



# **Skovrejsningen Kjærballer Plantage (KIRKBI A/S)**

Arealdisponering og kulstofregnskab

## **The afforestation Kjærballer Plantage (KIRKBI A/S)**

Land allocation and carbon accounting

### **Bachelorprojekt**

Forfattere: Simon Sode Ellegård (SXG436) & Lasse Rønby Priess Sørensen (VZC207)

Uddannelse: Skov- og Landskabsingeniør 2023

Kursus nr.: 5070-B4-4F23

Vejleder: Thomas Nord-Larsen, IGN

Afleveringsdato: 15. juni 2023

## Resumé

Skovrejsning kræver ofte megen planlægning og strukturering. Derfor omhandler denne opgave en udarbejdelse af 'Drejebog for Klimaskovrejsning' med henblik på at strukturere og effektivisere arealdisponering ved klimaskovrejsning. Til baggrund for drejebogen indeholder opgaven en udførlig arealdisponering for Kjærballe Plantage med dertilhørende lokalitetsafhængige overvejelser. I forbindelse med dataindsamling for Kjærballe Plantage er projektarealet gennemgået for naturindhold, hydrologi, historie, lovgivende forhold og jordbund. Adskillige jordspyd er udført for at finde det lokale dyrkningspotentiale for træproduktion.

Opgaven beskriver, analyserer og diskuterer den fremgangsmåde som er anvendt til udarbejdelsen af arealdisponeringen og kulstofregnskabet for Kjærballe Plantage. I et tidsperspektiv på 20, 30, 50 og 70 år ønsker vi, at beregne den konkrete klimaeffekt ved skovrejsningen for Kjærballe Plantage. Ved en analyse af vækstbetingelserne for en nabobevoksning, udarbejdede vi tilvæksttabeller til at beregne kulstofoptaget i over- og underjordisk biomasse, udtag af biomasse til træprodukter, træprodukters lagereffekt i samfundet og træprodukters substitutions-effekt i samfundet.

Ved udarbejdelsen af kulstofregnskabet for Kjærballe Plantage, var den summeret klimaeffekt ved 20 år: -25.588 tons CO<sub>2</sub>-eq; 30 år -50.603 tons CO<sub>2</sub>-eq; 50 år: -113.814 tons CO<sub>2</sub>-eq og 70 år -182.550 tons CO<sub>2</sub>-eq. Alt i alt bidrager opgaven til en fremgangsmåde for helhedsplaner ved klimaskovrejsning, samt et kulstofregnskab over Kjærballe Plantages klimaeffekt.

## Abstract

Afforestation projects often require much planning and allocation of considerable resources. With that in mind, this projects focus is to produce a manual for afforestation projects for KIRKBI A/S. The manual is based on a comprehensive plan for land allocations, and the associated considerations regarding a specific afforestation project at Kjærballe Plantage.

Furthermore, the thesis describes the analysis and the calculations used in carbon accounting for Kjærballe Plantage. The carbon accounting is calculated based on growth conditions for the trees, found through yieldtables of the growth potential in a neighbouring forest. As well as general assumptions used within the field of carbon accounting regarding sequestration and substitution. The carbon account is discussed and presented within the scope of 20, 30, 50, and 70 years.

The results of the carbon accounting are as follows: the total negative emissions at 20 years is -25.588 tonnes CO<sub>2</sub>-eq; the total negative emissions at 30 years is -50.603 tonnes CO<sub>2</sub>-eq; the total negative emissions at 50 years is -113.814 tonnes CO<sub>2</sub>-eq; the total negative emissions at 70 years is -182.550 tonnes CO<sub>2</sub>-eq.

## Forord

Denne opgave er blevet introduceret på baggrund af kurset Skovdrift og Samfund. Opgavens grundlag bygger på et ønske om klimaskovrejsninger for KIRKBI A/S, hvor skovrejsning ved Kjærballer Plantage skal fremstå som et pilotprojekt.

Opgaven er relevant for skovdyrkere der ønsker øget viden om de strategiske overvejelser, der ligger til grund, for arealdisponering ved store opkøb af arealer af marginal landbrugsjord. Ydermere beregner vi klimaeffekten for Kjærballer Plantage, der giver indsigt i de fremtidige kulstofemissioner fra skovens dyrkning: kulstofemissioner i biomasse, i træprodukter og reducerede kulstofemissioner ved substitution af andre produkter i samfundet ved brug af træ.

For vores vedkommende var der en faglig interesse for hvorledes en arealdisponering skulle udføres som en helhedsplan for en ny skov. Også erfaringen med beregning af klimaeffekten fra en konkret skovrejsning med dets indflydelse på klimaet fandt vi relevant for nutidens skovbrug. Opgaven ønsker at bidrage til videre arbejde med helhedsplaner for natur- og skovforvaltning.

Tak skal lyde til Peter Vind Larsen fra KIRKBI A/S for at stille deres projektareal til rådighed for denne opgave, samt deres åbenhed omkring deres ideer og tanker, som har været til stor nytte og inspiration for os. Også en stor tak til Michael Gehlert fra Skovdyrkerne Vestjylland for at dele sin viden og erfaring. Sidst skal lyde en stor påskønnelse til vores vejleder, seniorforsker Thomas Nord-Larsen fra IGN (Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning), for kyndige råd og vejledning i forbindelse med bachelorprojektet.

## Underskrifter

Skovskolen, Nødebo d. 15. juni 2023



---

Simon Sode Ellegård



---

Lasse Priess Sørensen

## Indholdsfortegnelse

Resumé.....	2
Abstract.....	3
Forord.....	4
Underskrifter.....	4
Indledning.....	9
Problemformulering.....	11
Målbeskrivelse fra Kirkbi A/S.....	12
Afgrænsning.....	12
Generelt om Kjærballer Plantage.....	13
Hedeområder - historisk set.....	14
Beskyttet natur.....	14
Fortidsminder.....	15
Sø- og åbeskyttelseslinje.....	15
Vækstbetingelser.....	16
Tidligere anvendelse.....	16
Beskrivelse af data.....	17
Jordspyd.....	17
Dræningsforhold.....	21
Taksation af nabobevoksning:.....	22
Indsamling af sekundært data for <i>Abies grandis</i> og sitkagran.....	26
Indsamling af sekundært data for hybridpoppel OP42.....	27
Indsamling af sekundært data for hybridlærk.....	27

Metodeafsnit.....	28
Skrivebordsanalyse:.....	28
Udvælgelse af nabobevoksning til bonitering.....	29
Den praktiske fremgangsmåde ved højdemåling .....	29
Udarbejdelse af højdeindeksaldre – bonitetsklasser .....	30
Jordspyd .....	30
Den praktiske fremgangsmåde ved jordspyd.....	34
Klassificering af jordspydprøver.....	35
Interview .....	35
Drejebog.....	36
Arealfordeling.....	36
Naturzonen .....	37
Produktionszonen.....	40
Kulstofregnskab for Kjærballer Plantage .....	47
Generelt om skovens vækst, kulstof i skoven og samfundet.....	47
Beregning af kulstofregnskab for Kjærballer Plantage.....	49
Opbygning.....	49
Beregningsmetode for kulstof i træer med ekspansionsfaktor .....	50
Beregningsmetode for kulstof i træer med biomasseligninger .....	51
Sortimentsfordeling.....	54
Indre- og ydrebyrn .....	56
Træets produktionskæde .....	57
Beregning af substitutionseffekt .....	58

Det totale optag af CO <sub>2</sub> -ækvivalenter ved given tid.....	60
Beregningsmetode for klimaeffekten ved omlægning af marginal landbrugsjord.....	61
Halveringstid.....	62
Fremstillingsmetode til kulstofregnskab ved given tid for træarter.....	62
Fremstilling af tilvæksttabeller generelt.....	64
Fremgangsmåde for tilvæksttabel i Vidar.....	65
Fremstilling af tilvæksttabeller for blandingskulturer.....	66
Resultater og produkt.....	68
Drejebog for klimaskovrejsning.....	68
Eksempler på brug af drejebogen ved Kjærballer Plantage.....	73
De juridiske forhold og dispensationer.....	75
Areal disponering.....	76
Klimaeffekt ved Kjærballer Plantage.....	81
Klimaregnskab.....	81
Diskussion.....	89
Data.....	89
Bonitering.....	89
Følsomhedsanalyse på højdeobservationer.....	91
Interview.....	94
Areal disponering.....	94
Skovstruktur.....	96
Jordbearbejdning.....	97
Naturbeskyttelse og dispensationer.....	98

Erstatningsnatur .....	99
Tilvæksttabeller .....	101
Kulstofregnskab for hybridlærk .....	105
Kulstofregnskab for hybridpoppe OP42 .....	105
Kulstofregnskab for de indre- og ydre bryn .....	106
Klimaeffekt over tid .....	106
Indirekte effekter: .....	108
Beregning af kulstofoptag for bevoksningerne .....	109
Træets anvendelse .....	112
Perspektiveringen .....	114
Konklusion .....	115
Litteraturliste .....	116
Bilagsfortegnelse .....	121
Bilag 1 – GIS logbog .....	123
Bilag 2 – Dataset fra højdemålinger i Hesselvig Plantage .....	125
Bilag 3 – Jordspjdsresultater .....	131
Bilag 4 – Kommentarer for afdelings- og litrainddelinger .....	132
Bilag 5 - Beregningsmetode for mix tilvæksttabel .....	136
Bilag 6 - Kulstofregnskab tilvækststabeller for Douglas- og sitkagranbevoksning: .....	140
Bilag 7 - Eksempel på sammenligning af totalproduktion: .....	150
Bilag 8 – Ekspansionsfaktorer .....	151
Henvisninger .....	152



## Indledning

Siden midten af det 20. århundrede har menneskelig indflydelse været den dominerende årsag til klimaforandringerne. Den største faktor i forbindelse med klimaforandringerne kommer som følge af menneskers forøgede ressourceforbrug på kloden, hvor det især er brugen af fossile brændsler, som har bidraget til drivhuseffekten.<sup>1</sup>

I dag er der videnskabelig evidens for at klimaforandringerne er en realitet og at disse har en negativ betydning for mange mennesker og naturen i verden. Vi ser hyppigere ekstreme vejr-hændelser såsom tørke, hedebølger og oversvømmelser. Jordens overfladetemperatur stiger i hurtigere grad end i tidligere tider, grundet udledning af drivhusgasser. Forandringerne forårsager tab af natur og skade på mennesker.<sup>2</sup>

I 2015 indgik 196 medlemslande i FN en juridisk bindende klimaaf tale kaldet Parisaftalen. Med Parisaftalen forpligter landene sig til at nedbringe udledningen af drivhusgasser. Danmark deltog også i Parisaftalen og det mundede ud i en dansk klimalov i 2019.<sup>3</sup>

Den daværende regering vedtog, at drivhusgasudledningen skulle reduceres med 70 % fra 1990 til 2030. Danmark ville i denne sammenhæng fremstå som et foregangsland i den internationale klimaindsats.<sup>4</sup>

Kort inden Danmarks klimalov blev vedtaget, udgav Miljø- og Fødevarerstyrelsen et nationalt skovprogram. I denne rapport blev der lagt stor vægt på skovens værdi med dens mangfoldige egenskaber. Heriblandt blev træernes evne til at optage af CO<sub>2</sub>, en drivhusgas, sat i rampelyset.<sup>5</sup>

Klimarådet anbefaler i rapporten "*Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion*" skovrejsning som et middel i kampen mod klimaforandringerne. Skovrejsning anbefales fordi det er et værktøj der kan implementeres her og nu, og som desuden bidrager til miljømæssige og rekreative formål.<sup>6</sup> I Danmark optager skovene gennemsnitlig 5,6 t CO<sub>2</sub>-eq/ha/år, svarende til 75% af Danmarks udledning fordelt pr. indbygger på 7,5 t CO<sub>2</sub>-eq/år.<sup>7</sup>

Gennem træernes vækst oplagres CO<sub>2</sub> fra luften, som omdannes til biomasse samtidig med at der frigives ilt. Herved opbygges der løbende et lager af kulstof i skovene. Drift af skovene, vil bidrage med større andel af produkter såsom gavntræ og kævler eller kunne erstatte fossile brændstoffer ved afbrænding til energiformål. I byggebranchen kan energitunge materialer såsom stål, aluminium og beton, udskiftes med skovens produkter. Dette kaldes skovens lager- og substitutionseffekt. På denne måde kan skove og træ bidrage til at afhjælpe klimaforandringerne.<sup>8</sup>

I lyset af Parisaftalen besluttede virksomheden KIRKBI A/S i 2022, at reducere deres udledning af kulstof.<sup>9</sup> En del af KIRKBIs vision er at styrke tilliden til virksomheden i samfundet. Derfor har KIRKBI sat sig for at skabe en positiv påvirkning i verden igennem ansvarlige og bæredygtige investeringer.<sup>10</sup>

Som følge heraf vil KIRKBI i løbet af de næste 10 år opkøbe væsentlige arealer af marginal landbrugsjord med henblik på skovrejsning med klimaformål. Klimaformålene er bl.a. at sikre bæredygtige skove med en lagereffekt i skoven, i træprodukter og igennem maksimal substitutions-effekt. KIRKBI er allerede i gang med projektet, de har opkøbt et areal til skovrejsning på 240 ha vest for Brande i Midtjylland. Arealet har fået navnet Kjærballe Plantage og fremstår som et pilotprojekt for kommende skovrejsningsarealer.<sup>11</sup>

Skovrejsning kræver ofte megen planlægning og strukturering. Planlægningen indebærer mange hensyn og lokalitetsafhængige overvejelser, derfor vil det frigøre mange ressourcer hvis denne proces kan organiseres mere effektivt. Dette kræver en arealdisponering, der lever op til det overordnede formål om at maksimere skovens klimaeffekt, men som samtidig tager hensyn til eksempelvis retslige bindinger og naturværdier.<sup>12</sup>

## Problemformulering

I den forbindelse ønsker vi at undersøge følgende:

Hvordan disponeres en helhedsplan for klimaskovrejsning i Kirkbi A/S?

- Hvilken fremgangsmåde kan Kirkbi A/S anvende til at foretage den konkrete arealdisposition på skovrejsningsarealer?
- Hvordan anvendes denne fremgangsmåde i Kjærballer Plantage til fastlæggelse af den konkrete arealdisposition?
  - Hvilken klimaeffekt har Kjærballer Plantage over tid?
  - Hvilken lagereffekt er der i Kjærballer Plantage over tid?
  - Hvor stor er substitutionseffekten ved de produkter som Kjærballer Plantage forventes at producere over tid?

## Målbeskrivelse fra Kirkbi A/S

Arealet skal som minimum disponeres af hensyn til følgende funktioner:

- Naturarealer og stabiliserende elementer i skoven;
  - Naturarealer (bevoksede og lysåbne) hvor eksisterende natur beskyttes og udbygges og langsigtede stabiliserende elementer i skoven.
  - Begge disse typer arealer forventes at være domineret af hjemmehørende arter med stort naturpotentiale.
- Produktionsarealer, hvor klimaeffekt og vedproduktion er hovedfokus. Disse arealer vil være domineret af nåletræ i de fleste tilfælde;
  - Blandingsbevoksninger i nål, renbestand af nål og arealer med forkultur (løv eller nål).

