeret i den yderste fjerdedel af planken.

Der kontrolleres for vantkanter på både smal og bredsiden og disse måles i mm i forhold til plankens ønskede dimension. Dimensionerne kontrolmåles og faktiske værdier noteres.

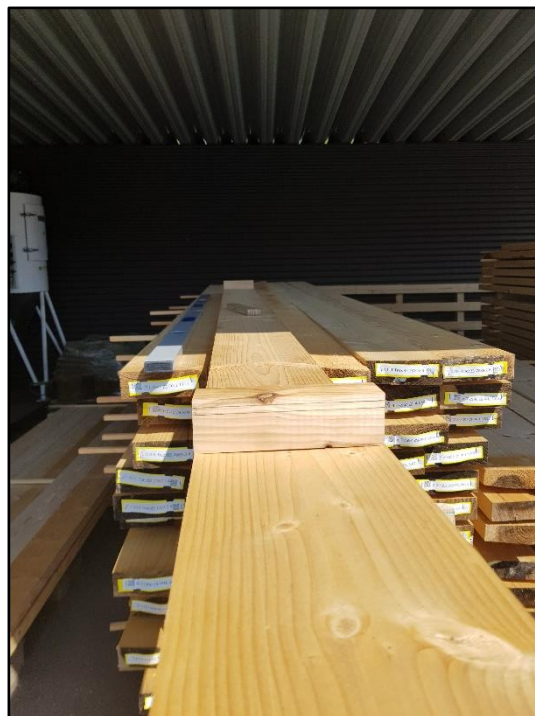
Krumning kontrolleres ved brug af 2 m vaterpas på både bredside og smalside og noteres i intervallerne 0-10 mm, 10-20 mm og over 20 mm. På Fotografi 8 ses træets opbevaring under tag på Teknologisk Institut. Se ligeledes computer og vaterpas til registrering ved visuel styrkesortering. Vrid måles ved brug af træklodder, markeret med streger for 6 mm og 12 mm, idet disse mål udgør hhv. 1 mm og 2 mm's vrid over 25 mm bredde af planken, over en afstand på 2 m i længdeaksen.



Fotografi 8: Registrering af værdier ved visuel styrkesortering. Bemærk vaterpas til kontrol af krumning. Efter endt visuel styrkesortering anbringes planker igen på paller med strøer, klar til konditionering, se nederst venstre. Kilde: Forfatter.

På Fotografi 9 ses opstilling til kontrol af plankens vrid, idet øjet flugtes med øverste venstre eller højre hjørne af forreste klods og der flugtes mod bagerste klods. På bagerste klods konstateres plankes vrid jf. beskrevne målelinjer, se sæt af sorte streger på forreste klods. Vrid registreres som værende <6 mm, mellem 6-12 mm eller >12 mm. Der stilles intet krav til tværkrumning.

Der registreres blåsplint, brunfarvning samt fast- og løst råd. Der kontrolleres for reaktionsved i procent af tværsnitsarealet og harpikslommer samt harpiksved konstateres som ja/nej. Overvoksninger kontrolleres for hvorvidt de er gennemgående og længden samt bredden i mm registreres, vejrpåvirkning noteres, og der kontrolleres for insektangreb som opgøres i ej til stede, små huller og andet. Sidst registreres skader opstået ved håndtering og bearbejdning, opgjort i procent af tværsnittet.



Fotografi 9: Klodser til kontrol af vrid er lagt ovenpå planken i en indbyrdes afstand af 2 meter, og der holdes 30 cm afstand til endepladen.

Kilde: Forfatter.

Registrering af datasæt og databehandling

Ved udførsel af styrkesorteringen er der for hver planke udfyldt udførlig registrering i excel-regneark med henblik på at kunne føre data for den enkelte planke tilbage til henholdsvis stok, og dermed højde i enkeltræet, det enkelte træ og dets sociale status samt dets bevoksning i form af prøveflade og derfor geografiske placering. Registreringen er udført således at man ved endt dataindsamling har mulighed for at kategorisere ønskede parametre og dermed udlede læring omkring træets kvaliteter eller mangel på samme.

Der er i Excel udført databehandling til fremstilling af figurer for udvalgte værdier, variansanalyse af udvalgte værdier, opgørelse af plankernes styrkesorteringsklasse i stk. og fordeling på prøveflader i procent, beregning af plankernes våde densitet, dvs. våd vægt ved fugtprocent for tidspunkt for visuel styrkesortering divideret med plankernes dimensioner på daværende tidspunkt samt tør densitet, med hensyntagen til afgivet fugt og svind ved tørring, opgørelse over Ikke OK planker samt overblik over betydende faktor for andre plankes styrkesorteringsklasse.

Konditionering

For at kunne udføre 4-punktbøjning er det en forudsætning for resultaternes korrekthed at træet inden udsættelse for afprøvning er konditioneret. Konditioneringen består i at plankerne stables korrekt ved anvendelse af strøer, således at luft kan passere frit mellem plankerne. Herefter placeres stakken i et konditioneringsrum som er 20 grader celsius og med en relativ luftfugtighed på 65%, således at træets fugtindhold arbejder mod, og ved ligevægt, bliver 12%. Måden hvorpå fugtindholdet kontrolleres, er ved hver dag at veje 3 repræsentative planker og når vægten ikke længere flytter sig, men er konstant fra den ene måling til den anden, så ved man at ligevægten har indfundet sig. Man ved nu også med sikkerhed at plankernes fugtindhold er 12%, hvilket kontrolmåles. Kontrolmålingerne kan fremtidigt anvendes til at lave en presetting for grandis til DelmHorst-fugtmåler. Ved at veje hver enkelt planke kan beregnes træets densitet ved division med plankernes dimension på 15 cm gange 5 cm gange 360 cm. Konditionering af plankerne er ikke gennemført ved fristen for aflevering af denne opgave.

Yderlige undersøgelser

Der vil i forbindelse med projektets videre arbejde skulle udføres yderligere undersøgelser af plankerne for fuldendt datasæt. Dette omfatter omtalte årringsmålinger samt 4-punktbøjning (styrkebøjeprøve) og maskinel-styrkesortering. I det følgende gives kort forklaring af processen, idet det skal forstås at særligt bøjebrudstyrke, elasticitetsmodul og densitet er styrkekrav der skal overholdes for endelig godkendelse af grandis som konstruktionstræ.

Efter konditionering skal plankerne udsættes for 4-punktbøjning, som giver værdier for bæreevnen udtrykt ved bøjebrudstyrke samt stivhed udtrykt ved elasticitetsmodul. Undervisning i procedure og 4-punktbøjning er ikke gennemført ved fristen for aflevering af denne opgave.

Der kan med moderne udstyr udføres maskinel styrkesortering af planker ved at "slå" på endefluden. Der sendes en lydbølge gennem veddet som udstyret registrerer og giver værdier, og herudfra styrkesorterer udstyret planken ved de samme sorteringsklasser, som for visuel styrkesortering. Materiel til maskinel styrkesortering er indkøbt i forbindelse med projektet, men udstyret har ikke presetting for grandis, hvorfor en sådan først skal laves. Modsat kan værdier for rødgran vælges at være repræsentative, sådan som det er besluttet for DelmHorst-fugtmåleren. Undervisning i procedure og maskinel styrkesortering er ikke gennemført ved frist for aflevering af denne opgave.

Litteraturstudie

For at kunne besvare problemformuleringen har forfatter lavet et litteraturstudie af teori omhandlende vedteknologi samt træ til konstruktion i almindelighed og særligt for gran. Dernæst er fundet litteratur der omhandler tidligere undersøgelser af rødgran og grandis vedteknologi, med henblik på at forstå hvilke

krav der er særligt udfordrende for grandis i forbindelse med undersøgelsen om veddets mulighed for godkendelse til konstruktionstræ. For at besvare spørgsmålet angående dyrkningstiltag, er det undersøgt hvordan grandis er blevet behandlet siden artens indbringelse i dansk skovbrug, og almindelig dyrkningsteori er konsulteret i arbejdet med at afdække en dyrkningsmodel der vil kunne løfte kvaliteten af grandis med hensyn til de krav der stilles for konstruktionstræ jævnfør DS/INSTA 142. Til litteraturstudiet er anvendt internettet, særligt videntjenesten.ku.dk og skovbrugsviden.dk, skovdyrkningsbøger, normer omkring konstruktionstræ mv. udleveret af Teknologisk Institut samt litteratur udleveret af projektgruppen til forståelse af forskningsprojektets baggrund.

Resultater

Der er i alt lavet visuel styrkesortering på 181 planker. Af de 181 planker er sporbarheden kendt på 120 stk. og ukendt på 61 stk. Af de 181 planker er 44 stk. sorteret som Ikke OK og 56 som T0, hvilket svarer til styrkeklasse C14 jævnfør Dansk Standard (2009), og disse er

Tabel 1: Data tager udgangspunkt i alle 181 planker, uanset oprindelse.

Visual inspection (number)				
Not OK	T0	T1	T2	T3
44	56	37	36	8
24%	31%	20%	20%	4%
55%		45%		

dermed ikke godkendt til konstruktionstræ. Det ses af Tabel 1 at disse 100 planker tilsammen udgør 55% af datasættet. Det ses ligeledes at 45% af materialet er klasseret som konstruktionstræ med en fordeling hvor T1 og T2 repræsenterer sig med henholdsvis 37 stk. og 36 stk., svarende til 20% for hver sorteringsklasse, og T3 med 8 planker lig 4%.

Tabel 2: Data tager udgangspunkt i de 120 planker med sporbarhed, og må derfor ses som repræsentativt for plankernes fordeling.

Bevoksning:	Guldborgland Pl.	Løvenholm	Rold Skov	Rødhus Pl.	Randers Flade Skov
Fordeling af planker:	GP157	L111	R209	F1013	F1261
Ikke OK	4%	22%	16%	38%	18%
T0	58%	22%	47%	31%	12%
T1	31%	22%	16%	6%	24%
T2	8%	33%	19%	25%	18%
T3	0%	0%	2%	0%	29%
T1-T3	38,46%	55,56%	37,21%	31,25%	70,59%

Der er ved undersøgelse af plankernes fordeling på de enkelte bevoksninger, se Tabel 2, fundet markante forskelle mellem prøvefladernes andel af konstruktionseggede planker samt mængden af planker klassificeret som Ikke OK.