I den endelige skovportefølje forventes følgende omtrentvis fordeling:

- Naturarealer og stabiliserende elementer; 20-25% af arealet
- Produktionsbevoksninger på resten af arealet fordelt således:
  - Blandingsbevoksninger i nål: 60%
  - Renbestand i nål: 20%
  - Forkultur: 20%

## Afgrænsning

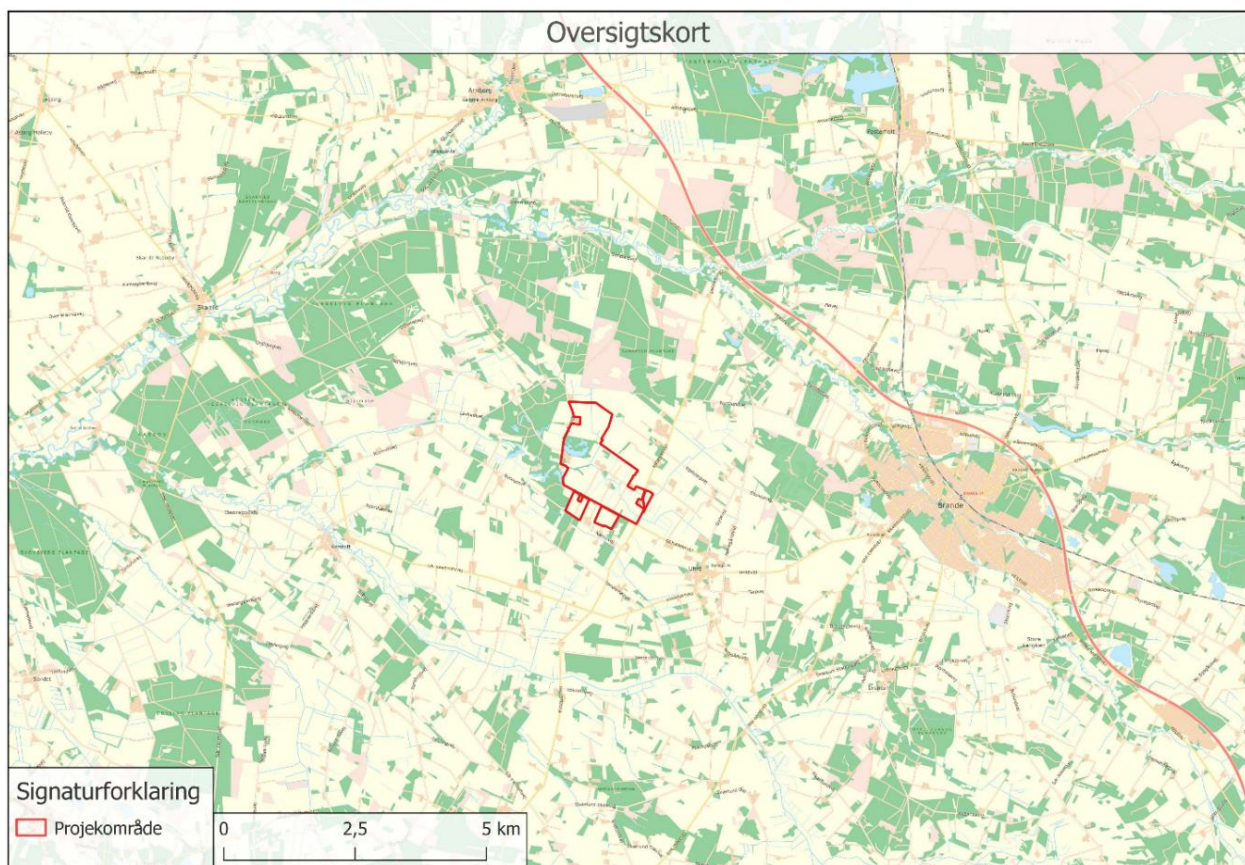
Vores fokus i denne opgave er, at behandle de strategiske overvejelser ved arealdisponeringen ud fra KIRKBIs målsætninger for klimaskovrejsning og konkret for skovrejsningen ved Kjærballer Plantage. Overordnet omhandler vores opgave ingen økonomiske beregninger for skovrejsningen ved Kjærballer Plantage.

Derudover ønsker vi, at beregne klimaeffekten ved de direkte effekter for Kjærballer Plantage ved givne tidspunkter 20, 30, 50 og 70 år.

Vi afgrænser os fra at beregne de indirekte effekter for skovrejsning i kulstofregnskabet.

## Generelt om Kjærballer Plantage

Kjærballer Plantage er beliggende omkring 7 km vest for Brande i Midtjylland. Til området er der cirka 230 ha jord, hvoraf cirka 170 ha er marker og cirka 26 ha er registreret som beskyttede naturområder, søer og vandløb, resten af arealet består af veje, bygninger, krat med mere. Arealet er tidligere ejet af 5 ejere, men er nu opkøbt af KIRKBI A/S med henblik på klimaskovrejsning. Gennem området løber to offentlige vandløb, Nørrekær Bæk og Gammel Å, fra øst mod vest. Kjærballer Plantage er beliggende vest for israndslinjen. Geologisk består området primært af hedesletter og bakkeøer, samt pletvist klitlandskab. Jordbunden er dermed generelt sandet og udvasket.<sup>13</sup>



Figur 1: Oversigtskort over projektområde.

### Hedeområder - historisk set

Danmark har stort set siden Weichsel-istiden været et skovland, arealet med skov har dog i perioder været meget langt nede. Op igennem 1700-tallet og begyndelsen af 1800-tallet var skovarealet faldet så meget, at skovene ved deres mindste udbredelse kun udgjorde omtrent 4% af Danmarks areal. Meget skov var hugget væk og manglen på træ til brænde og bygningsmateriale var udpræget. Da skovene blev hugget ned bredte sandflugten sig ind i landet, hvilket skabte store problemer i forbindelse med dyrkningen af jorden. Situationen blev så uholdbar at det i 1805 besluttedes at vedtage fredskovsfordningen, senere skovloven, som førte til opdelingen af land- og skovbrug. Skovloven skulle dermed tjene som redskab til først, at stabilisere og senere forøge Danmarks skovareal. Det var dog først i midten af 1800-tallet, at skovarealet igen begyndte at stige, de såkaldte sandflugts- og hedeplantager udgjorde en stor andel heraf. På dette tidspunkt blev hederne hastigt opdyrket og ved grundlæggelsen af Det Danske Hedeselskab i 1866 blev store lyngheder opdyrket og omlagt til henholdsvis land- og skovbrug.<sup>14</sup>

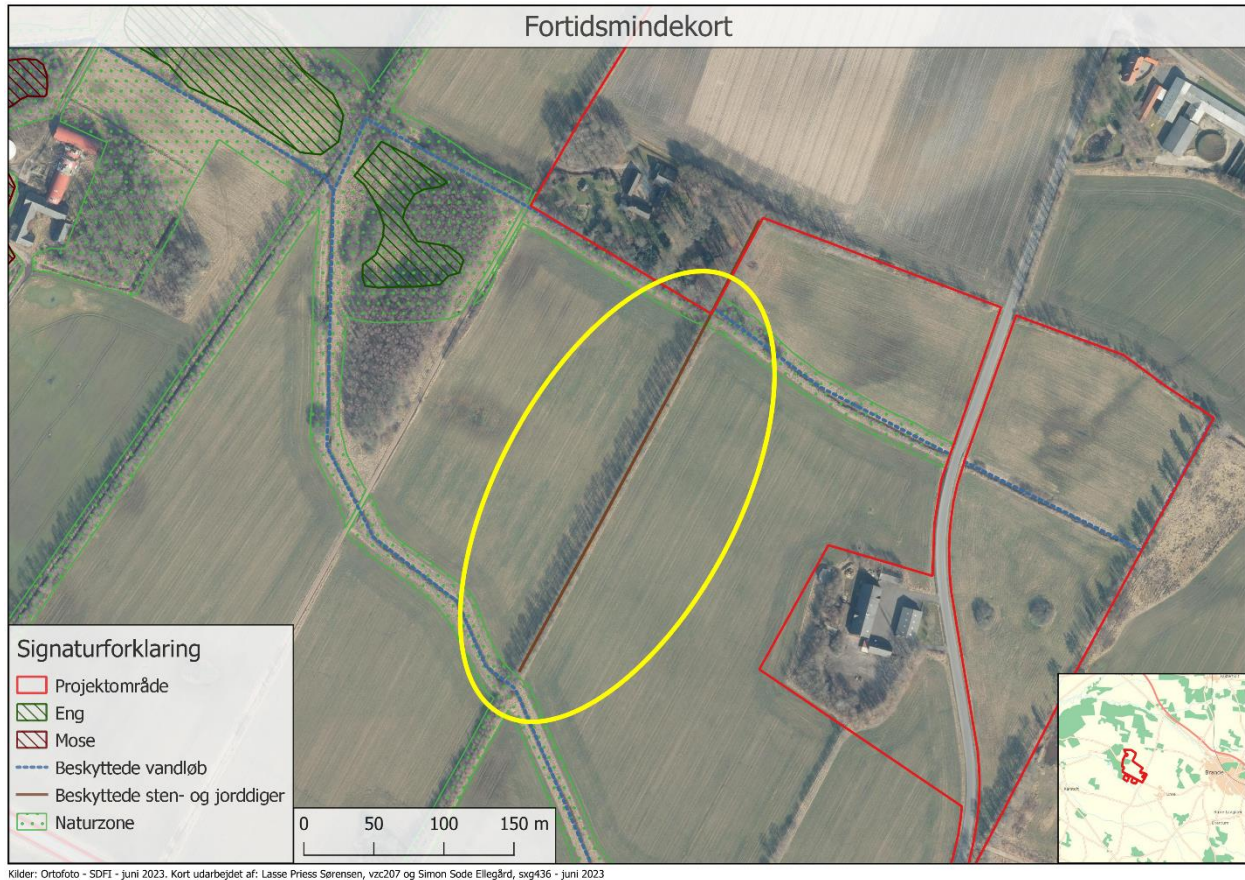
Kjærballe Plantage bærer som mange andre områder præg af fortidens aktiviteter. Ifølge kortet 'Høje Målebordsblade (1862-1899)' har store dele af projektområdet været mose og hede.<sup>15</sup> Arealerne har været meget våde og der har sandsynligvis været udbredte overgangszoner fra mose til eng. I løbet af 1900-tallet er arealerne blevet drænet og omlagt til landbrugsjord som det ses af 'Topo4cm (1953-1976)' og sidenhen er det bibeholdt som landbrugsjord. Nord for Kjærballe Gården er en gammel grusgrav (tørvegrav) fra perioden 1953-76.<sup>16</sup>

### Beskyttet natur

På arealet, der udgør Kjærballe Plantage er der registreret 26,0 ha beskyttet natur, svarende til 11,3 % af det samlede areal. Af de beskyttede naturarealer er enge den mest dominerende naturtype, efterfulgt af søer, hvoraf den største er fra den nedlagte grusgrav.<sup>17</sup> Arealerne er beskyttet jf. naturbeskyttelseslovens § 3, en beskyttelse mod enhver tilstandsændring. Dette betyder at skovrejsning på de beskyttede arealer er et brud på loven.<sup>18</sup>

## Fortidsminder

I Kjærballe Plantage er der et beskyttet jorddige. Jævnfør museumsloven § 29 stk. 1, må der ikke foretages en tilstandsændring af fortidsmindet.<sup>19</sup>



Figur 2: Kort over fortidsminde.

## Sø- og åbeskyttelseslinje

Den tidligere nævnte grusgrav, der nu er blevet til sø, kaster en søbeskyttelseslinje i en afstand på 150 meter fra søens kant. Beskyttelseslinjernes primære hensyn er landskabsmæssige og rekreative målsætninger om at sikre et frit udsyn til og fra, søer og vandløb. Bestemmelsen medvirker også til at sikre spredningskorridorer for plante- og dyreliv.

Sø- og åbeskyttelseslinjer indebærer et forbud efter naturbeskyttelseslovens § 16 stk. 1, om et forbud mod bebyggelse, beplantning eller terrænændring indenfor beskyttelseslinjen.<sup>20</sup>

### Vækstbetingelser

Den årlige gennemsnitlige nedbørsmængde for Brande er målt til 900 mm i perioden 2011-2022. I samme periode er nedbøren forholdsvis jævnt fordelt over hele året. Nedbørsmængden er over landsgennemsnittet, der ligger på 782 mm fra perioden 2011-2020. Gennemsnitstemperaturen for Brande er 8,8 grader celsius, med den højeste temperatur på 35,6 grader celsius og laveste temperatur på -19,2 grader celsius målt i perioden 2011-2022.<sup>21</sup> Nattefrost i vækstperioden er hyppigt forekommende, hvilket påvirker træartsvalget da skovrejsninger på landbrugsjord kan være særligt sårbare overfor dette.<sup>22</sup>

Til trods for at sandede jorde har en lille vandholdningsevne, fremstår arealet generelt vådt, da der her er tale om lavbundslande. Tegn på dette ses i et højt grundvandsspejl med lave forskelle i terrænhøjden fra hvor der er vandspejl kontra tør jord.<sup>23</sup>

### Tidligere anvendelse

Den tidligere landbrugsdrift har skabt kørespor, formentlig grundet våd og dermed blød bund på markerne. Udover kulturgræsser og stubmarker, er vegetationen på flere dele af projektområdet kendetegnet ved våde områder. Der kan blandt andet ses arealer med lysesiv og opvækst af pil. Jorden har formentlig et højere næringsstofindhold end det naturlige fremkomne, da arealerne er blevet gødsket i mange år i landbrugsdriften.



## Beskrivelse af data

### Jordspyd

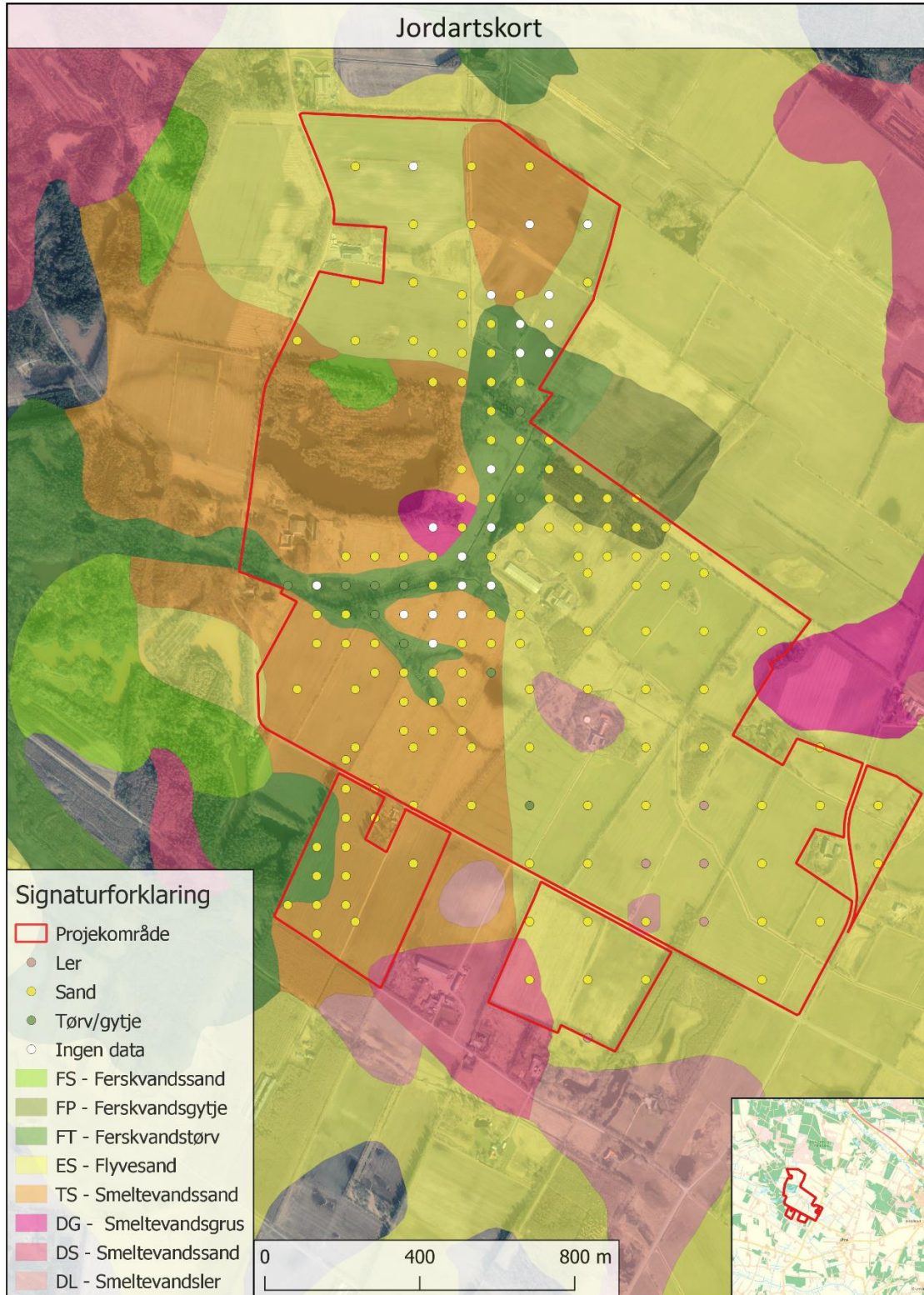
I alt udførte vi 165 jordspydprøver, af dem var 61 placeret i 150 meter grid'et og 104 meter lå i grid'et. Vi klassificerede jordspydende efter en analyse af c-horizonten for at bestemme udgangsmaterialet. Det ses i nedenstående tabel 1, at ved 78% af prøverne fandt vi sand i c-horizonterne. Disse prøver kom både fra områder der af GEUS var markeret som flyve- eller smeltevandssand, men også i områder der var markeret som tørv eller gytje. Vi har fundet ler i 3% af prøverne, disse prøver lægger geografisk placeret nær et område, der er markeret som smeltevandsler, men dog ikke inden for afgrænsningen. For tørv og gytje, skrives i samme kategori, fandt vi i 6% af prøverne generelt placeret langs med Nørrekær bæk i engområdet hvor GEUS også har markeret ferskvandstørv, dog fandt vi også to prøver i områder markeret som smeltevandssand og flyvesand.