Guldborgland Plantage udmærker sig ved kun at have én Ikke OK planke ud af 26 stk., men dog samtidig en generelt lav klassificering af bevoksningens planker, og 38% konstruktionseggede.

Løvenholm Skovdistrikt har næsthøjest konstruktionsegne andel på 56%, og har 33% planker i T2, dog samtidig 22% i Ikke OK. Bevoksningen har en tilnærmet jævn fordeling i de fire nederste klasseringer og 18 planker i alt.

Rold Skov er generelt lavt klasseret med 16% Ikke OK, og er bevoksningen med næstlavest andel konstruktionsegne planker svarende til 37%. Bevoksningen er den mest repræsenterede med 43 stk. og dermed næsten 1/2 af de sporbare planker.

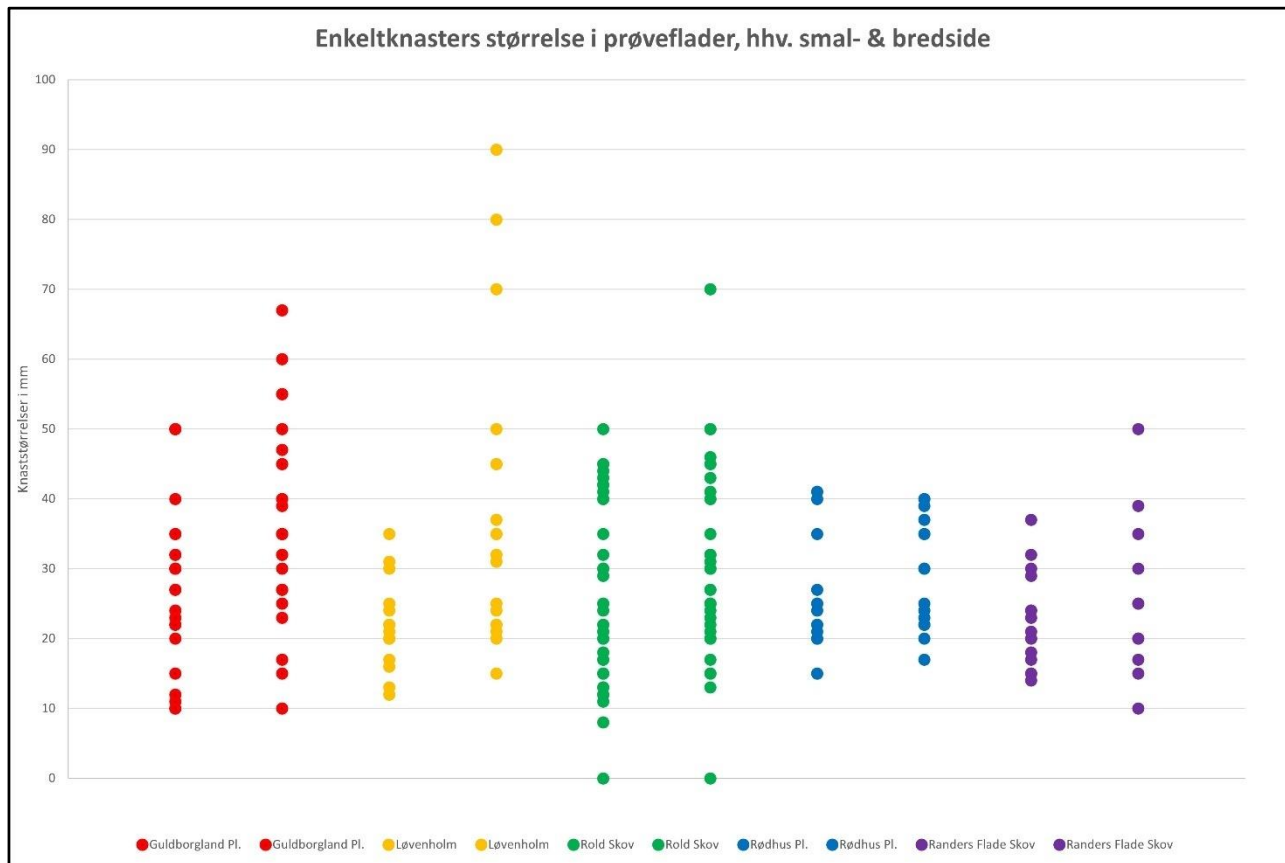
Rødhus Klitplantage er bevoksningen med størst vrage idet 38% af de 16 planker er Ikke OK. Bevoksningen har samtidig 25% T2 og datasættets laveste andel T1 samt laveste andel konstruktionsegne planker på 31%.

Randers Flade Skov er datasættets konstruktionsmæssigt bedst repræsenterede med 71% egnede planker, hvoraf 29% klasseres som T3. Ikke OK udgør 18%. Der er undersøgt 17 planker fra denne lokalitet.

Samlet for de 5 bevoksninger er det, at enkeltknaster er den gennemgående deklasserende faktor når plankerne falder ud som værende anvendelige til konstruktionstræ, se bilag 2.

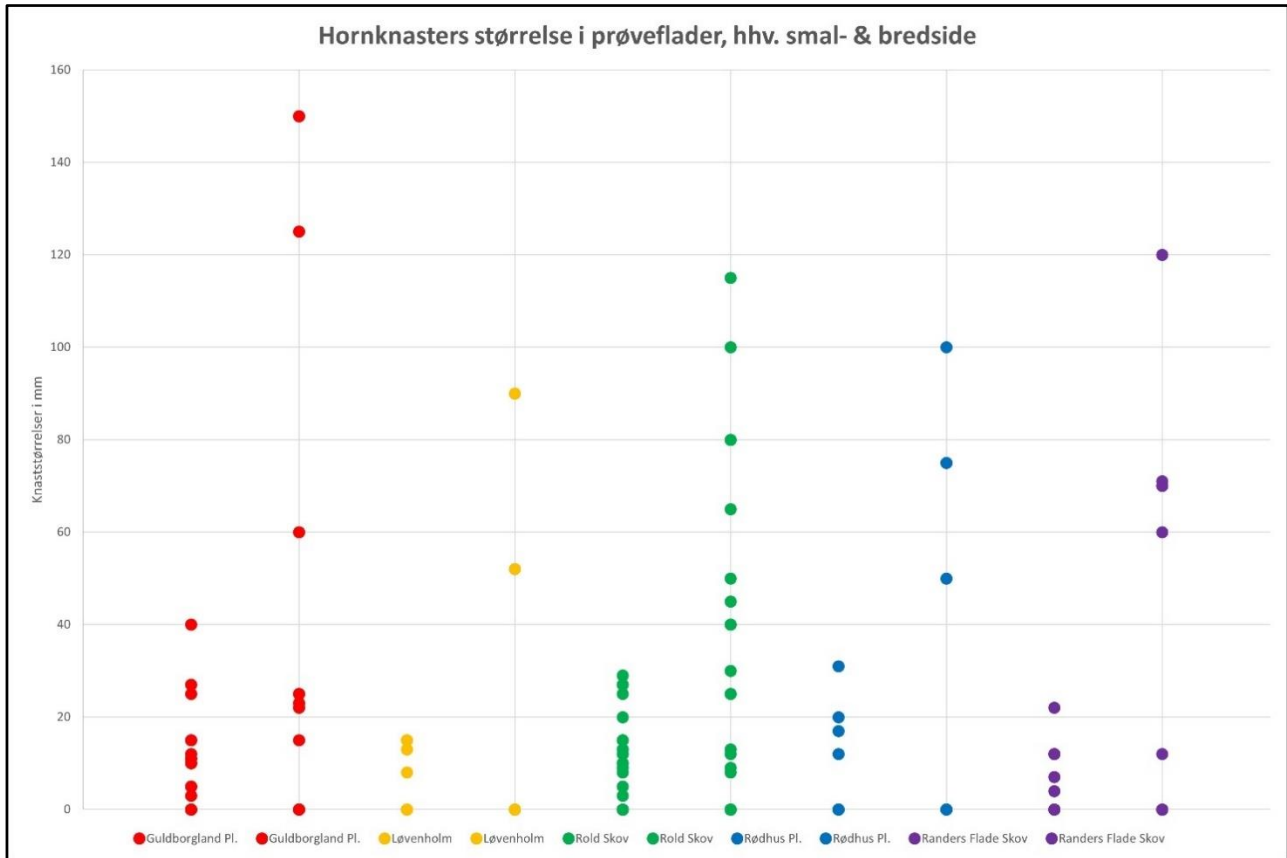
Knaststørrelser

De følgende tre figurer tager udgangspunkt i de 120 planker som kan henføres til gældende bevoksning.



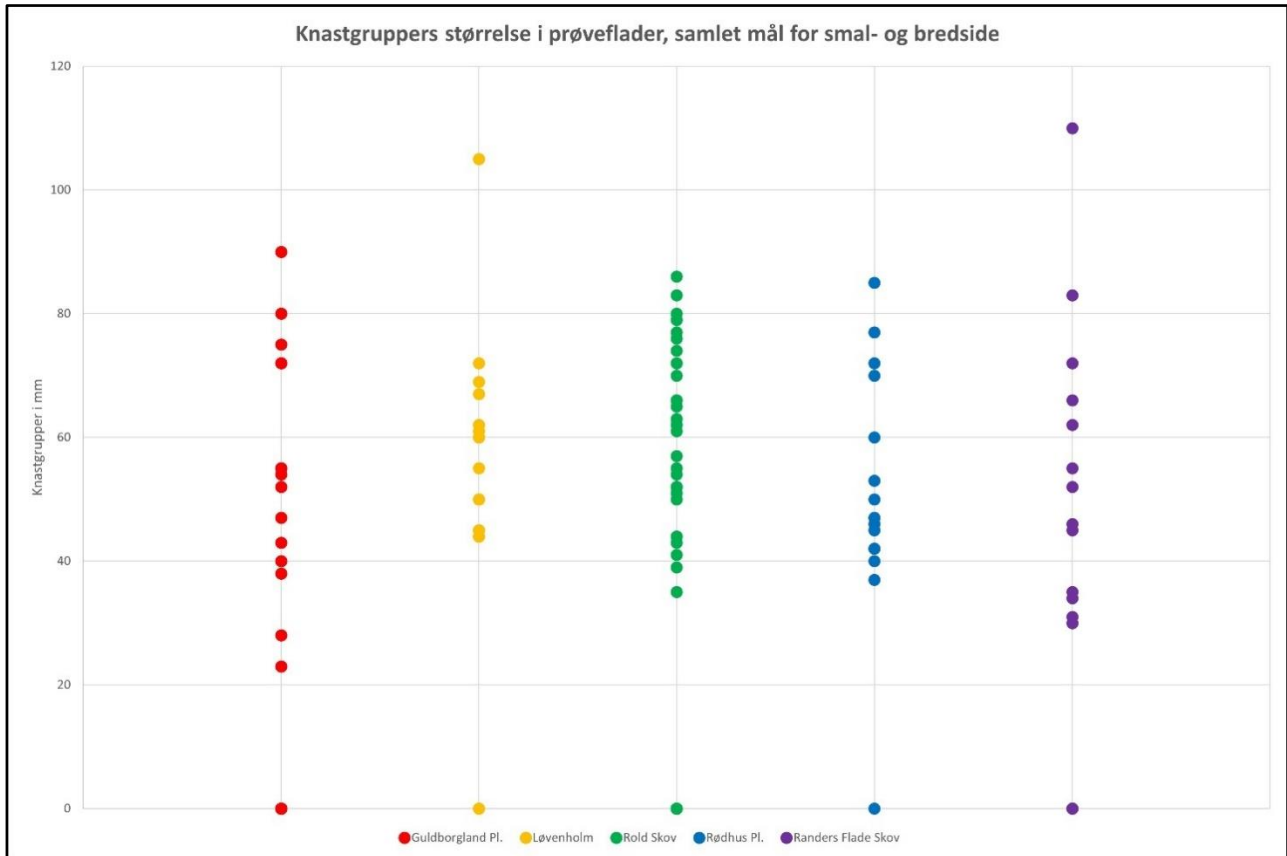
Figur 11: Enkeltnasters størrelser for smal- og bredside for de fem prøveflade.