Endelig var 12% af prøverne upræcise og kunne ikke vurderes. Derfor er de ikke medtaget, men blot kategoriseret som "Ingen data". For flere af prøverne kunne vi fysisk ikke slå spyddet længere ned end til cirka 50 centimeter, hvilket betød at vi ikke kom under pløje- og kulturlaget. For resten af jordspyddene gjaldt det at vi stadig enten manglede, mistede eller ikke fik mere end omtrent 75 centimeter af prøverne med op af selve hullet fra jordspyddet.

Disse ovenstående prøver, hvor vi ikke kunne klassificere udgangsmaterialet, er ikke af den grund ubrugelige for projektet. I forhold til formålet om at efterprøve GEUS' jordartskort, kunne de ikke bidrage, men til gengæld bidrog de stadig til at informere os om jordbunden så langt ned som vi kunne se på dem. På nedenstående figur 3, ses jordspydprøvernes placering med resultater.

75 meter grid	Resultat (antal)
Ler	0 prøver
Sand	78 prøver
Tørv/gytje	9 prøver
Ingen data	17 prøver
150 meter grid	
Ler	5 prøver
Sand	52 prøver
Tørv/gytje	1 prøver
Ingen data	3 prøver

Tabel 1 Resultater af jordspydprøver.



Figur 3: Jordartskort med placering og resultat af jordspyd.



Figur 4: Jordspyd på landbrugsmarker.

På figur 4 ser vi 25-30 cm pløjelag. Denne horisont er sort og består primært af omsat og uomsat organisk materiale blandet med sand. Fra 30-40 cm ser vi en mørkebrun pløjesål i jorden,

hvor jorden er meget sammenpresset. I dette lag sker en udfældning af jern, aluminium og humus. Fra 40-80 cm ser vi flyvesand i en lysebrun- til sandfarvet.



*Figur 5: Jordspyd på tørvejord.*

På figur 5 ser vi én stor o-horisont. Her er jorden vandmættet og der sker en ophobning af organisk materiale. Denne er karakteriseret som tørvejord.

## Dræningsforhold

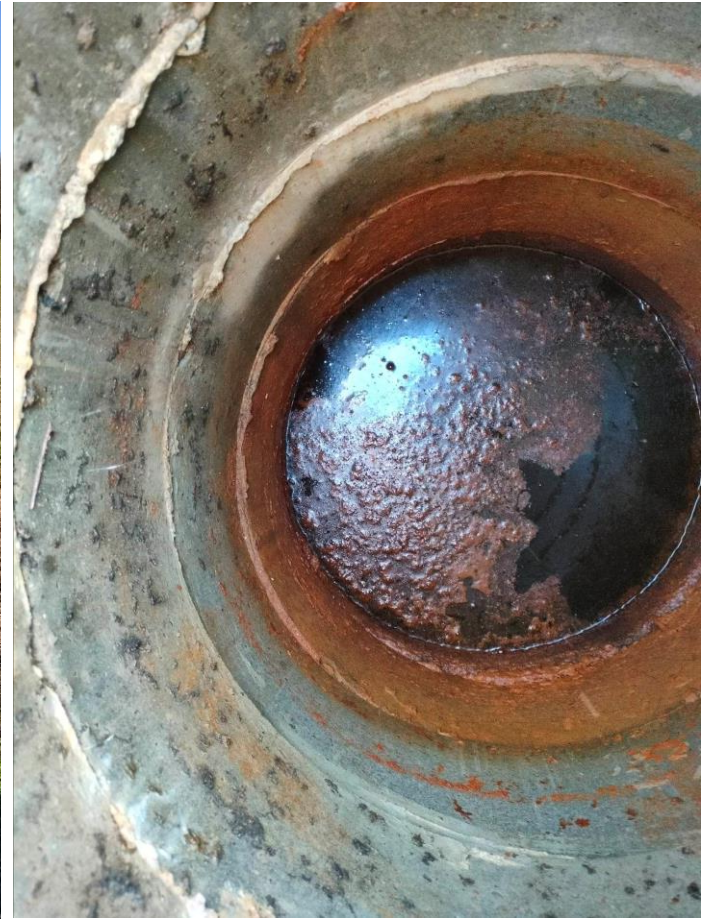
Brønde er som oftest placeret på hovedledningerne på landbrugsmarker. Dette betyder at hovedledningerne som de så ud i dag ikke fungerede og derved har en meget ringe afledningsevne af vandet. Ved gennemgangen af dræningsforholdene på projektområdet, konstaterede vi dermed at dræningsforholdene ikke er funktionelle. Alle brønde på figur 6 var ude af drift, da der stod stillestående vand i overfladen og der ikke kunne ses nogle rør ind- eller udløb, se figur 7 og 8. Det giver det os et indblik i, at arealet fremstår i et lignende scenarie som hvis træernes rødder havde tilstoppet drænene.<sup>24</sup>



Figur 6: Kort over eksisterende brønde på Kjærballer Plantage.



Figur 7: Viser den nordligste brønd på figur XX.



Figur 8: Viser stillestående vand i brønde. Ind- og udløb står under vand.

Brønden på figur 7 og 8 viser det generelle billede af brøndene på Kjærballer Plantage. Brøndenes ind- og udløb står under vand. Der forekommer okkeraflejringer, der tydeligt viser manglende vandbevægelse.<sup>25</sup>

#### Taksation af nabobevoksning:

I Hesselvig Plantage, beliggende cirka 4 km fra Kjærballer Plantage, målte vi træers højde i syv ud af ni udpegede bevoksninger. To af de ni bevoksninger var løvtræer af eg, der ikke kunne erkendes på ortofoto. Alle observationspunkter er udvalgt ved 'random points' vha. QGIS. Samlet fremstår vores antal af målinger i tabel 2.

Tabel 2: Oversigt over observationer for hver træart.

Art	Rødgran	Douglasgran	Sitkagran	Lærk
Bevoksnings nr.:	1,2,3,4 og 9	4,7 og 9	9	6
Antal observationer:	89 træer	9 træer	4 træer	20 træer

De forskellige bevoksninger består af forskellige arter og tilstand. Ved gennemgang af bevoksninger bemærkede vi følgende:

Tabel 3: Viser et typisk eksempel på højdemåling af træer i Hesselvig Plantage. Højden på træet er målt med 20 meters afstand.

nr.:	Arter:	Årgang	Kommentarer:
1	Øfyr og Rgr	1995-99	Østrigsk fyr var hovedtræart i bevoksningen. Få rødgran står spredt i bevoksningen. Der forekommer hyppigt skrælleskader. Observationer er maks. 10 meter indenfor random points.
2	Øfyr og Rgr	1992-95	Østrigsk fyr var hovedtræart i bevoksningen. Rødgran står i små grupper spredt i bevoksningen. Der forekommer hyppigt skrælleskader. Observationer er maks. 5 meter indenfor random points. Bevoksningen var tyndet for nylig.
3	Øfyr og Rgr	1987-90	Østrigsk fyr var hovedtræart i bevoksningen. Rødgran står i små grupper spredt i bevoksningen. Der forekommer hyppigt skrælleskader. Observationer er maks. 5 meter indenfor random points. Bevoksningen var tyndet for nylig.
4	Rgr, Dgr og Lærk	2002-04	Rødgran var hovedtræart i bevoksningen. Douglasgran står spredt i bevoksningen med enkelte lærk. Der forekommer hyppigt skrælleskader. Observationer er maks. 5 meter indenfor random points.
5	Eg	1999-02	Ingen målinger.

6	Lærk og Øfyr	2002-04	Lærk var hovedtræart i bevoksningen. Østrigsk fyr står som grupper spredt i bevoksningen. Observationer er maks. 5 meter indenfor random points.
7	Øfyr, Lærk og Dgr	2002-04	Østrigsk fyr var hovedtræart i bevoksningen. Enkelte lærk og douglasgran i bevoksningen. Der forekommer hyppigt skrælleskader. Observationer er maks. 15 meter indenfor random points. Her er for nyligt fældebunkelagt.
8	Eg	1999-02	Ingen målinger.
9	Rgr, Sgr og Dgr	1982-87	Rødgran var hovedtræart i bevoksningen. Sitkagran står spredt i bevoksningen med få douglasgran. Der forekommer hyppigt skrælleskader. Observationer er maks. 5 meter indenfor random points.





*Figur 7: Viser et typisk eksempel på højdemåling af træer i Hesselvig Plantage. Højden på træet er mål med 20 meters afstand.*

### Indsamling af sekundært data for *Abies grandis* og sitkagran

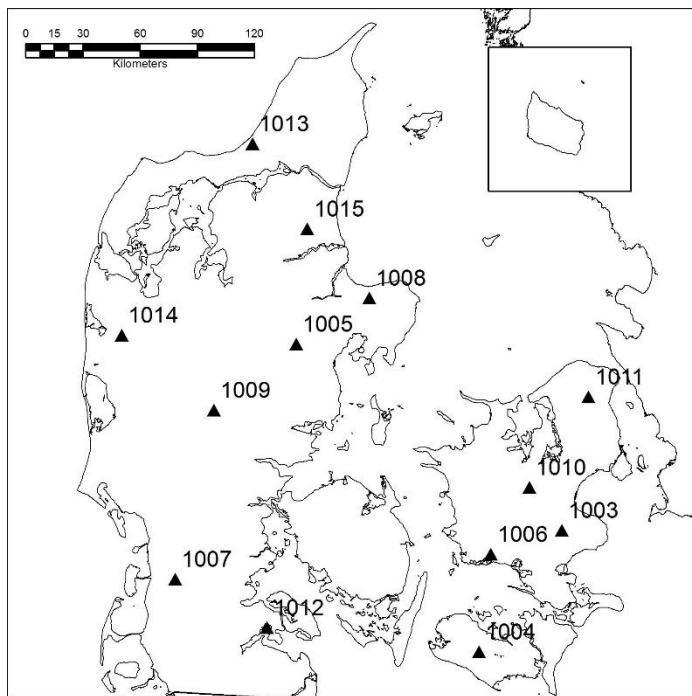
I Hesselvig Plantage var det ikke muligt for os at få samlet data ind for grandis. Af vores vejleder Thomas Nord-Larsen fik vi tilsendt et datasæt for Hastrup Plantage. Datasættet er fra en prøvefladetaksation for 12 arter der er plantet samme sted på 13 forskellige lokationer i Danmark.<sup>26</sup> Hastrup Plantage er beliggende 3 km øst for Brande og 11 km fra Kjærballer Plantage. Plantagen er en offentlig skov og udgangsmaterialet er vestjysk hedeslette.<sup>27</sup>

I Hesselvig Plantage lavede vi kun 4 målinger på sitkagran. Vi valgte derfor at anvende datasættet fra Hastrup Plantage.

Fra datasættet fik vi følgende data om højdeindeksalderen for hhv. grandis og sitkagran:

Grandis H (50 år) = 26,9 meter og sitkagran H (50 år) = 27,0 meter.

Hastrup Plantage er forsøg 1009 på figur 10.



Figur 8: Viser de 13 forskellige lokationer i Danmark med forsøgsparcerne.<sup>28</sup>

### Indsamling af sekundært data for hybridpoppel OP42

For hybrid poppel OP42 har det ikke været muligt for os at indsamle højdedata eller tilegne os et datasæt for vores lokalitet. Vi har anvendt data fra Kaptajn Schultz Plantage i Midtjylland nær Silkeborg. I de videnskabelige artikler af A. Tærø m.fl. fandt vi data for væksten af hybridpoppel OP42. Disse data har vi anvendt til at beregne kulstofoptaget ved alderen 20 og 30 år for poppelbevoksningen.<sup>29</sup>

### Indsamling af sekundært data for hybridlærk

Ved kulstofregnskabet for hybridlærk, har vi anvendt tilvæksttabel for japansk lærk af M. Andersen 1950, da det ikke har været muligt for os at finde data for hybridlærk. M. Andersens højdedata ved 50 år er 24,8 meter, hvorimod vores målinger på middelhøjden er 27,5 meter, svarende til omtrent en bonitetsklasse bedre.

## Metodeafsnit

I det følgende afsnit beskrives metodevalget angående vores 'Drejebog for Klimaskovrejsning og kulstofregnskab. Opbygningen af afsnittet afspejler vores konkrete arbejdsproces fra start til slut. For bonitetsudarbejdelsen, jordspydsprøverne, arealdisponeringen og tilvæksttabeller for blandingsbevoksninger, er der udover afsnittene herunder også separate bilag 1, der beskriver fremgangsmåden i softwaren QGIS.

### Skrivebordsanalyse:

Forud for arbejdet med at lave selve arealdisponeringen gik vi i gang med at undersøge området, som Kjærballer Plantage ligger i. Det primære fokus var her at skabe et overblik over de faktiske forhold på arealet.

Vi blev opmærksomme på at i områder som Kjærballer Plantage, der ligger lavt i terrænet, er jordbunden afgørende for produktionspotentialer, specifikt i forhold til jordbunde der er uegnede til træproduktion. Af den grund fokuserede vi i høj grad vores skrivebordsanalyse på emner relateret til dette. Det sporede os ind på at jordbundstyperne tørv og gytje, ville blive afgørende for vores arealdisponering og samtidig blev vores fokus på grøfter og drænforhold dermed øget. Her brugte vi især Scalgo Live og kortet 'DHM terræn, skyggekort'.<sup>30</sup>

For naturindholdet på arealet var det i høj grad § 3-områder vi noterede os hjemmefra, samt bioscoren. Dette gav os et godt overblik over de områder der havde værdi for naturen.<sup>31</sup> For at danne os et billede af naturtilstanden for de enkelte arealer på Kjærballer Plantage, anvender vi 'Naturdata'. På denne webside kan man se besigtigelser og hvilken status besigtigelserne har konstateret. Man kan også danne sig et overblik over tidligere tiders drift/pleje af områderne. Sidst kan man få en artsliste, som kan give indblik i om naturen er ved at 'gro ud' af sin beskyttelse.<sup>32</sup>

Derudover undersøgte vi som sagt også de juridiske forhold, især i forhold til naturbeskyttelsesloven, men også kommuneplaner og de følgende bindende forhold; fredninger, Natura2000, Bilag-IV arter og fortidsminder, på 'Danmarks Arealinformation'.<sup>33</sup>

### Udvælgelse af nabobevoksning til bonitering

I udvælgelsen af nabobevoksning startede vi med at lokalisere hvilke jordbundstyper der eksisterer på vores projektområde for Kjærballe Plantage.

De overvejende jordbundstyper for Kjærballe Plantage ifølge GEUS er:

- Smeltevandssand
- Flyvesand

Dernæst lokaliserede vi Hesselvig Plantage, der har de samme jordbundstyper lidt mindre end 4 km fra vores projektområde. Ved hjælp af ortofoto, valgte vi at gennemgå alle de bevoksninger som vi på kortene kunne se var nyanlagte. Vi endte med i alt ni bevoksninger spredt i skoven. På ortofoto kunne vi ikke identificere hvilke træarter der var blevet plantet, to ud af de ni var da også løvbevoksninger, som ikke kunne bruges.

Formålet med analysen af bevoksningerne var, at de skulle give et indblik i træarters vækst på lokaliteten. Bevoksningerne skulle derfor bestå af de samme træarter som vi ville anvende i vores skovrejsning. Af den grund var målet at få højdedata for følgende arter: rødgran, douglasgran, sitkagran, grandis og lærk.

Det konkrete arbejde efter udvælgelsen af bevoksningerne fortsatte i QGIS. Her blev bevoksningerne identificeret og tegnet ind. Efterfølgende blev der i hver bevoksning udlagt 20 tilfældige punkter i hver bevoksning. Disse punkter blev overført til Google My Maps<sup>34</sup>, som derefter kunne åbnes på en telefon og medbringes i felten.

### Den praktiske fremgangsmåde ved højdemåling

Materialer: Suunto højdemåler, 30 meter målebånd, telefon med Google Maps og GPS-punkter på 20 stk. tilfældigt udvalgte træer for hver bevoksning (tilrettet til nærmeste træ ved punktet), papir + blyant.

1. Find frem til GPS-positionen i bevoksningen vha. af værktøjet 'Google My Maps' hvor der er importeret kort fra QGIS.

2. Mål enten 15 meter eller 20 meter ud fra træet til et punkt der giver frit udsyn til stammen i jordniveau, brysthøjde (1,3 m) og topskuddet. Der stræbes efter at finde frit udsyn ved 20 meter fremfor 15 meter, da 20 meter er mere præcist.<sup>35</sup>
  - a. Nogle steder har det været nødvendigt at måle efter ved eksempelvis stammen i jordniveau da terrænet nogle gange ikke har kunnet give frit udsyn.
3. Der måles fra nulpunktet i højdemåleren, efter henholdsvis 1:15 eller 1:20 ratioen passende til den afstand man har til træet, og ned til jordniveau hvilket lægges sammen med højden fra nulpunktet og op til topskuddet.
4. Den samlede værdi er træets højde. Værdien noteres ned og indføres efterfølgende til videre databehandling.
5. Fremgangsmåden gentages for alle træer/punkter i samtlige bevoksninger.

#### Udarbejdelse af højdeindeksalder – bonitetsklasser

Formålet med taksering af en nabobevoksning er at få en ide om hvad højden ved en given alder (50 år) er for de forskellige arter. Når vi kender højden ved 50 år for hver art, kan vi udarbejde en tilvækstoversigt for arterne og derefter en samlet tilvækst for skoven.

Ved hjælp af ortofoto, bestemmer vi alderen for bevoksningerne i Hesselvig Plantage. Da ortofoto ikke bliver opdateret hvert år, arbejdes der i intervaller, vi vælger derfor at anvende medianen for alderen, dvs. at hvis bevoksningen er plantet imellem årene 2002-04 vælger vi året 2003 for anlæg, hvilket giver en alder 19 år gældende for bevoksning 4. Hvis bevoksningens er anlagt imellem 1982-87 vælger vi året 1984 for anlæg gældende for bevoksning 9.

Dernæst indtaster vi alderen og overhøjden (Hdom) ved alle observationer, for hver art. Derved får vi en højde ved alder 50 år – højdeindeksalder. Denne højdeindeksalder ved 50 år er et værktøj til at sammenligne de forskellige datasæt bevoksningerne imellem. Vi kan nu beregne middelværdien af højden for alle observationer, for hver art.

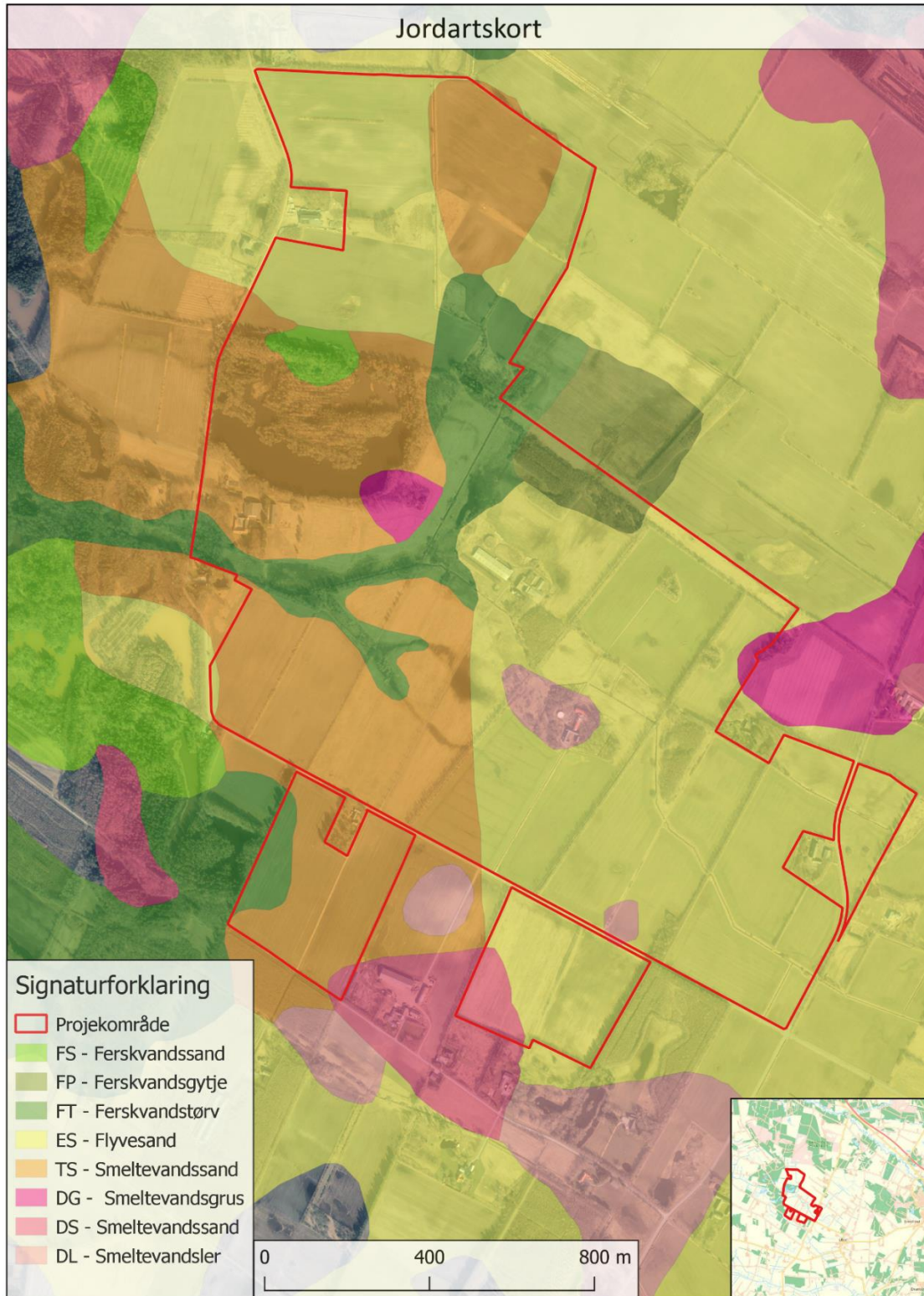
#### Jordspyd

I skovdyrkningen er der ofte mange parametre og perspektiver at tage hensyn til driften. Et af de mange udslagsgivende parametre er jordbunden, som har direkte indflydelse på det enkelte

træ i form af vækstforholdene, herunder mængden af næringsstoffer og vandtilgængeligheden. Udover betydningen for det enkelte træ, har jordbunden også betydning for bevoksningen og i sidste ende skoven som helhed.<sup>36</sup>

Som tommelfingerregel kan Danmark deles op i to områder hvad angår jordbund, øst og vest adskilt af hovedopholdslinjen på den jyske højderyg. Det østlige Danmark dækker Østjylland, Sjælland, Fyn og øerne. Generelt kendetegnes det ved en relativt større mængde ler i jordbunden, som sikrer et højt næringsstofindhold og generelt god vandtilgængelighed. Det vestlige Danmark, som grundlæggende er alt vest for hovedopholdslinjen og op langs Jyllands vestkyst, dannedes under den sidste istid. De karakterises ved store lavtliggende flader hvor jordbunden består af sand fra smeltevandssletterne, samt bakkeøerne helt fra forrige istid. Dette område er generelt mere næringsfattigt grundet sandets begrænsede evne til at holde på næringsstofferne, samt det faktum at udvaskningen fra nedbør har eksisteret i længere tid.<sup>37</sup>

Vi har set på GEUS' jordartskort<sup>38</sup> for at danne os et indtryk af hvilken type jordbund, der findes på arealet, som bliver til Kjærballe Plantage. Som det ses af figur 11 herunder, er der et stort areal på tværs af projektområdet hvor jordbunden er vurderet til, at bestå af henholdsvis ferskvandstørv- og gytje. Disse to jordbundstyper er ikke egnede til dyrkning, da rødderne ikke kan udvikle sig qua vandet i jorden. Også jordens lave egenvægt gør at træerne ikke kan forankre sig. Tilsammen gør disse egenskaber, at træerne ikke har gode chancer for at blive stående i tilfælde af storm.<sup>39</sup>



Figur 9: Jordartskort 1:25.000 fra GEUS



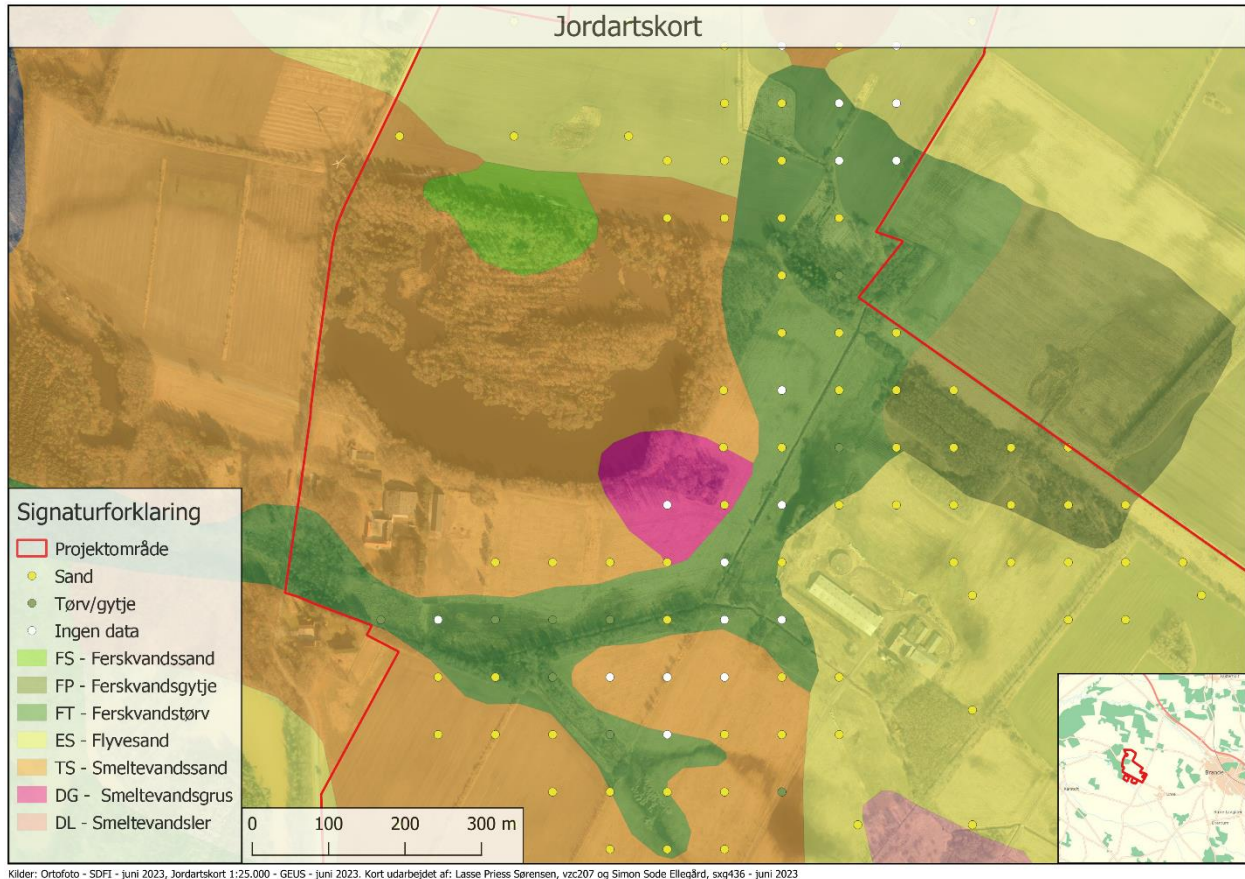
GEUS' jordartskortlægning er lavet ud fra prøver taget med jordspyd, hvor den interne afstand mellem prøverne er på mellem 100 meter og 200 meter, hvilket kan give en forskydning af afgrænsningerne på kortet på mellem 50 meter og 100 meter. Kortene skal visualisere jorden under pløje- og kulturlaget typisk i 1 meters dybde.

For at efterprøve, hvorvidt jordartskortet er egnet til at vurdere risiciene ved en eventuel tilplantning i forhold til jordbunden, har vi foretaget jordspydprøver. Vi har opdelt vores indsamling i to kategorier. Den finere indsamling består af jordspydprøver hver 75 meter og den grovere indsamling hver 150 meter. Prøverne blev udtaget med et jordspyd der blev slået ned i jorden og ved optagningen, kunne jordens horisonter defineres og c-horisonten klassificeres som enten sand, ler eller tørv og gytje eller ingen data, altså tom hvis ikke prøven kunne gennemføres tilfredsstillende.

Ved hjælp af QGIS blev prøverne lagt i et net udover projektarealet. For de arealer, der er anvist som tørv eller gytje, besluttede vi at lægge prøverne med en intern afstand på 75 meter, da netop disse områder er særligt interessante i forhold til skovdyrkning. På figur 12 herunder, ser man derfor en tættere koncentration af punkter omkring netop tørv og gytje. På arealerne, der ikke var klassificeret som tørv eller gytje, besluttede vi at bruge en afstand på 150 meter.

Efter udlæg af punkterne i QGIS blev prøver fra 150 meter nettet, der overlappede med 75 meter nettet fjernet. Punkter der enten lå i søer, på bygninger eller lignende, samt i det skovbevoksede område nord for den store sø, blev også fjernet. Nord for den store sø vurderede vi både ud fra historisk kortdata, samt en vurdering ude på arealet, at området bestod af opgravet materiale fra søen, hvilket ikke ville resultere i korrekt data.

Punkterne blev efterfølgende eksporteret til et Google Maps kort, som vi kunne medbringe på vores telefoner, hvorefter vi kunne finde frem til punkterne inden for omtrent 5 meter og som oftest mere.



Figur 10: Placering af jordspyd i projektområdet

### Den praktiske fremgangsmåde ved jordspyd

Materialer: Jordspyd, hammer + optagningsstang, telefon med Google Maps og GPS-punkter for hvert indsamlingssted, papir + blyant.

1. Find frem til GPS-positionen på arealet vha. af værktøjet 'Google My Maps' hvor der er importeret kort fra QGIS.
2. Slå jordspyddet i jorden og tag det op igen indeholdende jordprøven.
3. Definer horisonter i jorden for at finde frem til c-horisonten, altså udgangsmaterialet i jorden.<sup>40</sup>
  - a. Her lægges der vægt på at fastslå om c-horisonten består af: sand, tørv/gytje eller ler.

4. C-horisonten noteres, samt andre nævneværdige bemærkninger eks. Vand eller lignende i jorden.
5. Fremgangsmåden gentages for alle.

#### Klassificering af jordspydprøver

I gennemgangen af jordspydde har vores primære formål været at finde frem til, hvorvidt udgangsmaterialet, c-horisonten, bestod af sand, ler, tørv eller gytje. I tilfælde af om vi var i tvivl om jordens bestanddele, anvendte vi fedtekradseprøve til at vurdere om udgangsmaterialet var ler eller sand. Eksempelvis vil et resultat der viser meget fint sand eller meget groft sand betyde det samme for vores beslutning om, hvorvidt arealet vil være egnet til tilplantning eller ej.