På trods af den store afstand og forskel i vækstbetingelserne mellem de fem bevoksningers lokaliteter er størrelsen for enkeltnasterne relativt ens. Bredsideknasterne udviser generelt en større variation i størrelse end smalsideknasterne og det er også bredsideknaster der står for alle registreringer over 50 mm. Det ses ligeledes at ganske få planker, og kun fra Rold Skov, har mindste betydende knast under 10 mm. De givne værdier for enkeltnasters størrelse på de fem prøveflader er vist på Figur 11.



Figur 12: Hornknasters størrelser for smal- og bredside for de fem prøveflade.

Det ses af Figur 12 at der er stor forskel i hornknasternes størrelse mellem smalside og bredside, men også at det gør sig gældende for alle fem bevoksninger.

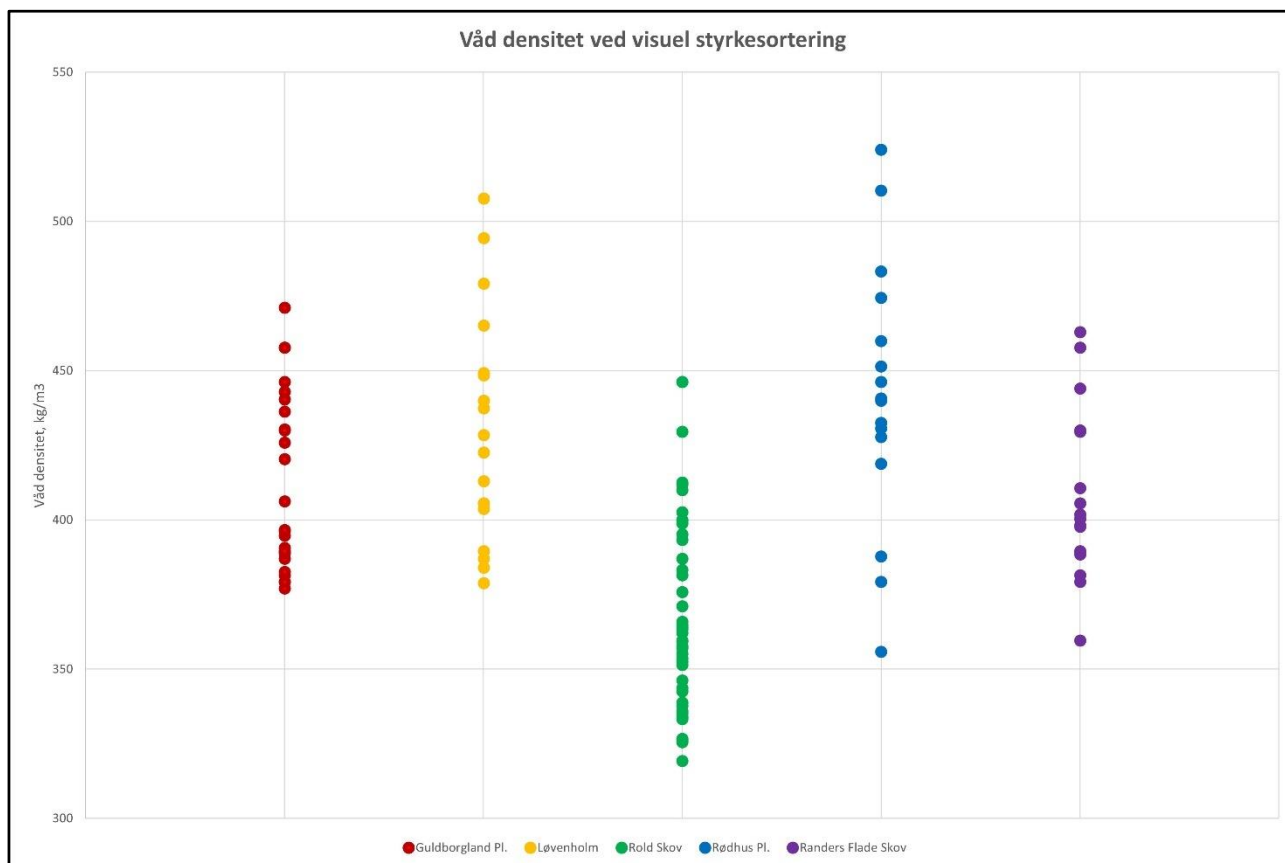


Figur 13: Knastgrupper størrelser for begge smalsider og splintbredden som én adderet værdi, for de fem prøveflade.

Der er ingen markant forskel mellem knastgruppernes størrelser mellem de fem bevoksninger. Som det ses af Figur 13 er alle bevoksninger repræsenteret fortrinsvis i spændet fra 40 mm til 80 mm.

Våd densitet

Der er udfærdiget figur over våd densitet med henblik på at afdække eventuelle forskelle de fem undersøgte bevoksninger imellem. I forhold til krav for styrkeklassering skal anvendes tør densitet, men da denne data ikke er present ved fristen for denne opgave, er værdi beregnet.



Figur 14: Våd densitet findes ved at den enkelte plankes vægt divideres med plankens dimensioner ved samme fugtprocent som vægtmålingen.

Det ses af Figur 14 at der er forskel på fugtprocenten for planker skåret af træ fra de forskellige bevoksninger.

Løvenholm Skovdistrikt og Rødhus Klitplantage har højeste våde densiteter og Rold Skov har markant laveste.

Med mindre tilnærmelse ses at henholdsvis Guldborgland Plantage og Randers Flade Skov har densiteter der ligger inden for ca. 100 kg/m³ i forskel, hvor Løvenholm Skovdistrikt og Rold Skov har et spænd over ca. 125 kg/m³. Rødhus Klitplantage har det største udsving på 175 kg/m³ mellem planker med henholdsvis laveste og højeste våde densitet. Der er en forskel på ca. 75 kg/m³ mellem højeste densitet

for Rødhus Klitplantage kontra højeste densitet for Rold Skov, og ca. 50 kg/m³ forskel mellem laveste densitet for Guldborgland Plantage kontra laveste densitet for Rold Skov.

Ved hjælp af data for vægt og fugtprocent ved den visuelle styrkesortering viser sig ved beregning følgende resultater for plankernes våde densitet.

Tabel 3: Data for våd densitet i alle 181 planker.

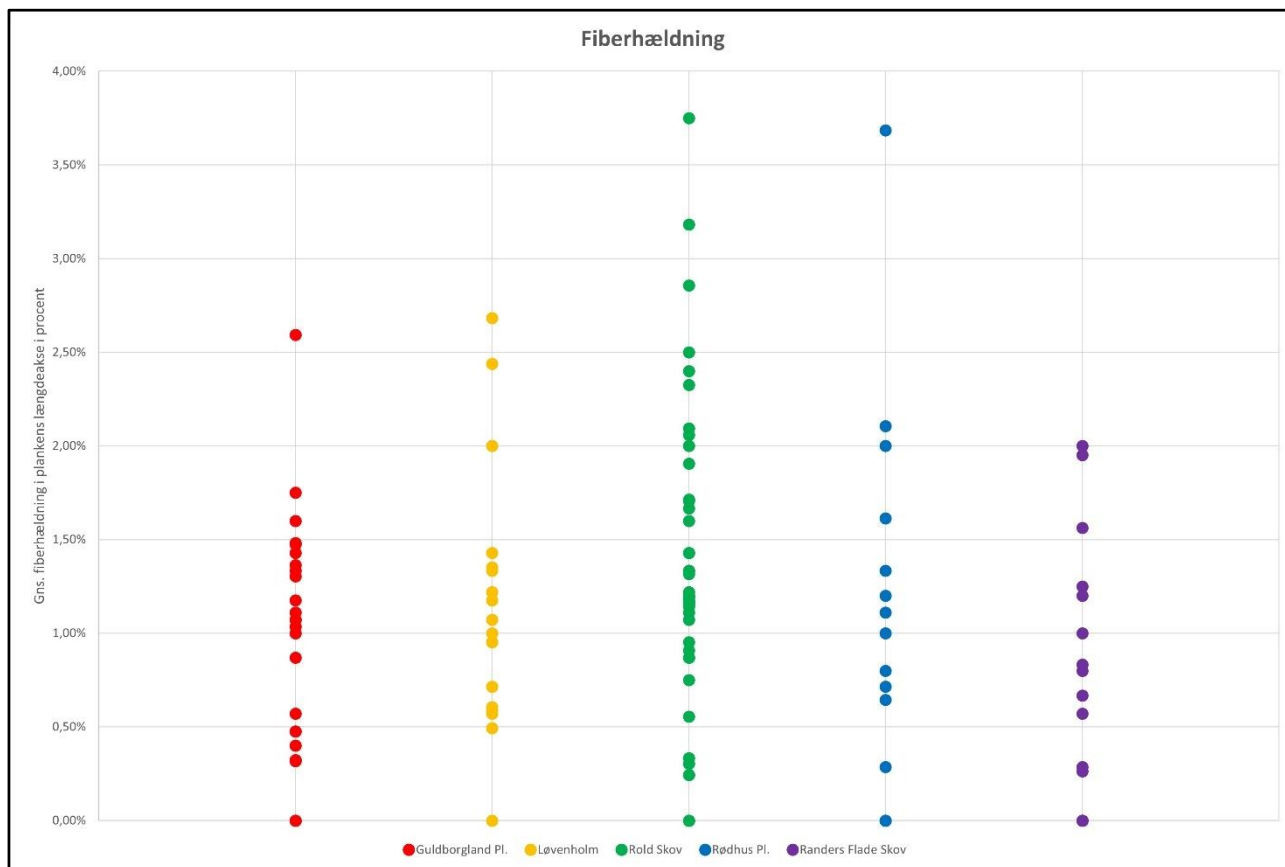
Densitet ved visuel styrkesortering, kg/m³:			
Min	Max	Mean	Middle
319	569	406	413

Middeltallet for plankernes våde densitet er 413 kg/m³, se Tabel 3.