#### Interview

I begyndelsen af dette projekt havde vi et fysisk møde med Peter Vind Larsen, KIRKBI A/S, angående skovrejsningen i Kjærballer Plantage. Formålet med dette møde var at forstå målsætningen for KIRKBIs fremtidige klimaskove, samt processen og tankerne, der har været forud for opkøbet af landbrugsjorden. Ud fra dette møde og en fysisk gennemgang af arealet, fik vi arbejdet med det overordnede formål for vores opgave, arealdisponeringen og kulstofberegningen.

I forbindelse med vores dataindsamling blev det klart at litteraturen og den viden vi har indsamlet, gennem vores studietid på Skovskolen, ikke var helt fyldestgørende over for den samlede viden om skovrejsninger. Vi valgte derfor at række ud til erhvervet, hvor vi kunne hente mere praktisk erfaring. Vi blev opmærksomme på at Skovdyrkerne Vestjylland var en videnspartner for KIRKBI og vi tog derfor kontakt til Michael Sheedy Gehlert, skovrider ved Skovdyrkerne Vestjylland.

## Drejebog

### Arealfordeling

Det ene af vores fokusområder for denne opgave har været, at finde frem til en fremgangsmåde eller drejebog for skovrejsninger, som kan benyttes af KIRKBI til deres fremtidige skovrejsninger. Vi valgte at tage udgangspunkt i projektarealet for Kjærballer Plantage som et forsøgs- eller pilotprojekt. Gennem inddragelse af relevant litteratur og inspiration fra blandt andet Skovdyrkerne, samt fra undervisningsforløb i løbet af vores uddannelse, valgte vi konkret at udfærdige en fuld arealdisponering for hele Kjærballer Plantage. Målet for processen var at arealdisponeringen for Kjærballer Plantage skulle være repræsentativt for den type arealer KIRKBI fremadrettet vil beskæftige sig med. Ligeledes skulle vores prioriteringer og overvejelserne fra dette areal være relevante på de kommende arealer.

I løbet af processen noterede vi løbende vores til- og fravalg, samt vores argumenter for og imod disse. Alle disse prioriteringer ville så kunne renskrives og samles i vores opgave, som så ville ligge til grund for vores drejebog. Vores resultat holdte vi efterfølgende op imod KIRKBIs arbejdsdokument: "KIRKBI Klimaskov – Mål og midler". Derved kunne vi gøre drejebogen relevant i forhold til KIRKBIs langsigtede målsætning.<sup>41</sup>

Det første vi gjorde var, at vi lavede det vi kalder en "rå zonerings". Formålet med den "rå zonerings" af arealet til henholdsvis produktion og natur er at skabe et første udgangspunkt for arbejdsprocessen. Udgangspunktet skal tjene til at sætte skillelinjerne i kontekst, som analyseredskab, og for at skabe et overblik. For at systematisere denne proces arbejdede vi ud fra en tankegang om en zoneinddeling.

Denne tankegang kendes også fra andre steder i natur- og skovforvaltningen blandt andet i Naturstyrelsen hvor man har indført 3 friluftszoner og begrebet B-skove, der skal skabe de bedste forhold for dyre- og plantelivet og for friluftsudøvere.<sup>42</sup>

Yderligere kendes zoneinddelingen fra forvaltningsmetoden TRIAD til landskaber, der først blev foreslået i 1992 og siden implementeret på forsøgsbasis i Canada i 2005. Formålet med TRIAD er i praksis at tilgodese både natur og mennesker i forvaltningen. Zoneinddelingen består af tre

zoner: en naturbeskyttelseszone, en økosystemsforvaltningszone og en træproduktionszone. Områder til naturbeskyttelseszonen skal placeres først, hvor fokus er på de områder der bidrager til den økologiske og strukturelle diversitet. For træproduktionszonen er kriterierne: jordbund, adgang fra eksisterende infrastruktur samt nærheden til eksisterende plantager. Det resterende areal, der endnu ikke er fordelt til enten naturbeskyttelse eller træproduktion, lægges så i kategorien økosystemsforvaltning, i denne zone kan der fældes træer, men kun der hvor det bidrager til beskyttelse af biodiversiteten.<sup>43</sup>

TRIAD har altså ageret inspiration særligt i forhold til rækkefølgen i implementeringsfasen, og til de parametre der vurderes efter. Da vi tog udgangspunkt i TRIAD valgte vi ikke at bruge formattet økosystemsforvaltningszone, da hovedformålet er at skabe en positiv klimaeffekt.

#### Naturzonen

Grundlæggende for al naturforvaltning anvender vi principperne for begrebet "Brandmandens lov". Med brandmandens lov prioriterer man at: bevare det endnu uskadte, reducere den skadelige påvirkning, genoprette og udvide delvist ødelagte områder, samt etablere nye naturområder i sammenhæng med de eksisterende.<sup>44</sup>

Ud fra ovenstående grundprincip, samt metoderne fra TRIAD-modellen har vi udarbejdet følgende kriterier for naturzonen i Kjærballer Plantage. For at beskytte den eksisterende natur, er det mest ligetil at inddrage § 3-natur, altså naturområder der er beskyttet efter naturbeskyttelseslovens § 3.<sup>45</sup> En afgørende definition under denne paragraf er dog at et naturområde ligegyldigt om det er registreret eller ej, er beskyttet hvis området ude i virkeligheden opfylder kravene til størrelse og artsindhold. Specifikt dette punkt gør det svært en til en, at definere hvor der er § 3-natur og hvor der ikke er. Her kræver det altså en vurdering af en fagperson, eventuelt i samarbejde med eksempelvis kommunen, for at tage de nødvendige hensyn.

For at reducere den skadelige påvirkning laves der en 25 meter bræmme rundt om al § 3-natur, sådan som det konkret forholder sig i Kjærballer Plantage lige nu.<sup>46</sup> De sidstnævnte punkter i brandmandens lov om at genoprette ødelagte områder, samt at etablere nye områder har vi valgt at sammensætte under et forhold. Nemlig at benytte bioscore som en målestok. Bioscore

er en vurdering vist på "Biodiversitetskortet.dk", som visualiserer kortlagte og potentielle levesteder for rødlistede arter.<sup>47</sup> Kortlægningens formål er at målrette naturforvaltningen mod de områder, hvor den giver den største effekt i forhold til de afsatte ressourcer.<sup>48</sup>

Vandløb spiller også en særlig rolle i forhold til både naturen og produktionen på omgivende arealer, ikke bare på projektområdet, men også i oplandet, som kan være tilstødende lodsejere. Dette giver en særlig forpligtelse efter vandløbslovens § 69:

*"§ 69. Dyrkning, jordbehandling, plantning, jf. dog § 34, terrænændring, anbringelse af hegn. Jf. dog § 29, og opførelse af bygværker i landzone må ikke foretages i en bræmme på 2 m langs åbne, naturlige vandløb og søer..." – Bekendtgørelse af lov om vandløb, LBK nr. 1217 af 25/11/2019.*

Vi har derfor videreført kriteriet om 2 meter-bræmmer langs alle vandløb. Ydermere har vi indført en 4 meter-bræmme langs de offentlige vandløb, altså de vandløb som kommunen er forpligtet på at vedligeholde. De 4 meter er gængs praksis for arbejdsbælter ved vedligeholdelsen af offentlige vandløb.<sup>49</sup>

I vores projekt vælger vi at opstemme en grøft ved arealet vist på figur 13. Her kunne man ønske sig at gøre engene mere våde ved at genskabe naturlig hydrologi. At lukke en grøft vil påvirke de omkringliggende eng- og mosearealer, derfor kræver dette også en dispensation fra naturbeskyttelsesloven. Da arealerne er naboer til en grisestald vil der være et højt nedfald af kvælstof i området. Ved at gøre engene og moserne mere våde, er der en sandsynlighed for at stabilisere det lysåbne engsamfund.<sup>50</sup>



Kilder: Ortofoto forår - SDFI - april 2023, Beskyttet natur - SDFI - april 2023. Kort udarbejdet af: Lasse Priess Sørensen, vzc207 og Simon Sode Ellegård, sxg436 - juni 2023

Figur 11: Viser produktionszonen (fuld grøn) samt naturzonen (prikket grøn). Derudover viser kortet beskyttet naturtyper (stribet) og tillukning af grøft (gul strek).

### Produktionszonen

Vi har som tidligere nævnt primært benyttet os af zoneringsstilgangen med inspiration fra TRIAD-modellen, til at kategorisere arealer til natur og produktion. Det betyder også at produktionszonen i nogen grad er affødt af de tiloversværende arealer efter at naturzonen er udlagt. Vi har dog på flere punkter lavet nogle prioriteringer for produktionszonen forud for og samtidigt med at naturzonen blev udlagt. KIRKBI vil fokusere på at opkøbe jord der fortrinsvist er lavbundslande eller lignende, derfor satte vi som kriterie at jordbundens udgangsmateriale ikke måtte være tørv eller gytje, hvilket er to relevante jordbundstyper at være opmærksomme på i Kjærballer Plantage. Dette kriterie er sat for i nogen grad at sikre bevoksningernes stabilitet over for storme, som nævnt i afsnittet om jordspyd.

Vi fokuserede også på at benytte markerne til produktionszonen, da vi har fået gode muligheder i forhold til logistik og at terrænet er let tilgængeligt. Det hænger sammen med at landeveje løber langs stort set alle marker, på nær enkelte hvor der dog går grusveje til.<sup>51</sup>

### Skovstruktur

Både vores eget og KIRKBIs mål har været at skabe en vindstabil skov. Derfor har vi haft fokus på vores skovbryn og de indre bryn. Her har især indførelsen af indre bryn været et markant element. Vi har sigtet efter at placere de indre bryn med en intern afstand på cirka 90 meter til 110 meter, hvilket bryder med C. N. Nielsen vurdering i vidensbladet: "Hugst og stormfald VI.", da vi har vurderet at linjerne i landskabet bedre rummer denne afstand. Vi har valgt at lave brynene med en bredde på 15 meter altså omtrent en halv træhøjde.<sup>52</sup>

Udover de indre bryn har vi selvfølgelig også set på de almindelige ydre skovbryn. Her har vi sat brynene til at have en bredde på 20 meter mod nord og vest, de fremherskende vindretninger, samt 10 meter mod syd og øst, som det anbefales i vejledningen til skovloven.<sup>53</sup>

Yderligere har vi set på hvad skovbrynene og de indre bryn skal bestå af artsmæssigt. De ydre bryn er tænkt som løvtræer, småtræer og buske i den yderste halvdel. Eg vil være den dominerende art af de store træer, som en stormstabil art.<sup>54</sup> Vi forventer ikke megen tynding her og det udbytte der måtte komme, vil højst sandsynligt kun være til energi. For den anden halvdel



af de ydre bryn har vi valgt at anvende hybridlærk. Hybridlærken vil vokse i højden på lige fod med de produktive bevoksninger, som ellers ville overstige brynenes højde ved bryn opbygget af løvtræ, på en lokalitet som denne. Det ville gøre at skovbrynene blev virkningsløse.<sup>55</sup>

For der indre bryn har vi valgt udelukkende skal bestå af hybridlærk. Dette er generelt anerkendt som en art der klarer sig godt i forhold til vinden. Årsagen til at vi anvender hybridlærk som indre- og ydrebryn er, at som løvfældende træart har lærken den særlige fordel, at en væsentlig del af luftmasserne filtreres ind i bevoksningen. Ved et bryn af tætte nåletræer ville luften blive tvunget op over bevoksningen og give hvirveldannelser. Ifølge erfaringer og forsøg skulle en opdeling af luftmasserne reducere faren for hvirveldannelser og dermed stormfald, bag ved et ellers stabilt bryn. Derudover kan der ved anlæg af rene lærkebevoksninger over tid underplantes med andre løvfældende og stabile træarter, såsom eg.<sup>56</sup>

Vi har set på hvordan vi kunne opbygge skoven, udover selve strukturerne. Nærmere bestemt i forhold til træarternes placeringer og omdrifter. Her er nølgebegrebet hugstfølge. Hugstfølge beskriver i hvilken rækkefølge, under økonomiske hensyn, det vil være nødvendigt at fælde bestemte bevoksninger. Målet er her at placere kulturmodellerne og heraf styre hugstfølgen, således at man ikke pludseligt eksponerer en bevoksning mod vest og i nogen grad nord. Det betyder endvidere, at vi som udgangspunkt har sat kulturmodeller der sent bliver hugstmodne, primært blandinger med douglasgran, i de vestlige og nordlige områder af de forskellige afdelinger. Vi har derfor også som udgangspunkt sat kulturmodeller der tidligere bliver hugstmodne, primært hybridpoppel og i nogen grad diverse monokulturer, i de modsatte hjørner, øst og syd.<sup>57</sup>

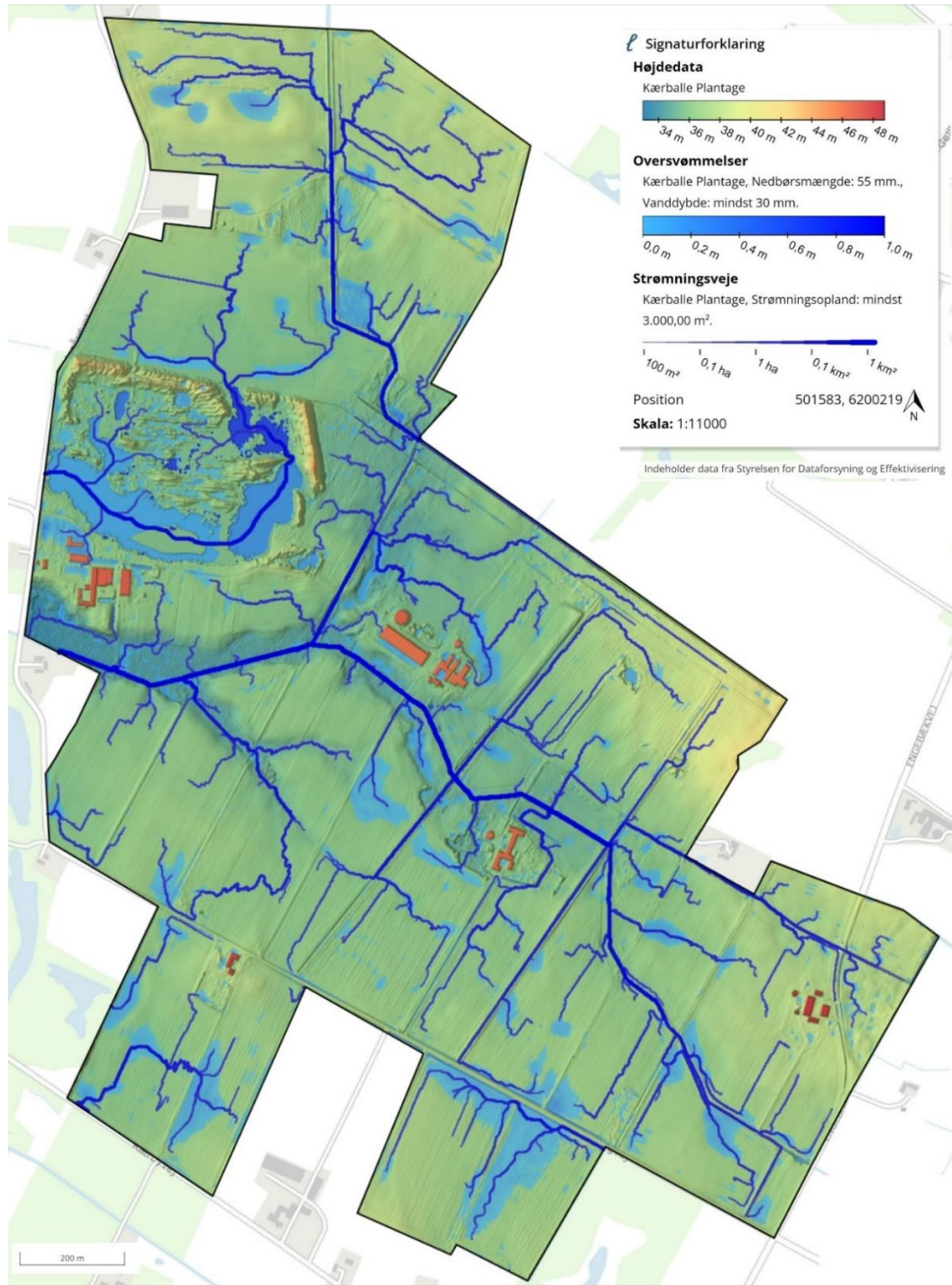
#### *Hydrologi, bluespot-analyse og grøfter*

Generelt omhandler vandafledning ved skovrejsning at forebygge forsumpning. Forsumpning mindsker træernes rodudvikling, da disse har brug for at der er ilt og luft i jorden. Forsumpning medfører at træerne får et underudviklet rodsystem, der under tørke kan resultere i pludselig død. Derudover bliver træerne mindre stormfaste, da rødderne ikke trænger dybere ned i jordlagene. Et andet væsentlig formål med afledning af vand, er også dræning af veje og hovedspor således at maskindriften ikke hindres eller forringes.<sup>58</sup>

Da vores jordbund er grundvandsnær, kan grøftning være vanskeligt. Kun på mere sandede jorde vil effekten af grøftning kunne forsvares, når grundvandet står højt, hvorfor vi ikke dræner der hvor vi har fundet tørv eller gytje ved vores jordbundsprøver. Gamle kort kan anvendes til at se forsumpningsfare ud fra tidligere arealers anvendelse. Typisk for eng, kær og mose vil de arealer i mange tilfælde genopstå, når de eksisterende dræn på marginaliserede landbrugsjorde bryder sammen.<sup>59</sup>

For at vide hvor vi skal grøfte på Kjærballe Plantage, foretager vi en analyse af vandlidende områder, såkaldte bluespots, i programmet Scalgo Live, med forbehold for at programmet arbejder som en uigennemtrængelig flade og ikke medregner jordens vandledningsevne.<sup>60</sup> Denne analyse vil give os et overblik og dermed et beslutningsgrundlag for placeringen af grøfterne. Analysen skal holdes op med de faktiske forhold som vi observerede ude i felten.