For at sammenligne plankernes densitet med kravene i DS/EN 338 (2016) er den våde densitet ved beregning, jf. beskrivelse om svind i forhold til fugtprocenten beskrevet af Thomassen (1995), regnet om til konditioneret densitet (12% fugt). Der er anvendt middelværdier for plankernes vægt, fugtprocent og dimensioner, hvorfor resultatet fortæller noget om densiteten på batch nr. 1 som helhed, men ikke om den enkelte planke. Det viser sig at middelfugten skal nedbringes 1,39%, hvilket svarer til et vægttab på ca. 0,77 kg og et dimensionssvind på ca. 5% lig en konditioneret densitet på 405 kg/m³.

Fiberhældning

Der er udfærdiget en figur over fiberhældningen med henblik på at afdække eventuelle forskelle de fem undersøgte bevoksninger imellem.



Figur 15: Plankernes fiberhældning i længderetningen.

Som det ses af Figur 15, er den registrerede fiberhældning for de fem bevoksninger generelt ensartet og ligger for alle fem lokaliteter fortrinsvist fra ingen hældning og til 2%. Fiberhældningerne er så små at de ikke er deklasserende, med undtagelse af én planke som er uden sporbarhed (ikke på figuren) der kun overholder kravet til T0 pga. 22% fiberhældning. Den pågældende planke styrkeklasseres samtidig som Ikke OK på baggrund af to andre krav jævnfør DS (2009).

Variansanalyse af udvalgte værdier

For at kunne afgøre hvor der er statistisk signifikante forskelle på bevoksningernes middelværdier, har forfatter på baggrund af datasættet lavet variansanalyser af udvalgte registreringer, se Tabel 4. Analyserne ønskes at understøtte det visuelle indtryk givet i ovenstående figurer.

Tabel 4: P-værdier for henholdsvis variansanalyse og f-test.

Variansanalyse	Knaststr, smalside	Knast str., bredside	Hornknast, smalside	Hornknast, bredside	Knastgruppe	Fiberhældning	Densitet	Fugtprocent
ANAVA, P-værdi:	0,151	0,012	0,378	0,651	0,106	0,066	0,000	0,001
F-test, P-værdi:	0,001	0,000	0,007	0,003	0,040	0,022	0,043	0,000

Nulhypotesen er at der ikke er forskel på middelværdierne. P-værdien angiver sandsynligheden for nulhypotesen. En generel regel i naturvidenskaben er at p-værdien skal være under 5%, som er et udtryk for signifikansgraden, for at man kan afvise nulhypotesen (Nord-Larsen, Seniorforsker, 2022).

På baggrund af fundne p-værdier i Tabel 4, kan nulhypotesen, om at der ikke er forskel på middelværdierne, afvises for bredsidernes enkeltknaststørrelse, den våde densitet for plankerne samt deres fugtprocent.

Dvs. at der er statistisk signifikans for at middelværdierne for de tre ovennævnte krav ikke er ens hvilket stemmer godt overens med henholdsvis Figur 11 hvor Løvenholm Skovdistrikt og Guldborgland Plantage har høje værdier for knaststørrelser, Figur 14 hvor særligt Rold Skov har lav densitet samt Figur 16 hvor det er tydeligt at fugtprocenten er meget forskellig imellem plankerne og mellem bevoksningerne.

Vrag

Der er 44 planker ud af 181 stk. der sorteres til Ikke OK. De tre mest betydende faktorer er revner, manglende overholdelse af tolerancekrav til dimensionerne samt vrid. Herefter er det særligt enkeltknasternes størrelse der deklasserer plankerne til T0, T1 og T2. Små 40% af de planker der ikke klasseres som Ikke OK bliver klasseret som T0, svarende til C14 og er dermed ikke konstruktionseget. For visuelt overblik se bilag 1 for sorteringsklasse Ikke OK og bilag 2 for enkeltknasters betydning for de bestemte styrkesorteringsklasser.

Andre resultater

Der er ikke registreret planker med ringrevner.

Der er ikke registreret planker med gennemgående flæk.

Der er kun registreret én planke med deklasserende henholdsvis smal- og bredsidekrumning.

Der er registreret seks planker med fast råd, men ingen med blåsplint, brunfarvning eller løst råd.

Der er 11 planker, svarende til 6%, med små borehuller fra insekter, hvilket deklasserer dem til T0.

Og sidste er der 10 planker, svarende til små 6%, med håndteringsskader som deklasserer plankerne til henholdsvis to stk. T0 og otte stk. T2.

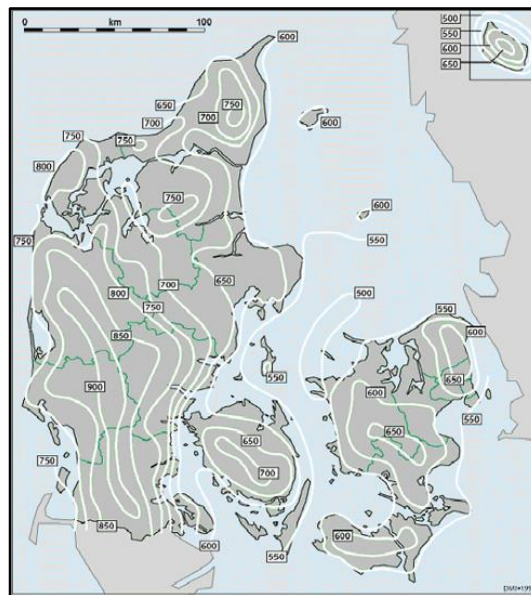
Diskussion

Kan Grandis opfylde DS/INSTA 142 krav

Da projektet som helhed er en bevilling til undersøgelse af grandis muligheder som konstruktionstræ, starter projektet med en lang række registreringer i skoven. Jo mere data der samles fra starten af projektet, jo mere databehandling og viden kan der selvsagt uddrages af projektet. Dataindsamling er en omfattende og langsommelig proces, men vigtigt for på sigt at kunne drage konklusioner på tværs af data (Ridley-Ellis, Stapel, & Baño, 2016) med henblik på oplysninger om vigtigheden af social status blandt træerne, dyrkningsbetingelser udtrykt ved bonitet, korrekt tyndingsmodel for at opnå ensartede årringe i ønsket bredde osv. Der gøres følgende status på nuværende datamængde og resultater, og hvilken viden der nu kan uddrages.

Når resultaterne viser at 45% af plankerne klasseres som konstruktionstræ er der fine muligheder for grandis fremtidige anvendelse. De 45% skal betragtes således at der endnu er flere krav som skal overholdes for at kunne anvende træet til konstruktion, men samtidig viser det også at man ved at følge de givne råd omkring anlæg og dyrkning af grandis givet af f.eks. Bergstedt & Larsen (1998) og Sørensen & Jørgensen (1995) formentlig kan opnå et kvalitativt produkt der har relevans for træindustrien. I ovenstående litteratur konkluderes det at middelårringsbredden skal holdes under 3,2 mm for at opnå den nødvendige stivhed, samt at de hurtigst voksende træer med lavest densitet skal tyndes bort. Dette vil forventeligt kunne bedre veddets styrkeegenskaber markant og dermed flytte en del af plankerne mod højere styrkesorteringsklasser. Det ses af Tabel 2 at der er stor forskel på udfaldet af den visuelle styrkesortering alt efter hvor træet stammer fra. Randers Flade Skov udmærker sig med 71% konstruktionsegne planker, hvilket er klart foran Løvenholm som giver 56%. De resterende tre bevoksninger ligger i spændet 31%-38%. Da Rander Flade Skov er et proveniensforsøg (Nord-Larsen, 2022) kan der formentligt findes svar på om netop proveniensen har indflydelse på konstruktionsandelen ved sammenligning af provenienserne for alle ti bevoksninger i projektet. Randers Flade Skov befinder sig på en god vækstlokalitet og giver alligevel en god kvalitet i plankerne qua højt stamtal, som bekræftes af Rasmussen (2022). Særligt er det ligeledes at Rødhus Klitplantage har 38% planker i klassen Ikke OK, hvilket ud fra geografi, se Figur 7, må tilskrives lokaliteten og vindpåvirkning. Netop vrid og manglende overholdelse af dimensionstolerancer, se prøveflade 1013 på bilag 1, som formentlig stammer fra vrid inden høvling, er et resultat af reaktionsved forårsaget af vestenvinden. Bevoksningen udviser dårlig form og basalsvag (Rasmussen, 2022), hvilket giver reaktionsved som har vedteknologiske udlæmper. Både Guldborgland Plantage og Rold Skov ligger i egne af Danmark, se Figur 17, der er meget tæt på landets middelnedbør på ca. 759 mm/år (DMI, 2022), hvilket sammen med gode vækstbetingelser kan resultere

i kraftig ungdomsvækst med snoet vækst og vrid til følge, se bilag 1. Den kraftige vækst må ligeledes forventes at have givet brede årringe. Disse faktorer er med sandsynlighed årsag til lokaliteternes ringe udfald i den visuelle styrkesortering, se Tabel 2. Løvenholm indtager et mellemstadium idet lokaliteten har mindre nedbør og ringere jordbund og en deraf forventet moderat vækst. Af Figur 17 ses det at Djursland kan forvente en årlig nedbør på ca. 600-625 mm (Miljøstyrelsen, 2022). Dog er der i perioden 2011-2020 faldet en årlig middelnedbør i Danmark på 782 mm (DMI, 2022), og en stigende tendens observeres.