Det første skridt i Scalgo Live er, at indtaste værdierne for en 20-års hændelse. En 20-års hændelse kendetegnes ved 55 mm nedbør indenfor 24 timer.<sup>61</sup> Dernæst tænder vi for laget strømningsveje således at vi ser vandets bevægelse. Ved hjælp af analysen kan vi se de arealer der bliver oversvømmet med minimum 3 cm vanddybde. Figur 14 viser bluespot-kortet før grøftning:



Figur 12: Bluespot-kort med afstrømningsretninger for Kjærballer Plantage ved 20 års hændelse. Farven blå repræsenterer fugt-tige arealer ved en 20-årshændelse. De mørkeblå streger viser vandets afstrømningsretning.

I vandløbslovens §2 beskrives at lovens regler gælder grøfter, kanaler, rørledninger og dræn.

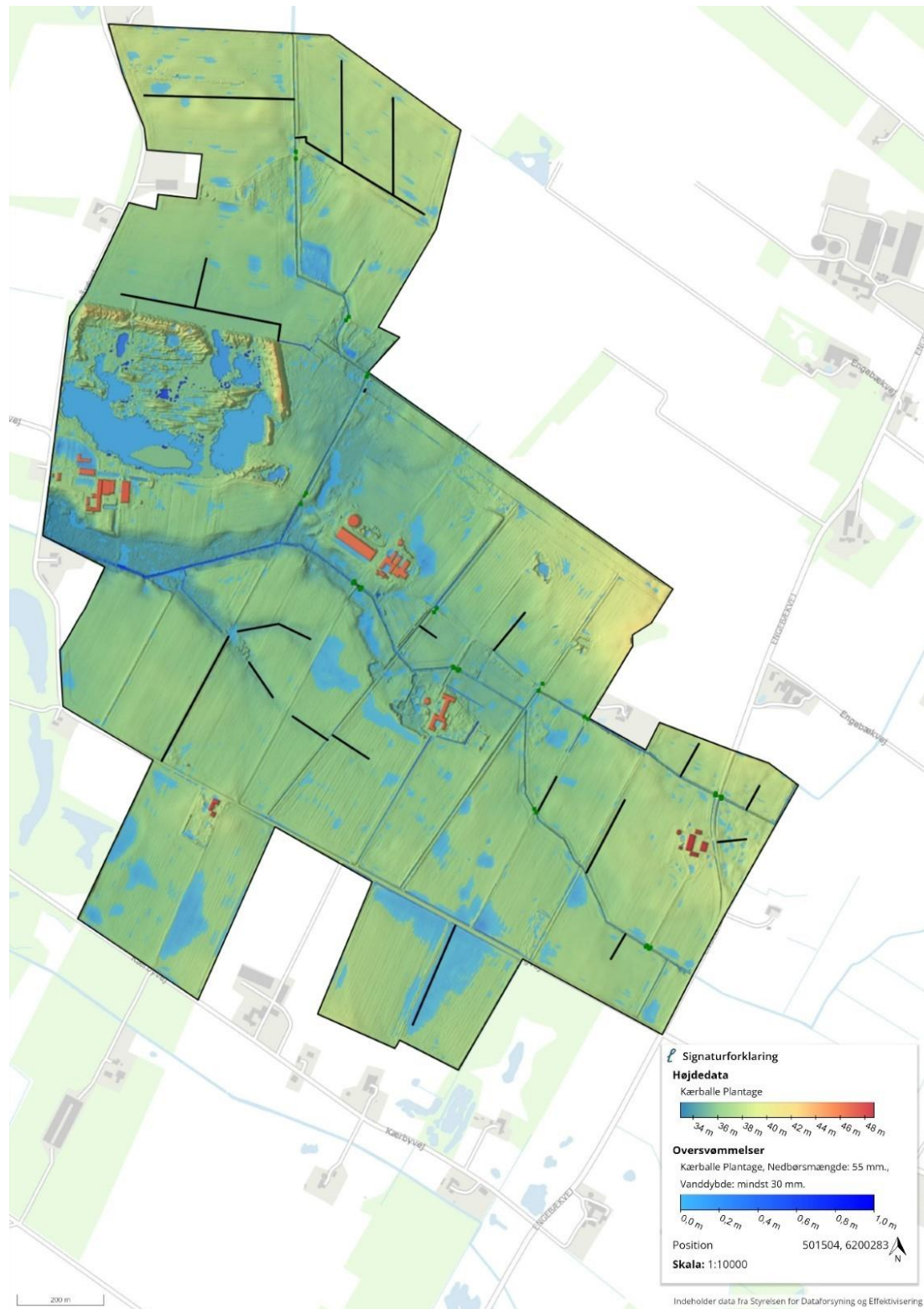
Derved er vores grøfter omfattet af vandløbsloven. Ifølge § 3 er det:

*”Det er tilladt enhver grundejer at sænke grundvandet på egen ejendom til den for dyrkningen nødvendige dybde ved almindelig udgrøftning...” – Bekendtgørelse af lov om vandløb, LBK nr. 1217 af 25/11/2019.*

Det vil altså sige at vi kan gennemføre grøftning på arealet. Grøfterne der er planlagt, er bygget op om de allerede eksisterende hovedgrøfter. De består af de to offentlige vandløb Nørrekær Bæk og Gammel Å, samt det åbne private vandløb i den nordlige del af Kjærballe Plantage. Da terrænhældningen er lille, tilstræber vi at grøfterne ligges i en længdeafvanding.<sup>62</sup>

Derefter indtegner vi grøfter ved de fremkomne bluespots. Strømningsveje bibeholdes i denne proces for at sikre mest logiske graveretning og dermed mindst muligt gravearbejde. Så vidt muligt ønsker vi så korte strækninger af grøfter, samt at føre vandet til nærmeste eksisterende grøft.<sup>63</sup>

Vi udarbejdede et bluespot-kort ved en 20-års hændelse med dertilhørende nye grøfter:



Figur 13: Bluespot-kort for Kjærballer Plantage ved 20 års hændelse. Sorte streger er kommende grøfter. Farven blå repræsenterer fugtige arealer ved en 20-årshændelse.

Dermed opstillede vi nogle generelle kriterier ved grøftning i Kjærballer Plantage:

- For de arealer som har tendens til at være vandlidende vil vi anlægge grøfter i form af længdeafvandning. Her tilsigtes det at grøfter ligger vinkelret på afstrømningsretningen, således at al overfladevand samles op og ledes væk i hovedgrøften.
- Grøfter tilsigtes at ligge parallelt med indre bryn, veje eller skovbryn.
- Her skal der være særligt fokus på ikke at grøfte og dræne naturområder
- Dimensionerne defineres efter behov.

#### *Veje, lægge- og flispladser:*

Læggepladser og flispladser er en vigtig og grundlæggende del af infrastrukturen i enhver skov, der driftes. Vi har derfor lagt vægt på at lave læggepladser i hver afdeling og altid sådan at en udkørselsmaskine ikke skal krydse offentlig vej. Vi har dimensioneret pladserne til minimum 10 X 50 meter, to gamle hustomter er en del større og vil derfor kunne fungere som flispladser. Dette burde derfor give os plads til omkring 250 m<sup>2</sup> per læggeplads.<sup>64</sup>

Angående vejene i projektområdet er hovedformålet, at skabe tilgængelighed til alle arealer således at man kan gennemføre den planlagte drift og bringe hugget træ ud af skoven. Jo kortere afstand til vej og dermed læggepladser, jo mere effektivt kan man arbejde. Det nedsætter transporttiden og letter planlægningen af driften. Ifølge Bergstedt kan man med nogen rimelighed tillade transportafstande på op til omkring 600 meter, uden at omkostningerne stiger væsentligt.<sup>65</sup> Vi har derfor, så vidt muligt, forsøgt ikke at overskride de 600 meter i transportafstand fra de fjerneste litraer til læggepladserne.

Dette gøres ved at etablere centrale kørespor, som kan fordele sig ud i mindre stikspor. På sigt skal der etableres faste stikspor i bevoksningerne, dette vil gøre en eventuel overgang til eksempelvis certificering nemmere. Fastlæggelsen af disse har vi afholdt os fra, da dette vil være mere givtigt at planlægge ved de første hugster frem for nu. Da man i så fald kan planlægge efter forholdene til den tid.

## Kulstofregnskab for Kjærballer Plantage

For at forstå klimaeffekten af Kjærballer Plantage på atmosfærens CO<sub>2</sub>-indhold ved skovrejsning, er der en lang række faktorer som skal medregnes. Blandt de relevante sektorer er følgende:

- 1) Skovsektoren
- 2) Træproduktsektoren
- 3) Energisektoren
- 4) Transportsektoren
- 5) Byggesektoren
- 6) Affaldssektoren<sup>66</sup>

Vores hovedfokus er på skovsektoren og de indbyrdes faktorer heri. Vi afgrænser os for beregninger på træprodukt-, energi-, transport-, bygge- og affaldssektoren i dette projekt. Til gengæld er der anvendt estimater for træprodukt-, energi-, og byggesektoren for at fastslå lager- og substitutionseffekt inden for disse sektorer og for skovrejsningen over tid. Estimater for transport- og affaldssektoren er ikke inkluderet i projektet.

### Generelt om skovens vækst, kulstof i skoven og samfundet

Når skoven vokser optager træerne CO<sub>2</sub> om dagen gennem deres fotosyntese. Det kulstof som ikke forbrændes ved respiration om natten, anvender træerne til at opbygge vedmasse. Derved lagres kulstof i træernes vedmasse. Skovens kulstoflager fordeles på fem forskellige puljer: Overjordisk biomasse i træernes stammer, grene, løv, underjordisk i træernes rødder og til sidst dødt ved. Omkring 60% af det oplagrede kulstof befinder sig i træernes stammer og de resterende 40% fordeles ligeligt i grene og rødder.<sup>67</sup>

I en klimasammenhæng som med Kjærballer Plantage, er det vigtigt at skovene holdes produktive. Her spiller arts- og alderssammensætningen en væsentlig rolle for den samlede produktion. Nogle træarter producerer bedre end andre, og unge træer har en højere vækst end ældre træer.<sup>68</sup> Blandt løv- og nåletræer er andelen af gavntræ højest ved nåletræer, da store mængder af vedmassen hos løvtræer går til opbygning af grene i kronen, hvorimod nåletræer

hovedsageligt har en opbygning i stammen.<sup>69</sup> Grundet disse forhold er vores træartsvalg også rettet mod hurtigt voksende træarter, der matcher KIRKBIs målbeskrivelse.<sup>70</sup>

Når vi hugger i skovene reducerer vi som udgangspunkt den stående mængde kulstof i skoven, imidlertid påvirker hugsten kun i mindre grad tilvæksten som skovene har og derved også optaget af CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. For hugststyrken gælder det frie hugststyrkeinterval der indebærer, at man kan hugge helt op imod 50% af grundfladen uden at tilvæksten for skoven falder. Dette er især gældende for unge bevoksninger, hvorimod det snævrer mere ind ved ældre træer. Da hugsten fra skoven anvendes til produkter, maksimeres CO<sub>2</sub>-optaget fra skoven så meget som muligt, hvilket bidrager til klimaeffekten.<sup>71</sup>

Klimaeffekten ved skovrejsning afhænger ikke blot af træernes vækst, men også af anvendelsen af det træ som fældes. Når et træ forlader skoven som træprodukt, indeholder det et kulstoflager kaldet lagereffekt. Lagereffekten er et udtryk for hvor lang tid der går før træet igen nedbrydes eller brændes så det bundne kulstof udledes til atmosfæren. I den sammenhæng har træ af god kvalitet en større lagereffekt, fordi træ af god kvalitet typisk har en længere levetid i samfundet og samtidig en større substitutionseffekt. Den mængde kulstof som træproduktet fortrænger fordi vi anvender træ frem for andre produkter, kaldes substitutionseffekten.<sup>72</sup>

For at finde frem til lagereffekten, må man vide hvor meget vedmasse skoven producerer og hvor meget træ der fældes. Ved at udvikle en tilvæksttabel, der er tilpasset de lokale vækstbetingelser for hver art, kan vi fremskrive de fremtidige udtag af vedmasse ved tyndinger og afdrift. Derefter kan vi beregne mængden af kulstoflagret i træprodukter og i skoven.<sup>73</sup> Derudover er der igennem tiden indsamlet erfaringer vedrørende de sortimenter af produkter som skoven producerer ved givne dimensioner.<sup>74</sup>

En anden meget væsentlig faktor for klimaeffekten er de produkter som træproduktet erstatter i samfundet. Når vi anvender træ som råmateriale undgår vi, at anvende andre materiale der har en større CO<sub>2</sub>-udledning end træproduktet. Materialer som beton, stål og plastik har en relativt stor CO<sub>2</sub>-udledning ved fremstilling og bortskaffelse, og disse produkter kan, i nogle tilfælde, erstattes af træmaterialer. Generelt set er anvendelsesmulighederne for de forskellige

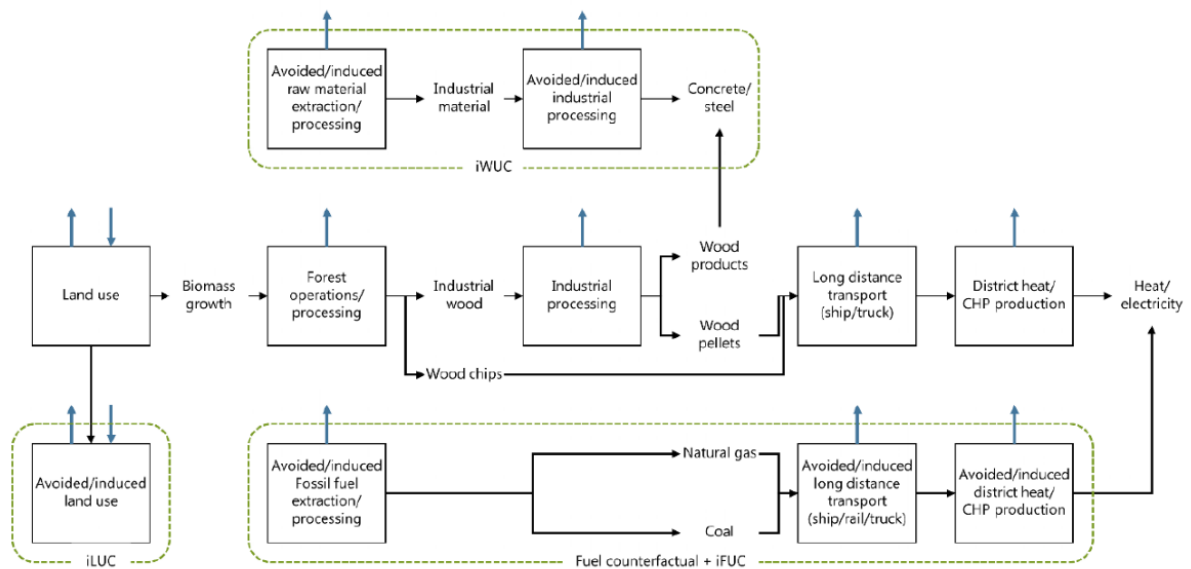


træprodukter meget varierende, og hvert produkt påvirker CO<sub>2</sub>-balancen forskelligt. Grundlæggende opdeles træprodukter fra skoven i gavntræ og energitræ. Til konstruktioner i huse anvendes udelukkende gavntræ hvor kvaliteten er høj. Vi forventer at den højeste klimaeffekt er ved at udnytte gavntræet, derfor er det også grundlaget for vores projekt for Kjærballer Plantage.<sup>75</sup>