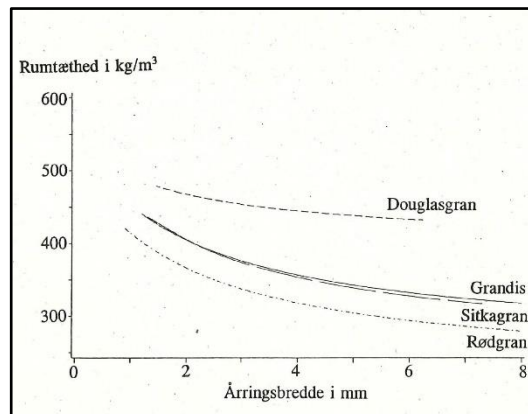


Figur 17: Middelnedbør i Danmark i perioden 1961-1990. Tal udgør årsmiddelt i mm.

Kilde: c.f. Miljøstyrelsen (2022).

I Dansk Standard for konstruktionstræs styrkeklasser, DS/EN 338, ses hvilke krav der er til C-klassernes bøjningsstyrke, stivhed og densitet. For at dansk træ kan godkendes skal værdierne for C18, som normalt er laveste konstruktionsklasse, være henholdsvis 18 N/mm^2 , 9 kN/mm^2 og 380 kg/m^3 (Dansk Standard, 2016). Som det ses af resultaterne, har middelplanken en beregnet konditioneret densitet på 405 kg/m^3 hvilket overholder kravet til C18, men ikke C24 som er på 420 kg/m^3 . Det vil betyde at såfremt resultatet viser sig at være repræsentativt, så ligger der med det nuværende træs beregnede densitetsniveau en begrænsning for at nå de to højeste styrkesorteringer jævnfør DS/INSTA 142. Denne observation stemmer også overens med Bergstedt (2008) som fandt densitet ved beregning til værende 391 kg/m^3 . I et Tjekkisk studie omhandlende densitet for *Abies grandis* når forfatterne frem til en densitet på 403 kg/m^3 (Zeidler & Šedivka, 2015), hvilket antyder at ovenstående beregninger formentlig ikke er langt fra den faktiske densitet. Forfatterne konkluderer videre at densiteten er signifikant forskellig i det radiale plan, stigende fra marven og mod barken, samt at densiteten ikke har signifikant forskel i det vertikale plan. Sidst konkluderes at der er korrelation mellem øget årringsbredde og lavere densitet, men de påpeger samtidig at deres determinationskoefficient kun er $R^2 = 0,44$, hvilket er lavt. Dog stemmer det overens med gængs teori redegjort for tidligere. Dalgas (1975) fandt at densiteten i den nederste del af stammen på grandis var signifikant højere end de resterende $\frac{3}{4}$ af træet, hvilket er modstridende Zeidler & Šedivka (2015). For både rødgran og grandis finder Dalgas (1975) at densiteten er høj ved marven, falder mod veddets radiale midte, for igen at stige mod barken. Dette divergerer ligeledes. Sørensen & Jørgensen (1995) finder at grandis ungdomsved, altså tæt marven, ikke har signifikant densitetsforskul fra det resterende ved, og at grandis generelt har højere densitet ved samme årringsbredde sammenlignet med rødgran. Det vil have stor relevans at undersøge dette radiale og vertikale densitetsspørgsmål, samt

densitet kontra årringsbredden, i forbindelse med de kommende undersøgelser i det pågående forskningsprojekt. Særligt fordi kravet til årringsbredde, jævnfør DS, kan deklassere grandis, samtidig med at densiteten måske er pænt over kravet i DS/EN 338. Af Figur 18 ses forskellen på grandis', og andre nåletræarters, densitetsniveau kontra træets årringsbredde. Dette spørgsmål skal gerne afklares.



Figur 18: Træarternes densitetsniveauer for perioden 1984-1993 i Hastrup Plantage, Give.

Kilde: c.f. Sørensen & Jørgensen (1995)

I forbindelse med revisionen af DS i 2008 lavede Bergstedt samtidig en undersøgelse, hvor han vurderede data fra 1997 i forhold til den nye standard. Opgørelsen over det tidligere

indsamlede data, viste at 65% af plankerne opnåede T1, styrkeklasse C18, men hvor han samtidig vurderer det som usandsynligt at nogle af samme planker ville kunne klasseres til T2, særlig pga. manglende stivhed og densitet. Ved denne undersøgelse tog han højde for krav til bøjningsbrudstyrke, elasticitetsmodel og densitet, samt årringsbredde. Fire faktorer som der endnu ikke foreligger data for i dette projekt. Bergstedt (2008) finder at plankerne i hans datasæt havde en stivhed udtrykt ved elasticitetsmodul på 8,7 kN/mm², mod 8,4 kN/mm² for datasættet i Bergstedt & Larsen (1998). Da kravet til C18 er 9,0 kN/mm² er dette et fokuspunkt i de kommende undersøgelser. I samme undersøgelser findes værdien for bøjningsbrudstyrken til 38 N/mm², hvor kravet til C18 er 18 N/mm², og i 1998 gives ikke et egentligt resultat, men det omtales at datasættets bøjningsstyrke er vel indenfor krav. Hvis data for nuværende planker viser en bøjningsbrudstyrke i samme høje niveau, vil det ikke være nedklasserende, da tidligere undersøgelser ligger langt over kravet. Tilbage står nu spørgsmålet hvad de faktiske værdier er for de fire faktorer i nærværende datasæt, men det må på baggrund af ovenstående forventes at klassificeringen afgøres af stivheden og dernæst densitet samt årringsbredde.

Det givne overblik over dyrkningshistorik for grandis i Danmark, giver antydning af at grandis har været behandlet som det meste andet nåletræ og at der ikke har været taget nødvendig højde for artens vækstkraft og vedteknologiske egenskaber, med hensyn til dyrkningen. Eller nok rettere, har man om ikke andet fra skovdyrkernes side haft at andet fokus på vækst og kort omdriftslængde. Grandis har været behandlet som rødgran (Bergstedt & Larsen, 1998) og det er ikke hensigtsmæssigt set med konstruktionstømmer for øje. Når grandis tyndes hårdt fra neden, så fremmes de vækstkraftige træer og artens udtalte uddifferentiering fremmer dermed individer med stor diameterlivvækst. Dette resulterer i tre styrkemæssigt kvalitetsnedsættende faktorer. De blivende træer får større knaster, bredere årringe og veddet lavere densitet. Da årringsbredder over 3,2 mm jf. Bergstedt & Larsen (1998) netop resultere i ringe stivhed, må det ønskes at behandle grandis særskilt fra anden nåletræsdyrkning, hvis man ønsker at

opnå konstruktionsegnet træ. Hvis man anlægger grandis med et plantetal jf. Sørensen & Thygesen (1993) på 3500 stk./ha (Bergstedt & Larsen (1998) anbefaler >3000 stk./ha), anlægger en hugstmåde hvor krukker hugges væk og derefter udfører en svag B hugst, så viser de bonitetsvise tilvækstoversigter (Sørensen & Thygesen, 1993) at målet om 3,2 mm årringsbredde for middeltræet er opnåeligt.

På Tabel 5 ses at middeltræets årringsbredde er meget tæt på målsætningen eller under, hvis produktionsoversigten følges. Det giver et indtryk af at grandis med en behandling som foreslået af flere, særligt Bergstedt & Larsen (1998), Sørensen & Thygesen (1993) og Madsen & Lomholt (2013), vil kunne producere tømmer af grandis som vil kunne overholde kravet til stivhed. Med den henholdende

hugst vil træet formentlig også overholde alle andre krav i forhold til visuel styrkesortering samt værdierne givet ved 4-punktsbøjning – bøjningsbrudstyrke, elasticitetsmodul og densitet. Det må formodes at ingen af de i projektet undersøgte bevoksninger har gennemgået en tyndingsplan lignende det foreslåede. Et fremtidigt hugstforsøg, behandlet som ovenforstående vil have stor relevans at udføre, særligt hvis det kan gøres på flere lokaliteter med divers bonitet. En gennemgående monitorering som det er sket for hugstforsøget YA, Marienlund på Løvenholm Skovdistrikt, vil kunne danne evidens for fremtidig korrekt dyrkning. Som en del af baggrunden for anbefalingerne af Bergstedt & Larsen (1998) anvendes data for

hugstforsøget YA og de har opstillet en tabel hvor det vises at kun A-parcellen overholder middel årringsbredde under 3,2 mm ved år 30 fra anlæg. På baggrund af samme regnemetode og opdaterede data fra prøveflade YA, sammenstillet af Hintz (2022), har forfatter replikeret beregningen for sidste opgørelse hvor bevoksningen blev takseret i 2017. Af Tabel 6 ses det at både A- og B-parcellerne ved status 2017 overholder maksimal årringsbredde på 3,2 mm. Her regnes dog udelukkende på middelårringsbredde, og der tages ikke højde for forskelle imellem årringes bredde i f.eks. ungdom og i modent

bevoksningstadiet. Når de faktiske tal for prøveflade YA, parcel B, sammenholdes ved de bonitetsvise produktionsoversigter som er lavet med udgangspunkt i en B-hugst (Sørensen & Thygesen, 1993) ses det at den af Hintz (2022) oplyste diameter stemmer nogenlunde overens med produktionsoversigten. B-parcellen, YA, rammer ca. højdebonitet 1,5 og producerer ved alder 50 år 1250 m³ totalproduktion, samt

Tabel 5: Beregning viser at middelårringsbredde er opnåelig med korrekt hugstmåde.

Kilde: c.f. Sørensen og Thygesen (1993)

Middel årringsbredde, Bonitetsvise tilvækstoversigter			
Højde på 1,3 meter opnås v. år 7 f.f. Bark 1 cm tyk.			
Alder v. plantning:		4	
	År	Diameter	Middel årringsbredde
BON 1	50	32,6	0,33
BON 2	50	31,4	0,31
BON 3	54	31,6	0,29

Tabel 6: Beregning af tilladte diameter for overholdelse af årringsbredde på maksimalt 3,2 mm i hugstforsøg. Kilde: c.f. Bergstedt & Larsen (1998) samt Hintz (2022).