## Beregning af kulstofregnskab for Kjærballer Plantage

### Opbygning

For at beregne kulstofoptaget har vi anvendt modellen vist på figur 16 nedenfor. Denne model beskriver grundlæggende de direkte og indirekte emissioner. De direkte emissioner er den produktionskæde som biomassen gennemløber fra at blive hugget i skoven, til bearbejdning til produkter. De indirekte emissioner er markedsdrevne faktorer for brugen af biomasse, som påvirker og/eller påvirkes af skovforvaltningen. Disse effekter omfatter land-substitution (iLUC), produkt-substitution (iWUC) og energi-substitution (iFUC).<sup>76</sup>



Figur 14: Overblik over skovens kulstofregnskab. Blå pile repræsenterer energi og materiale forløb og sorte pile repræsenterer materialer fra råtræs forløb.<sup>77</sup>

Grundlæggende betyder iLUC den indirekte effekt ved ændring i anvendelse af et areal. Ændringen i arealanvendelsen er forbundet med markedet verden over og kan derfor påvirke positivt eller negativt med CO<sub>2</sub>-emissioner. I vores projekt opstår landbrugs iLUC, hvor landbrugsjord

tages ud af drift mhp. skovrejsning. Landbrugs iLUC kan medføre et øget pres på fødevaremarkedet, hvilket konkret kan betyde konvertering af skove til landbrug andre steder i verden eller intensivning af eksisterende landbrugsarealer. Skovrejsning på lavproduktive jorder vil derfor kun medføre iLUC i en mindre grad, end højproduktive landbrugsjorder.<sup>78</sup>

Produkt-substitution iWUC indebærer en ændring i anvendelsen af træ som medfører en enten øget udledning af CO<sub>2</sub>, eller en formindsket udledning fra produkter med højere drivhusgasudledning. Typisk kan dette ske, hvis efterspørgslen efter træ overstiger udbuddet og priserne på træ derfor stiger. Det medfører større efterspørgsel på andre billigere produkter med større CO<sub>2</sub>-udledninger. Det ses især når efterspørgslen på træ til energiformål stiger at iWUC ændres, fordi priserne stiger på energitræ. Herved medfører det at en større andel af hugsterne lægges i energistakken. Dette resulterer i en større CO<sub>2</sub>-udledning af træ til energi, der ellers kunne have været anvendt til gavntræ.<sup>79</sup>

Sidst er energi-substitution, iFUC indebærer en ændring i anvendelse af træ til energiformål. Hvis træ erstatter andre energikilder med større CO<sub>2</sub>-udledning ved afbrænding, såsom olie, kul eller naturgas, vil der samlet forekomme en reduktion i CO<sub>2</sub>-udledningerne. I lighed med produkt-substitution kan en øget efterspørgsel efter træ til andre formål end energi, skabe et øget pres på energisektoren og derved have den modsatte effekt og forårsage større CO<sub>2</sub>-udledninger.<sup>80</sup> I vores projekt antager vi at skovrejsningen på Kjærballe Plantage ikke påvirker markedet i Danmark.

Derfor antager vi at substitutionsfaktoren er konstant de næste 70 år fra kulturetablering, svarende til tidshorizonten for vores kulstofregnskab.

#### Beregningsmetode for kulstof i træer med ekspansionsfaktor

Grundlæggende kan man beregne mængden af kulstof i træerne, ved at gange vedmassen (V) med træernes specifikke rumtæthed (BD) for derefter at gange med 50%. Den specifikke rumtæthed, udtrykker mængden af tørstof pr. m<sup>3</sup> for den enkelte træart, og da træets vedmasse består af nært ved 50% kulstof ganges denne andel på. Kulstofindholdet for stammen (C<sub>st</sub>) kan derved udtrykkes som følgende:<sup>81</sup>

$$C_{st} = V * BD * 50\%$$

For at beregne kulstofmængden i alle træets overjordiske dele ( $C_{ag}$ ) ganges  $C_{st}$  med en træarts-specifik ekspansionsfaktor ( $E_{st-ag}$ ). Hermed bliver kulstof i stammerne og grenene medregnet.

$$C_{ag} = C_{st} * E_{st-ag}$$

Hvor  $E_{st-ag} = 1,0$  for løvtræer.

For at opgøre skovens samlede levende kulstoflager i både det overjordiske ( $C_{ag}$ ) og underjordiske ( $C_{tr}$ ) ganges en overjordisk biomasse med en træekspansionsfaktor ( $E_{ag-tr}$ )

$$C_{tr} = C_{ag} * E_{ag-tr}$$

Hvor  $E_{ag-tr} = 1,2$  for løvtræer.

Sidst kan kulstoflageret i den underjordiske biomasse findes som:

$$C_{bg} = C_{tr} - C_{ag}$$

Denne beregningsmetode er anvendt til beregning af kulstofoptaget for hybridpoppel OP42 ved 20 og 30 år. For hybridpoppel OP42 har vi ved alderen 30 år anvendt de direkte data fra Kaptajn Schultz Plantage ved 29 år.<sup>82</sup> For at beregne vedmassen anvendte vi et formtal for hybridasp af B. Jakobsen 1975 ved alder 28 år efter hugst.<sup>83</sup>

Derudover har vi anvendt data fra A. Tærø, hvor mængden af overjordisk biomasse pr. ha ved 20 år grafisk kunne aflæses. Biomassen gangede vi med 50% for at få mængden i kulstof for overjordisk biomasse. For at finde på den over- og underjordiske biomasse gangede vi med 1,2 da rødderne, som tidligere nævnt, består af 20% af den samlede biomasse.<sup>84</sup> Da vi skulle beregne udtaget af vedmasse for hugst ved 20 år valgte vi at gange vedmasse med 50%, som svarer til at fjerne hver anden række i bevoksningen.

Beregningsmetode for kulstof i træer med biomasseligninger

For de andre arter ønsker vi, at beregne kulstofoptaget for hele bevoksninger pr. ha ud fra tilvæksttabeller, derfor anvender vi en alternativ beregningsmetode. Her benytter vi en

middeltræ-metode hvor vi finder kulstoflageret i et træ der svarer til middeltræet ud fra  $D_g$  og  $H_g$  og ved hjælp af en biomasseligning og stamtallet beregner kulstofindholdet. For at beregne hver andel af biomassen i hhv. stamme, krone og rødder anvender vi ekspansionsfaktorerne  $\alpha$ ,  $\beta$  og  $\gamma$  for hver andel. Ekspansionsfaktoren indebærer en kalkulation om den specifikke rumtæthed for hver enkelte art. Biomasseligningen ser da følgende ud:

$$BM_{stamme} = \alpha_0 * (D_g * 1000)^{\alpha_1} * (H_g - 0,3)^{\alpha_2} = \frac{\text{biomasse kg}}{\text{træ}}$$

$$BM_{krone} = \beta_0 * (D_g * 1000)^{\beta_1} * (H_g - 0,3)^{\beta_2} = \frac{\text{biomasse kg}}{\text{træ}}$$

$$BM_{rødder} = \gamma_0 * (D_g * 1000)^{\gamma_1} * (H_g - 0,3)^{\gamma_2} = \frac{\text{biomasse kg}}{\text{træ}}$$

Hvor alle enheder er i meter, og de forskellige ekspansionsfaktorer er opgivet i bilag 8.<sup>85</sup>

Derefter ganger vi biomassen for middeltræet med stamtallet og 50%. Resultatet divideret vi med 1.000 og det giver os mængden af kulstof i tons pr. ha. For den overjordiske kulstofpulje er formlen følgende:

$$C_{ag} = \frac{(BM_{stamme} + BM_{krone}) \frac{\text{kg}}{\text{træ}} * \text{stamtal} \frac{\text{træer}}{\text{ha}} * 50\%}{1000} = \frac{\text{tons kulstof}}{\text{ha}}$$

For at beregne den totale kulstofpulje for både over- og under jorden ser formlen således ud:

$$C_{træ} = \frac{(BM_{stamme} + BM_{krone} + BM_{rødder}) \frac{\text{kg}}{\text{træ}} * \text{stamtal} \frac{\text{træer}}{\text{ha}} * 50\%}{1000} = \frac{\text{tons kulstof}}{\text{ha}}$$

Omsættes dette til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter ganger vi med forholdet mellem mol-vægterne for CO<sub>2</sub> og kulstof, dvs. ((12+2\*16)/12 = 44/12); hvor kulstof har en atommasse 12 μ og ilt har en atommasse på 16 μ.

For de overjordiske CO<sub>2</sub>-ækvivalenter gør det sig derved gældende at:

$$\text{Overjordiske } CO_2\text{ækvivalenter} = C_{ag} * \frac{44}{12}$$

Og for den samlede mængde af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter, både over- og underjordisk beregnes den som:

$$\text{Over og underjordiske } CO_2\text{ækvivalenter} = C_{træ} * \frac{44}{12}$$

Nu kan vi beregne kulstofoptaget for vores bevoksninger ud fra vores tilvækstmodeller. For hver tynding beregner vi kulstofoptaget i de overjordiske dele og en samlet beregning for de over- og underjordiske dele. Et eksempel på dette kan være vores sitkabevoksning i alderen 33 år:

$$\begin{aligned} \text{Overjordiske kulstofpulje ved Sitka 33 år} &= \frac{(95,4 + 19,3) \frac{kg}{træ} * 170 \frac{træer}{ha} * 50\%}{1000} \\ &= 9,8 \frac{t C}{ha} \end{aligned}$$

Herefter omsætter vi kulstofpuljen til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter:

$$\begin{aligned} \text{Overjordiske } CO_2\text{Ækvivalenter} &= 9,8 \frac{t C}{ha} * \frac{44}{12} \\ &= 35,8 \frac{t CO_2eq}{ha} \end{aligned}$$

Når vi skal opstille formlerne i excel kommer det da til at se således ud for tyndingen i sitkabevoksningen ved 33 år:

Tabel 4: Eks. på udregning af kulstoflager for tynding i sitkabevoksning ved 33 år.

SGR Tynding:

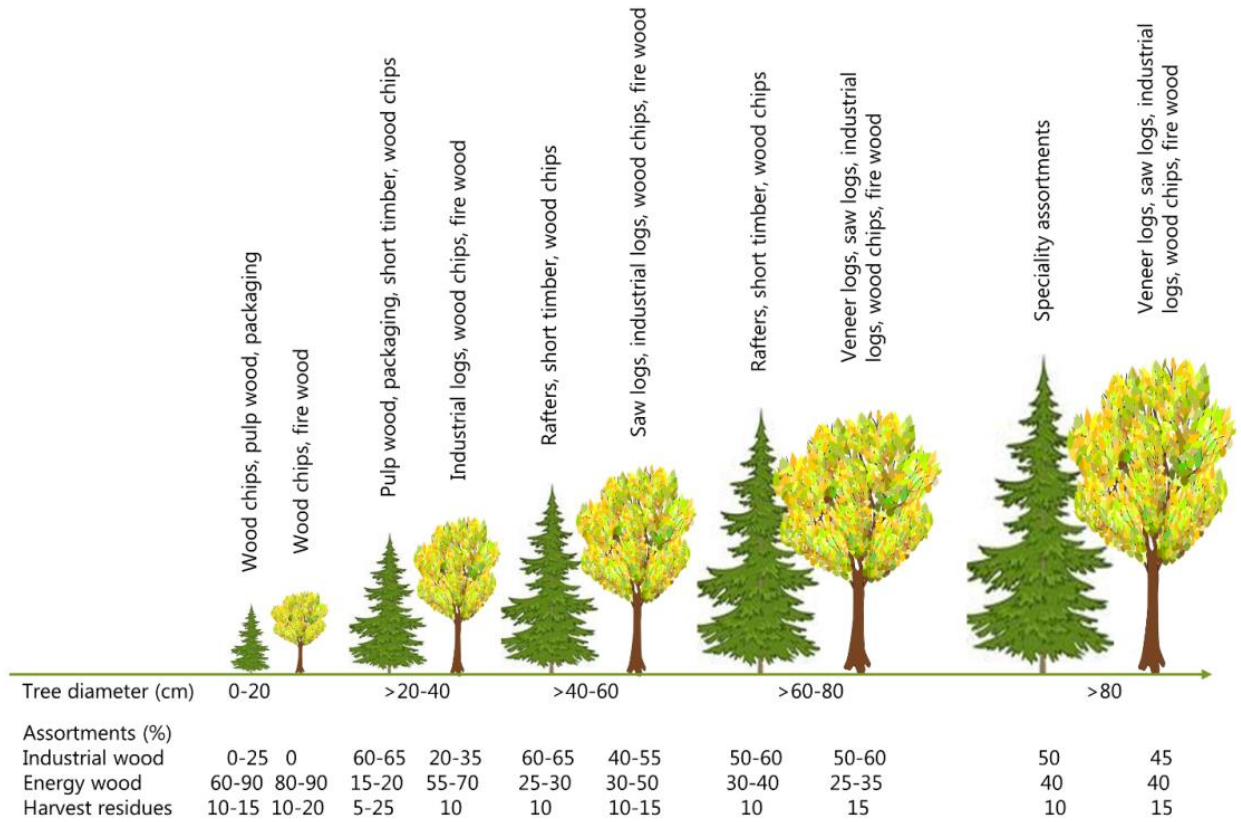
Kulstoflager i tynding:

T	Hg2	Dg2	N2	G2	V2	Biom. Stem	Biom. Crown	Biom. Ag	Biom. Roots	Biom. tot	CO <sub>2</sub> -eq Ag.	CO <sub>2</sub> -eq tot
[År]	[m]	[cm]	[/ha]	[m <sup>3</sup> /ha]	[m <sup>3</sup> /ha]	[kg/træ]	[kg/træ]	[t C/ha]	[kg/træ]	[t C/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]
33	17,7	18,5	170	4,56	43,1	95,4	19,3	9,8	33,4	12,6	35,8	46,2

Hvor 'Biom Stem' er biomasse i stammen. 'Biom. Crown' er biomasse i kronen. 'Biom. Ag' er den overjordiske kulstofpulje i tons, her er biomassen fra stammen og kronen ganget med stamtallet og 50% for at få koncentrationen af kulstof i biomassen. 'Biom. Roots' er biomassen i rødderne. 'Biom. tot' er den totale kulstofpulje i tons, her er biomassen fra stammen, kronen og rødderne ganget med stamtallet og med 50% for at få koncentrationen af kulstof i biomassen. 'CO<sub>2</sub>-eq Ag.' er den overjordiske kulstofpulje omsat til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. 'CO<sub>2</sub>-eq tot' er den totale kulstofpulje omsat til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter.

#### Sortimentsfordeling

Vi har altså fastslået udtagets mængde (de overjordiske dele) som anvendes til at substituere andre produkter, samt det totale optag af kulstof i de over- og underjordiske dele. For hver tynding, er der en sortimentsfordeling alt efter dimensionerne på middeltræet. Vi har valgt at anvende en sortimentsfordeling udarbejdet af Graudal *et al.*:<sup>86</sup>



Figur 15: Sortimentfordeling vægtet på middeltræsdiameter.<sup>87</sup>

Vi vælger at anvende et middeltal for procentandelen ud fra figur 17 ovenover, for nåletræer. Ved ulige procentandel runder vi ned. Vores sortimentsfordeling ser ud som følgende:

Tabel 5: Sortimentfordeling for nål.