Beregning af middeldiameter på Grandis-hugstforsøg, Marienlund 1965, Løvenholm					
Anlæggelses år	1965				
År	1995				
Alder ved plantning	4	Hugstmåde			
Alder fra frø	34	A-grad	B-grad	C-grad	D-grad
Stamtal, stk./ha		3311	1560	1069	480
Grundflade, m ² /ha		60	50	40	30
Diameter (Dg), cm		15,2	20,2	21,9	28,1
DBH-krav	17,55				
Anlæggelses år	1965				
År	2017				
Alder ved plantning	4	Hugstmåde			
Alder fra frø	56	A-grad	B-grad	C-grad	D-grad
Stamtal, stk./ha		1163	807	469	196
Grundflade, m ² /ha		69	64	54	48
Diameter (Dg), cm		27,5	31,7	38,2	56,1
DBH-krav	31,85				
Det antages at højde på 1,3 meter over jorden, er nået på 7 år fra frø.					

har en stående vedmasse på 850 m³. Den stående vedmasse er væsentligt over produktionsoversigten, hvilket kommer til udtryk i en væsentligt højere grundflade fordelt på et væsentligt højere stamtal end produktionsoversigten. Regnes på den relative grundflade for B-parcellen kontra A-parcellen fås denne til 93%, til forskel fra 83% i 1995, som er den traditionel relative grundflade for B-hugst (Bergstedt, 2016). Tyndingsgraden for B-parcellen har altså ikke været en reel B-hugst i de senere år hvor bevoksningen har vokset sig ”tæt”. Det at B-parcellen netop overholder kravet på 3,2 mm årringsbredde for middeltræet, fortæller os ligeledes at hugstenanbefalingen for grandis til konstruktionseget tømmer skal være en mild grad af B-hugst, for at overholde kravet til stivhed. De opdaterede data for hugstforsøget vil kunne ligge til grund for en revidering af de bonitetsvise tilvækstoversigter, idet Sørensen & Thygesen (1993) selv understreger at oversigter ”generelt er svagt underbygget fra år 35” da de kun havde få prøveflader i gamle bevoksninger og at ”oversigtens diameterudvikling og stamtalsafvikling er usikkert underbygget”. Nu er hugstforsøget godt 20 år ældre og der foreligger langt mere data til en eventuel opdatering af de bonitetsvise tilvækstoversigter.

En svag B-hugst har andre fordele, såsom mulighed for opbygning af en stor stående vedmasse med lav stormfaldsrisiko (Hintz, 2022) i en sluttet bevoksning med et samlet diameterspænd (Madsen & Lomholt, 2013) og deraf favorabel afdriftsøkonomi. Hertil kommer grandis gode sundhed (Larsen, 2012) som gør den i stand til at stå som vedmasseopsparing i lang tid, selv med høj tilvækst i alderdommen (Madsen & Lomholt, 2013). Svingende priser vil altid udfordrer økonomiske beregninger, men grandis har med det anviste forventeligt muligheden for spare vedmasse op og udføre konjukturhugst (Madsen, 2019) hvilket stiller arten stærkt i et træartsvalg. I et klimaperspektiv kan det ligeledes være en fordel at hugge bevoksninger med grandis svagt. Madsen, Moltesen, & Olesen (1978) har påvist at tørstofproduktionen falder ved hård hugst, dels på grund af at bevoksningernes volumentilvækst falder og fordi træernes årringsbredde øges, med faldende densitet som konsekvens. De redegør for at faldet i tørstofproduktion er ca. dobbelt så stort som vedmassetilvæksten. Når Nord-Larsen & Pretzsch (2017) har vist at grandis har en stor tørstofproduktion skal dette holdes for øje ved valg af hugststyrke, hvis man ønsker at drifte grandis med det formål at optage størst mulig mængde CO² eller f.eks. mest mulig tørstof til energiproduktion.

Grandis har med sine 1 mio. m³ hugstmodent træ relevans for den danske træindustri og da arten har kraftig vækst og dermed relativt kort omdrift, den anbefalede henholdende hugstbehandling til trods, vil mængden af produceret træ kunne øges inden for en overskuelig fremtid. Træarten har med sin sundhed og amplitude (Larsen, 2012) ligeledes mulighed for dyrkning i det meste af Danmark og dermed gode skaleringsmuligheder.

Hvis grandis bliver godkendt til konstruktionstræ på baggrund af det igangværende forskningsprojekt vil det være en gevinst for det danske skovbrug og for klimaet. Det anvendte konstruktionstræ vil binde CO² i al den tid hvor træet bliver anvendt som konstruktion. Skovdyrkerne vil kunne opnå bedre pris for træet, idet anvendelsesgraden følgelig har stor indflydelse på betalingsvilligheden. Et regneeksempel på den økonomiske forskel ses af Tabel 7, hvor træet ved afdrift konverteres fra 80% embalagetræ, til 50% langtømmer og 30% embalagetræ. Afdriftsmængdens værdi for stående volumen ved alder 50 år er jævnfør bonitet 2 (Sørensen & Thygesen, 1993). Indtægter og omkostninger er sat konservativt, men realistisk, og giver dækningsbidraget for afdriften ved begge muligheder. Som det ses ændres dækningsbidraget positivt med 39%, og da afdriftens dækningsbidrag er meget betydende for omsætningsbalancen vil merbidraget, uanset forudsætninger, løfte økonomien for en omdrift meget med denne afsætningsændring. Samme beregninger for afdriftsnetto vises af Madsen & Lomholt (2013), dog med ca. 30% forøgelse ved flere forskellige omdriftslængder.

Tabel 7: Øget DB1 ved afsætning til konstruktionstræ. Kilde: c.f. Sørensen & Thygesen (1993).

Regneeksempel på BON 2, Bonitetsvise tilvækstoversigter						
V ved afdrift: 629 m ³						
Afdrift						
Konstruktionstræ	Fordeling	V	IND, kr/m ³	OMK, kr/m ³	DB1, kr.	Diff.:
Langtømmer	50%	314,5	450	75	117937,5	
EBM	30%	188,7	350	125	42457,5	
FLI	20%	125,8	300	250	6290	
SUM:					166685	139%
Ej, konstruktionstræ						
	Fordeling	V	IND, kr/m ³	OMK, kr/m ³	DB1, kr.	
Langtømmer	0%	0	450	75	0	
EBM	80%	503,2	350	125	113220	
FLI	20%	125,8	300	250	6290	
SUM:					119510	72%
Difference i kr., konstruktionstræ eller ej:						47175

Afsætning til konstruktion vil give skovbruget en mere sikker afsætning, idet grandis så vil have flere anvendelsesmuligheder og deraf følgende flere afsætningskanaler. Idag sælges træet ofte til emballage, og for store dimensioners vedkommende til eksport. At kunne imødekomme den forventede fremtids efterspørgsel på konstruktionstræ er forskningsprojektets formål (Thybring, 2021), og grandis viser sig at have relevans med 45% af materialet sorteret i klasser som konstruktionseggede planker. En sikker afsætning vil øge skovdyrkernes interesse for arten og dermed hjælpe i skaleringsøjemed, fordi det danske skovbrug i højere grad vil stole på fremtidens prissætning qua anvendelsen til mere forædlede formål.

Da ikke overholdte dimensionstolerancer og vrid er skyld i stor frasortering til Ikke OK ved visuel styrkesortering, kan det overvejes om overmålet på savværket skal hæves. For nuværende saves plankerne med overmål på 1 mm på både smal- og bredside. Det ville være spændende at save planker i overmål på enten 2 eller 3 mm for at konstatere hvorvidt flere planker ville holde dimensionkravet efter høvling. Derudover kan det undersøges nærmere om tørringsprocessen pågår optimalt, og om plankerne evt. skal nedtørres mere end det er vanligt med andre nåletræsarten inden høvling, for dermed at undgå vrid efter høvling. Bergstedt & Larsen (1998) beskriver at vridning volder de danske savværker problemer. Idet grandis ikke normalt saves til firskåret træ i Danmark, er det nærliggende at tro at der her kan optimeres.

Konklusion

Grandis kan visuelt styrkesorteres ved brug af DS/INSTA 142 og giver, med forbehold for manglende registrering af årringsbredde, et brugbart resultat med udbytte på 45% konstruktionsegne planker i sorteringsklasserne T1, T2 og T3. Den visuelle styrkesortering afslører ligeledes at konstruktionstræ af grandis er udfordret på særligt fire krav: Revner i veddet, vrid før høvling resulterende i manglende overholdelse af dimensionstolerancer, vrid efter høvling samt enkeltknasternes størrelse. Disse fire krav deklasserer mange planker til sorteringsklasserne Ikke OK samt T1, som ikke er konstruktionsegne.

For endeligt at kunne besvare hvorvidt grandis kan anvendes til konstruktionstræ kræver det yderligere data, i form af plankernes årringsbredde til afslutning af den visuelle styrkesortering. Derudover vil kommende undersøgelser ved 4-punktsbøjning give værdier for styrke, stivhed og densitet, som er de krav der styrkeklasseres efter jævnfør DS/EN 338.

Der er statistisk signifikant forskel på middelværdierne for enkeltknasternes størrelse på plankernes bredside, på plankernes densitet samt deres indhold af fugt. Der findes ikke statistisk signifikante forskelle på andre undersøgte værdier.

Det nuværende datasæt kan ikke give en fuld afklaring af om grandis kan anvendes som konstruktionstræ, men datasættet, sammenholdt med litteraturstudie af tidligere undersøgelser, viser en tendens til at det er muligt at opnå en højere grad af konstruktionseget tømmer ved korrekt skovdyrkning.

Det er ved litteraturstudie og kontakt til erhvervet undersøgt hvordan grandis bør dyrkes med henblik på anvendelse som konstruktionstræ, og der gives følgende forenklede anvisning: Et kulturanlæg med 3500 planter pr. ha, hugst fra toppen med fokus på krukker og svag B-hugst igennem bevoksningens levetid.

På baggrund af diskussionen har grandis en plads i dansk skovbrug og et potentiale til ved passende skovdyrkning at imødekomme fremtidens efterspørgslen på konstruktionstræ.

Refleksion

For at kommende studerende, der deltager i forskningsprojektet, kan være effektive mener jeg, at der er flere lavthængende frugter at høste.

Inden opstart af den egentlige bachelorskrivningsperiode (Blok 4) vil jeg anbefale dem at tage undervisning i Excel og hvordan dette program kan anvendes til databehandling. Det har taget mig uforholdsmæssigt lang tid at arrangere data og analysere denne qua manglende forudgående viden. Forståelse for hvordan data skal registreres med henblik på efterfølgende analyse vil spare megen tid, som kan bruges indholdsmæssigt på projektet i stedet.

Jeg ser et optimeringspotentiale i at deltagere som det første får praktisk, ikke kun teoretisk, undervisning og forevisning af visuel styrkesortering, sådan at arbejdsprocessens omfang er forstået og at arbejdsprocessen tilsikres ensrettet. Jeg håber ligeledes at nærværende opgave, særligt teori og metode, kan anvendes til forudgående læsning om vedteknologi på et jordnært niveau og som arbejdsprotokol for arbejdets udførelse i forbindelse med den visuelle styrkesortering. En lignende protokol kan med fordel formuleres inden 4-punktsbøjning, alternativt kan næste skriftlige opgave danne grundlag derfor.

For at lette den visuelle styrkesortering, og målingen af årringsbredder i samme forbindelse, skal alle planker efter opskæring på savværk renskæres på begge endeflader ved brug af en kapsav. Denne arbejdsgang bør udføres netop på savværket, for at sikre en ren og tydelig endeflade efter transport fra skoven og træets opbevaring, samt en mere jævn overflade end hvad en motorsav kan præstere. Det kan ligeledes overvejes om årringsbredden skal måles og registreres allerede på savværket, idet snittet da er friskt. En anden faktor er at den label, med plankeidentifikation, som skal påsættes hver planke, efterfølgende vil dække for endefladen. Ovenstående procedure vil sikre at den visuelle styrkesortering kan afsluttes inden 4-punktsbøjning, modsat tilfældet for det datasæt der ligger til grund for denne rapport. Hermed opnås en adskillelse af den visuelle styrkesortering som giver en styrkesortering og 4-punktsbøjningen som danner grundlag for fastsættelse af plankernes styrkeklasse. Forskellen herom kan læses i normerne DS/INSTA 142 samt DS/EN 338.

Jeg vil på det kraftigste råde den studerende til at planlægge studietur uden for blok 4, for at holde fokus på dataindsamling i netop denne periode.

Perspektivering

Som projektdeltager føler jeg mig overbevist om at grandis har et potentiale som styrkesorteret konstruktionstræ. Der forestår at registrere data for visuel styrkesortering, afprøve plankerne ved 4-punktsbøjning og analysere data for det resterende af batch nr. 1 samt hele batch nr. 2. Jeg tror på baggrund af denne rapport at en godkendelse af grandis til konstruktion vil lykkes, og ser meget frem til på sigt at blive præsenteret af redegørelsen for det samlede forskningsprojekt.

Grandis har med sin kraftige vækst et stort potentiale til at imødekomme fremtidens behov for træ, også til konstruktion. Potentialet består både i tørstofproduktion, og dermed binding af kuldioxid, samt vedmassetilvækst til skåret træ, da begge vil være en stor gevinst for klimaet og for skovbruget.

For at citere Madsen & Lomholt (2013) så ser jeg grandis som ”en fed fugl i hånden” og en øget dyrkning af grandis, med alle dens fordele, bør ikke kun være en overvejelse værd.

Litteraturliste

- Bergstedt, A. (2008). *Om planker af grandis*. København: IGN.
- Bergstedt, A. (2016). *Skovdyrkning i praksis*. København: Københavns Universitet.
- Bergstedt, A., & Larsen, J. B. (Februar 1998). Vedkvalitet hos grandis. *Skoven*, 30., 52-53.
- Bergstedt, A., & Larsen, J. B. (1998). *Vedkvalitet hos grandis: Hvordan kan den påvirkes gennem skovdyrkningen?* København: Miljø- og Energiministeriet. Forskningscentret for Skov & Landskab.
- Dansk Standard. (2016). *Konstruktionstræ - Styrkeklasser*. København: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2009). *Nordiske regler for visuel styrkesortering af konstruktionstræ*. København: Dansk Standard.
- Danske Maskinstationer og Entreprenører. (8. Maj 2015). *Så meget træ aftager træindustrien*. Hentet fra dmoge.dk: <https://www.dmoge.dk/skov/59-nyheder/skov/1068-sa-meget-trae-aftager-traeindustrien>
- DMI. (8. Juni 2022). *Nedbør og sol i Danmark*. Hentet fra dmi.dk: <https://www.dmi.dk/klima/temaforside-klimaet-frem-til-i-dag/nedbor-og-sol-i-danmark/>
- Henriksen, H. (1988). *Skoven og dens dyrkning*. København: Dansk Skovforening.
- Hintz, D. (1. Juni 2022). Skovfoged. Auning, Djursland, Danmark.
- Hintz, D. (1. Juni 2022). Skovfoged. (J. R. Burkal, Interviewer)
- Holm, F. (1935). Abies grandis i Danmark. *Det Forstlige Forsøgsvæsen*, 113, s. 379-408.
- Innovationsfonden. (24. Marts 2020). *Nye forskningsmidler skal gøre byggesektoren grønnere*. Hentet fra innovationsfonden.dk: <https://innovationsfonden.dk/da/nyheder-presse-og-job/nye-forskningsmidler-skal-gore-byggesektoren-gronnere>
- Larsen, J. (2012). *Træartsvalget 8. Grandis*. København: Skov og landskab.
- Lauridsen, L. (25. Maj 2022). Skovfoged. (J. R. Burkal, Interviewer)
- Madsen, E. M. (August 2019). Skovkonference 2019, Grandis - den grønne Ferrari. *Skoven*, 51., 282-284.
- Madsen, E., & Lomholt, A. (2013). Hvordan får man i både pose og sæk - Om hugst fra toppen i grandis. *Skoven*, 45., 64-68.
- Madsen, T. L., Moltesen, P., & Olesen, P. O. (1978). Tyndingsstyrkens indflydelse på rødgranens rumtæthed, tørstofproduktion, gentykkelse og grenmængde. *Det Forstlige Forsøgsvæsen*, 296, s. 182-203.
- Miljøstyrelsen. (13. Juni 2022). *Etablering af pileanlæg - Baggrundsrapport*. Hentet fra mst.dk: <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7972-596-1/html/kap04.htm#4.2>
- Miljøstyrelsen. (3. Juni 2022). *Grandis*. Hentet fra mst.dk: <https://mst.dk/natur-vand/natur/artsleksikon/froeplanter/grandis/>

- Moltesen, P. (Januar 1972). Åringsbreddens betydning for granveddet kvalitet. *Skoven*, 4., Tillægshæfte til nr. 1: 11-12.
- Møller, C. M. (1965). *Vore skovtræarter og deres dyrkning*. København.
- Møller, P. F., & Staun, H. (2017). *Danmarks træer og buske*. Hillerød: Koustrup & Co.
- Nielsen, A. (21. December 2021). Adjunkt KU og savværksfører. (J. R. Burkal, Interviewer)
- Nord-Larsen, T. (7. Juni 2022). Seniorforsker. (J. R. Burkal, Interviewer)
- Nord-Larsen, T., & Jørgensen, B. B. (August 2019). Nåletræsserien fra 1965. *Skoven*, 51., 274-277.
- Nord-Larsen, T., & Pretzsch, H. (2017). *Biomass production dynamics for common forest tree species in Denmark – Evaluation of a common garden experiment after 50 yrs of measurements*. København: Forest Ecology and Management.
- Nord-Larsen, T., Johannsen, V. K., Riis-Nielsen, T., Thomsen, I. M., & Jørgensen, B. B. (2021). *Skovstatistik 2020*. København: Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, KU.
- Rasmussen, A. F. (8. Juni 2022). Skov- & Landskabsingeniør studerende, årgang 2022. (J. R. Burkal, Interviewer)
- Ridley-Ellis, D., Stapel, P., & Baño, V. (2016). *Strength grading of sawn timber in Europe: an explanation for engineers and researchers*. Berlin: European Journal of Wood and Wood Products.
- Sørensen, J. R., & Jørgensen, B. B. (1995). *Undersøgelse af rumtæthedsniveau for rødgran, sitkagran, douglasgran og grandis I & II*. København: Forskningscentret for skov og landskab.
- Sørensen, V. K., & Thygesen, G. L. (1993). *Bonitetsvise produktionsoversigter for Abies grandis i Danmark*. København: Forskningscentret for Skov & Landskab.
- Teknologisk Institut. (24. 5 2021). *Opbygning af træet*. Hentet fra traee.dk: <https://www.traee.dk/leksikon/opbygning-af-traeet/>
- Teknologisk Institut. (6. Juni 2022). *Opbygning af træet*. Hentet fra traee.dk: <https://www.traee.dk/leksikon/opbygning-af-traeet/>
- Thomassen, T. (1995). *Træ og Træmaterialer*. Tåstrup: Teknologisk Institut Træteknik.
- Thybring, E. E. (2021). *Forskningsprojekt: "Grandis som konstruktionstræ"*. København: Københavns Universitet og Teknologisk Institut.
- Thybring, E. E. (2. Juni 2022). Lektor. (J. R. Burkal, Interviewer)
- Tillisch, E. (1952). Om *Abies grandis* og dens muligheder i dansk skovbrug. *Dansk Skovforenings Tidsskrift*, 37., s. 139-205.
- Wikipedia. (03. Juni 2022). *Fotosyntese*. Hentet fra da.wikipedia.org: <https://da.wikipedia.org/wiki/Fotosyntese>
- Zeidler, A., & Šedivka, P. (2015). *Influence of selected factors on wood density variability in grand fir (Abies grandis/Douglas/Lindl.)*. Prag: Wood Research.
- Billede på forside: Holm, F. (1935). *Abies grandis* i Danmark. *Det Forstlige Forsøgsvæsen*, 113, s. 380.

Bilag

Bilag 1 – Planker styrkesorteret som Ikke OK

Tabel 8: Planker, Ikke OK. Kilde: Forfatter.

Element number	Prøveflade	General strength grade	Single knot	Knots in squares	Check, not through the piece (aggregated length)	Wane	Tolerances of dimensions	Twist
F1013 B1 7803-2 A	F1013	Not OK	T1	T3	T3	T3	Not OK	Not OK
F1013 B3 7709-2 B	F1013	Not OK	T1	T3	T0	T3	T3	Not OK
F1013 B6 7819-3 B	F1013	Not OK	T2	T3	T0	T3	Not OK	T1
F1013 B2 7782-1 A	F1013	Not OK	T2	T3	Not OK	T3	Not OK	Not OK
F1013 B1 7805-1 A	F1013	Not OK	T2	T3	T0	T3	Not OK	Not OK
F1013 B2 7780-3 A	F1013	Not OK	T2	T3	T3	T3	Not OK	T1
F1261 3 7598-2 A	F1261	Not OK	T2	T3	T3	T3	Not OK	Not OK
F1261 8 7628-2 B	F1261	Not OK	T2	T3	T3	T3	Not OK	Not OK
F1261 2 7608-4 B	F1261	Not OK	T1	T3	T0	T3	T3	Not OK
GP157 B3 7738-3 B	GP157	Not OK	T2	T3	Not OK	T3	Not OK	Not OK
L111 83 7537-2 A	L111	Not OK	Not OK	T3	T3	T3	Not OK	Not OK
L111 24 7581-2 A	L111	Not OK	T1	T3	T0	T3	T3	Not OK
L111 53 7544-2 A	L111	Not OK	T2	T3	T0	T3	T3	Not OK
L111 79 7526 -1 A	L111	Not OK	Not OK	T3	T3	T3	T3	T1
R209 B5 7620-2 A	R209	Not OK	T3	T3	T0	T3	Not OK	Not OK
R209 B3 7690-1 A	R209	Not OK	T0	T3	T3	T3	Not OK	T3
R209 B6 7003-3 A	R209	Not OK	T1	T3	T0	T3	T3	Not OK
R209 B2 7665-3 B	R209	Not OK	T0	T3	T3	T3	T3	Not OK
R209 B2 7663-5 B	R209	Not OK	T1	T3	Not OK	T3	T3	T3
R209 B2 7663-3 B	R209	Not OK	T1	T3	T0	T3	T3	Not OK
R209 B3 7688-3 A	R209	Not OK	T3	T3	T0	T3	Not OK	T3
U1	#VÆRDI!	Not OK	T1	T3	T3	T3	Not OK	T3
U4	#VÆRDI!	Not OK	T1	T3	T0	T3	Not OK	Not OK
U7	#VÆRDI!	Not OK	T1	T3	T3	T3	Not OK	T3
U13	#VÆRDI!	Not OK	T1	T3	T3	T3	Not OK	Not OK
U17	#VÆRDI!	Not OK	T2	T3	T0	T3	Not OK	T1
U18	#VÆRDI!	Not OK	T3	T3	T3	T3	Not OK	Not OK
U23	#VÆRDI!	Not OK	T3	T3	Not OK	T3	T3	T1
U24	#VÆRDI!	Not OK	T2	T3	T3	T3	Not OK	T1
U25	#VÆRDI!	Not OK	T2	T3	T0	T3	Not OK	T1
U28	#VÆRDI!	Not OK	T2	Not OK	T1	T3	Not OK	Not OK
U30	#VÆRDI!	Not OK	T1	T3	T3	T3	Not OK	Not OK
U32	#VÆRDI!	Not OK	T3	T3	T1	Not OK	T3	T3
U33	#VÆRDI!	Not OK	T2	T3	Not OK	T3	T3	T3
U37	#VÆRDI!	Not OK	T0	T3	Not OK	T3	T3	T3
U39	#VÆRDI!	Not OK	T2	T3	T3	T3	Not OK	T1
U42	#VÆRDI!	Not OK	T2	T3	T3	T3	T3	Not OK
U43	#VÆRDI!	Not OK	T1	T3	T3	T3	Not OK	T1
U46	#VÆRDI!	Not OK	T2	T3	Not OK	T3	T3	T3
U48	#VÆRDI!	Not OK	T1	T3	Not OK	T3	Not OK	T1
U49	#VÆRDI!	Not OK	T2	T3	T3	T3	Not OK	T1
U51	#VÆRDI!	Not OK	T2	T3	T3	T3	Not OK	T1
U53	#VÆRDI!	Not OK	T2	T3	T3	T3	Not OK	T3
U56	#VÆRDI!	Not OK	T1	T3	T3	T3	Not OK	T3

Bilag 2 – Planker styrkesorteret som T0-T2

Tabel 9: Planker, T0-T2. Kilde: Forfatter.

General strength grade	Single knot		General strength grade	Single knot		General strength grade	Single knot
T0	T0		T1	T1		T2	T2
T0	T1		T1	T1		T2	T2
T0	T0		T1	T1		T2	T2
T0	T1		T1	T1		T2	T2
T0	T2		T1	T2		T2	T2
T0	T1		T1	T1		T2	T2
T0	T2		T1	T1		T2	T2
T0	T1		T1	T1		T2	T2
T0	T1		T1	T2		T2	T2
T0	T2		T1	T1		T2	T3
T0	T1		T1	T1		T2	T2
T0	T3		T1	T1		T2	T2
T0	T0		T1	T1		T2	T2
T0	T1		T1	T1		T2	T2
T0	T0		T1	T1		T2	T3
T0	T1		T1	T1		T2	T2
T0	T1		T1	T1		T2	T3
T0	T0		T1	T1		T2	T3
T0	T1		T1	T2		T2	T2
T0	T0		T1	T2		T2	T2
T0	T1		T1	T1		T2	T3
T0	T0		T1	T1		T2	T3
T0	T1		T1	T2		T2	T2
T0	T1		T1	T1		T2	T2
T0	T2		T1	T1		T2	T2
T0	T0		T1	T2		T2	T2
T0	T2		T1	T2		T2	T2
T0	T2		T1	T2		T2	T2
T0	T0		T1	T1		T2	T2
T0	T0		T1	T2		T2	T2
T0	T0		T1	T1		T2	T2
T0	T1		T1	T1		T2	T2
T0	T1		T1	T1		T2	T2
T0	T0		T1	T1		T2	T2
T0	T0		T1	T1		T2	T2
T0	T0		T1	T1		T2	T2
T0	T0		T1	T1		T2	T2
T0	T0		T1	T1		T2	T2
T0	T2		T1	T2		T2	T2
T0	T3		T1	T2			
T0	T2						
T0	T2						
T0	T2						
T0	T0						
T0	T1						
T0	T0						
T0	T1						
T0	T1						
T0	T1						
T0	T2						
T0	T1						
T0	T2						
T0	T2						
T0	T3						
T0	T1						
T0	T1						
T0	T1						
T0	T2						
T0	T2						
T0	T2						
T0	T1						
T0	T1						
T0	T1						
T0	T2						
T0	T2						
T0	T1						

Bilag 3 – Bonitetsvise produktionsoversigter, *Abies grandis*, BON 1-3

Tabel 10: Bonitetsvise produktionsoversigter. Kilde: c.f. Sørensen & Thygesen (1993).

bon. 1	Efter hugst					Hugst				Tilvækst			
	<i>t</i>	<i>N</i>	<i>H_g</i>	<i>D_g</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>D_g</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>I_v</i>	<i>I_{vd-t}</i>
år	ha ⁻¹	m	cm	m ² ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	ha ⁻¹	cm	m ² ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹
18	2583	8,3	10,9	24,1	88	917	7,1	3,6	12	100			
22	2078	12,8	14,8	35,5	208	505	9,6	3,7	22	242	35,4	13,4	
26	1593	17,0	18,1	41,0	325	485	12,7	6,1	47	406	41,0	18,4	
30	1250	20,8	21,0	43,3	427	343	15,8	6,7	63	571	41,3	22,0	
34	1016	24,2	23,8	45,0	521	234	17,8	5,8	65	730	39,9	24,3	
38	839	27,5	26,3	45,6	605	177	19,7	5,4	68	882	37,8	25,9	
42	718	30,6	28,5	45,9	683	121	21,4	4,3	62	1022	35,0	26,9	
46	624	32,9	30,8	46,5	745	94	23,1	4,0	62	1146	31,0	27,3	
50	563	34,7	32,6	47,0	795	61	24,5	2,9	49	1245	24,8	27,1	
bon. 2	Efter hugst					Hugst				Tilvækst			
<i>t</i>	<i>N</i>	<i>H_g</i>	<i>D_g</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>D_g</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>I_v</i>	<i>I_{vd-t}</i>	
år	ha ⁻¹	m	cm	m ² ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	ha ⁻¹	cm	m ² ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹	
22	2152	9,7	12,1	24,8	107	1348	7,9	6,6	25	132			
26	1606	13,3	16,2	32,9	199	546	10,5	4,7	30	254	30,4	11,5	
30	1253	16,4	19,7	38,0	286	353	13,8	5,3	41	382	32,0	14,7	
34	1018	19,6	22,7	41,0	373	235	15,9	4,7	44	513	32,9	17,1	
38	841	22,3	25,5	42,8	446	177	19,1	5,0	56	642	32,2	18,9	
42	722	25,0	27,8	43,9	517	119	20,9	4,1	51	764	30,4	20,1	
46	637	27,3	29,9	44,7	578	85	22,4	3,4	45	870	26,5	20,7	
50	582	29,3	31,4	45,1	629	55	23,6	2,4	34	955	21,3	20,8	
bon. 3	Efter hugst					Hugst				Tilvækst			
<i>t</i>	<i>N</i>	<i>H_g</i>	<i>D_g</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>D_g</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>I_v</i>	<i>I_{vd-t}</i>	
år	ha ⁻¹	m	cm	m ² ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	ha ⁻¹	cm	m ² ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹	m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹	
26	1979	9,6	12,4	23,9	101	1521	8,1	7,8	29	130			
30	1343	12,0	16,4	28,5	152	636	10,7	5,7	31	212	20,5	8,2	
34	1033	14,7	20,2	33,1	218	310	14,1	4,9	33	311	24,8	10,4	
38	841	17,3	23,7	37,1	289	192	16,6	4,2	35	417	26,4	12,3	
42	725	19,7	26,4	39,6	355	116	19,8	3,6	34	517	24,9	13,6	
46	639	21,5	28,7	41,3	405	86	21,5	3,1	32	599	20,7	14,3	
50	585	22,8	30,5	42,6	445	54	22,8	2,2	24	663	15,8	14,4	
54	547	23,8	31,6	42,9	468	38	23,7	1,7	19	705	10,7	14,1	