Diameter [cm]	0-20	>20-40	>40-60	>60-80	>80
Sortiment					
Gavntømmer	12,5%	62,5%	62,5%	55,0%	50,0%
Energi	75,0%	17,5%	27,5%	35,0%	40,0%
Ikke aflagt	12,5%	20,0%	10,0%	10,0%	10,0%
Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

For at udregne mængden af kulstofpuljen i gavntræet foreksempelvis sitkabevoksningen ved alderen 33 år, ganger vi mængden af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter for den overjordiske biomasse med 10%, da Dg2 = 18,5 cm.

$$\begin{aligned} \text{Gavntræspulje for tynding af Sitka 33 år} &= -35,8 \frac{t CO_2eq}{ha} * 12,5\% \\ &= -4,5 \frac{t CO_2eq}{ha} \end{aligned}$$

Vi antager at sortimentudfaldet for hybridpoppel OP42 udelukkende går til energiformål og ikke aflagt.

Tabel 6: Sortimentfordeling for hybridpoppel OP42.

Sortimentsudfald for poppel			
Diameter [cm]	0-20	>20-40	>40-60
Sortiment			
Energi	85%	90%	90%
Ikke aflagt	15%	10%	10%
Sum	100%	100%	100%

### Indre- og ydrebyn

For de indre- og ydre bryn har vi valgt kun at medregne det totale optag af kulstof fra den over- og underjordiske biomasse. Dette valgte vi, da brynenes hugstudbytte er minimalt, og som oftest bevares brynene i flere trægenerationer.<sup>88</sup>

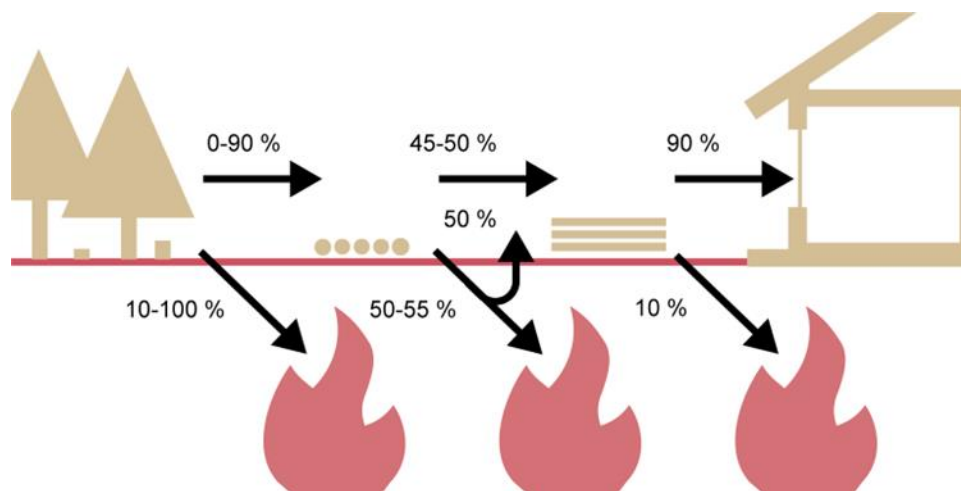
For at beregne kulstofoptaget for det ydre bryn, har vi ganget arealet med 50% og derefter ganget med det totale optag af kulstof for en ren hybridlærkebevoksning. På denne måde får vi



beregnet halvdelen af det ydre bryns optag bestående af hybridlærk. Den anden halvdel som består af løvtræer, har vi valgt at afgrænse os for, da denne del består af forskelligartede træer og buske. For de indre bryn har vi beregnet det totale kulstofoptag på lige fod med en 100% ren lærkebevoksning.

#### Træets produktionskæde

Af den gavntræsmængde som tages ud af skoven fra vores eksempel med sitkabevoksningen, er det ikke det hele som går til konstruktionstømmer. Igennem produktionskæden skæres elementet til i de ønskede produkter. Her bliver dele af gavntræsmængden 'skåret fra' og anvendt til energiformål. Figur 18, herunder, viser træets vej fra hugst i skoven til et produkt anvendt i et byggeri.



Figur 16: Gavntræets vej fra hugst af modent træ til byggevarer anvendt i byggeriet.<sup>89</sup>

Figur 18 viser at gavntræet først bliver skåret op til elementer i skoven. Her kan procentandelen variere meget ift. gavntræsandelen. På savværket bliver gavntræet savet ud til forskellige produkter. Ved udsavning sker der et vist tab af gavntræ til energi i form af fraskær, savsmuld og høvlspåner. Skæringsudbyttet er typisk på 45-50 % af den oprindelige vedmasse. En del af disse rester anvendes som nævnt, til energi og en del bliver bearbejdet til spånplader og papirmasse. Desværre er andelen for hver enkelt ukendt, hvorfor vi har valgt kun at anvende resterne til energiformål. Ved anvendelse af produktet hos forbrugeren, fraskæres der et endeligt på 10 % af produktet fra savværket.<sup>90</sup>

Tabel 7 viser et eksempel for udregningen af den endelige mængde af tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter af gavntræet der anvendes i byggerier.

Tabel 7: Produktionskæde. Fra gavntræ i skoven til produkt i byggerier. Eksemplet er fra en sitkabevoksning, tynding ved 33 år.

Hugget fra skoven		Opbehandling på savværket		Anvendelse af produkt til byggeri	
Sortimentsfordeling i tons CO <sub>2</sub> eq/ha ved tynding		45% af gavntømmeret fra savværket	55% af gavntømmeret fra savværket	90% af gavntømmeret	10% af gavntømmeret
T	Gavntømmer Ag.	Produkt	Rester til energi	Produkt anvendt i byggeri	Rester til energi
[År]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]
33	-4,5	-2,0	-2,5	-1,8	-0,2

Den endelige kulstofpulje af gavntræ fra tyndingen i sitkabevoksningen ved 33 år, som anvendes i byggerier, er beregnet til -1,8 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. ha. Det er denne kulstofpulje af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter som anvendes til beregning af substitutionseffekten, da det er selve træproduktet i byggeriet som substituerer andre produkter.

#### Beregning af substitutionseffekt

En substitutionsfaktor er et udtryk for den kulstofbesparelse som anvendelsen af træ giver frem for andre produkter. Ud fra en undersøgelse fra et studie af forskellige produkters udledninger viser det sig, at den gennemsnitlige substitutionsfaktor for produkter der erstattes med træ er 1,3 for konstruktionsdele i bygninger, f.eks. bjælker og trærammer, 1,6 for ikke-strukturelle dele f.eks. vinduer, gulve og beklædning, og 1-1,5 for andre produkter f.eks. kemikalier, emballage og papir. Substitutionsfaktorerne for energi varer afhænger af den energikilde som træet erstatter og dennes konkrete produktion. For den danske energiforsyning er den gennemsnitlige substitutionsfaktor for kul på 0,89 og for naturgas på 0,63.<sup>91</sup>

Vi vælger at simplificere beregningen af substitutionseffekten for vores skovrejsning, ved at anvende én substitutionsfaktor for gavntræ og én substitutionsfaktor for energitræ. For gavntræ har vi sat substitutionsfaktoren til 1,3 svarende til faktoren for konstruktionsdele i bygninger, og for energitræ har vi sat substitutionsfaktoren til 0,89 svarende til substitution af kul.

Ved at anvende substitutionsfaktoren og kulstofpuljen i træet kan vi nu beregne substitutionsfaktoren. I eksemplet med sitkabevoksningen ved 33 år, får vi da følgende substitutionseffekt vist i tabel 8:

Tabel 8: Eks. på udregning af substitutionseffekt fra tynding i en sitkabevoksning ved 33 år.

Optag ved tynding		Hugget fra skoven			Substitutionseffekt		
T	Tyndings optag Ag.	Ikke aflagt Ag.	Energi Ag.	Gavntømmer Ag.	Substitutionseffekt for Energi Ag.	Substitutionseffekt for Gavntømmer Ag.	Sum
[År]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]
33	-35,8	-4,5	-26,8	-4,5	-26,2	-2,4	-28,6

Hvor hugst er en positiv emission af CO<sub>2</sub>, og optaget og substitutionseffekten er negative emissioner. Kategorien 'ikke aflagt' har ikke noget substitutionseffekt da det bliver efterladt i skoven. Substitutionseffekten for energi beregnes ved at gange substitutionsfaktoren med den summerede værdi af kulstofpuljen i det direkte energitræ ved hugst, samt kulstofpuljerne af rester ved forarbejdning på savværket og ved anvendelse af produktet. Dette ses som følgende:

$$SF * (C(E. hugst) + C(E. savværket) + C(E. anvendelse)) \\ = \text{Substitutionseffekt for Energi}$$

$$0,89 * ((-26,8) + (-2,5) + (-0,2)) \frac{t CO_2eq}{ha} = -26,2 \frac{t CO_2eq}{ha}$$

Substitutionseffekten for gavntræet beregnes ved at gange substitutionsfaktoren med kulstofpuljen i produktet som er anvendt i byggeriet:

$SF * C(\text{Produkt anvendt i byggeri}) = \text{Substitutionseffekt for Gavntræ}$

$$1,3 * -1,8 \frac{t CO_2eq}{ha} = -2,4 \frac{t CO_2eq}{ha}$$

Ved at ligge de to substitutionseffekter sammen får vi derved den endelige substitutionseffekt ved tyndingen i siktabevoksningen ved alderen 33 år:

$$((-26,2) + (-2,4)) \frac{t CO_2eq}{ha} = -28,6 \frac{t CO_2eq}{ha}$$

Det totale optag af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter ved given tid

Dernæst ønsker vi at beregne det totale optag i af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter i skoven over perioderne 20, 30, 50 og 70 år siden kulturetablering. Dette beregnes ved at summere det samlede optag af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter i stammerne, grenene og rødder for alle tyndinger (inkl. den tynding som ville være foretaget i det pågældende år), og den blivende bestand i bevoksningen ved tidspunkt (t). For siktabevoksningen vil det se ud som følgende:

$$Tot. (30 \text{ år}) = \sum \frac{t CO_2eq}{ha} (\text{tynding tot.}) + \frac{t CO_2eq}{ha} (\text{blivende bestand tot. 30 år})$$

$$Tot. (30 \text{ år}) = ((-4,5) + (-5,1) + (-11,3) + (-19,6) + (-29,6) + (-34,7)) \frac{t CO_2eq}{ha} + (-106,7) \frac{t CO_2eq}{ha}$$

$$Tot. (30 \text{ år}) = -211,5 \frac{t CO_2eq}{ha}$$

Tabel 9: Eks. på det totale optag af t CO<sub>2</sub>-eq/ha for sitkabevoksning ved given tid.

T [År]	Totalproduktions optag tot. ved given tid [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]
20	-75
30	-263
50	-626
70	-701

Da sitkabevoksningen bliver afdrejet ved 50-årsalderen er beregningen ved 70 år forudsat at der plantes en ny sitkabevoksning samme år som afdriftstidspunktet.

#### Beregningsmetode for klimaeffekten ved omlægning af marginal landbrugsjord

Da det er en meget omfattende beregning at skulle beregne den indirekte effekt af omlægningen fra landbrugsjord til skovjord, har vi valgt kun at beregne de direkte effekter. Vi har anvendt nogle standardparametre for klimaeffekten udarbejdet af Klimarådet 2020. Summen af parametrene er estimeret til -5,6 t CO<sub>2</sub>-eq/ha pr. år. Hvoraf den reducerede udledning stammer fra reduceret udledning af lattergas, dieselforbrug og den øgede kulstofbinding i biomasse med værdierne: -0,8/-0,7/-4,1 t CO<sub>2</sub>-eq/ha pr. år. Da vi beregner kulstofbindingen i biomassen separat vha. tilvæksttabeller og biomasseligningen, fratrækkes denne parameter fra klimarådets opgørelse hvilket giver os en reduceret udledning på -1,5 t CO<sub>2</sub>-eq/ha pr. år.<sup>92</sup> Denne faktor ganges ind på alle tidligere landbrugsarealer for Kjærballer Plantage i hhv. 20, 30, 50 og 70 år efter kulturetablering.

De landbrugsarealer hvor vi ikke laver skovrejsning, men som overgår til naturzonen, antager vi at den reducerede udledning er minimum svarende til værdierne ved omlægning til græsarealer. Typisk består disse arealer af bræmmer imellem § 3-natur og produktionszonen samt

arealer henlagt til naturzonen. For omlægning til græsarealer er den reduceret lattergas og dieselbrugs, samt kulstofbinding i jorden: -1,2/-1,1/-0,5 t CO<sub>2</sub>-eq/ha pr. år. Samlet giver de en reduceret udledning på -2,8 t CO<sub>2</sub>-eq/ha pr. år.<sup>93</sup> De naturarealer som bliver bibeholdt til naturzonen har vi sat faktoren til 0.

#### Halveringstid

Hvert udtag fra skoven nedbrydes over tid. Når træet nedbrydes frigives den bundne kulstof i træet ud igen til atmosfæren. Der er dog stor variation i hvor hurtigt nedbrydningen af vedmassen forekommer. Den tid som nedbrydningsprocessen tager er udtrykt som en halveringstid. Halveringstiden beskriver hvor lang tid der går, før halvdelen af træets kulstofpulje er frigivet igen. Nedbrydningsprocessen er forskellig lige fra forrådnelse af ikke aflagte elementer, til afbrænding af træprodukter.<sup>94</sup>

Halveringstiden for ikke aflagte elementer, såsom toppene og grenene af træerne i skoven er 10 år i det tempererede klimabælte. For energitræ som direkte går til flis er halveringstiden ½ år. For de rester som produktionskæden leverer er halveringstiden 5 år, da disse typisk bliver sammenpresset til træpiller. For gavntræet af den del som bliver til et produkt er halveringstiden 35 år for konstruktionstræ, 25 år for brædder og 2 år for papir.

Alt i alt er det et meget omfattende og usikkert regnestykke at vurdere nedbrydningen af de forskellige udtag fra skoven over de næste 70 år. Vi har valgt at anvende en halveringstid på 0 år for energitræ, 20 år for gavntræ og 10 år for ikke aflagt.

#### Fremstillingsmetode til kulstofregnskab ved given tid for træarter

Ud fra tilvæksttabellen for hver kulturplantning om end det er blandingskultur, monokultur eller forkultur, har vi beregnet kulstofpuljen i lagereffekten (kulstof i produkter), substitutionseffekten (besparet kulstof fra andre produkter), totalproduktionen (kulstofpuljen i stammer, grene og rødder). Hermed kan vi nu beregne den samlede lager- og substitutionseffekt og kulstofoptaget ved skovrejsningen pr. ha ved given tid 20, 30, 50 og 70 år siden kulturetablering. Måden hvormed lager- og substitutionseffekten beregnes på er at lægge disse sammen.

Kulstofoptaget for skovrejsningen pr. ha ved en sitkabevoksning beregnes ved at lægge det totale producerede kulstofoptag sammen med substitutionseffekten.

Slutteligt beregner vi klimaeffekten ved at ligge de fem elementer sammen, som følgende:

$$\begin{aligned} \text{Klimaeffekt} &= \text{Totale optag} + \text{Hugst af træ i skoven} + \text{Lagereffekt} \\ &+ \text{Substitutiveffekt} + \text{Omlægning ved skovrejsning} \end{aligned}$$

For sitkabevoksningen beregnes klimaeffekten pr. ha ved given tid:

$$\begin{aligned} \text{Klimaeffekt (20 år)} &= ((-75) + 10 + (-6) + (-8) + (-30)) \frac{t \text{ CO}_2\text{eq}}{\text{ha}} \\ &= -109 \frac{t \text{ CO}_2\text{eq}}{\text{ha}} \end{aligned}$$

Eksemplet er vist tabel 10:

Tabel 10: Eks. på kulstofpuljer for sitkabevoksning pr. ha.

T	Totale optag	Hugst af træ i skoven	Kulstoflager i skoven	Lagereffekt	Substitutiveffekt	Omlægning ved skovrejsning	Klimaeffekten
[År]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq]
20	-75	10	-66	-6	-8	-30	-109
30	-263	105	-158	-49	-84	-45	-336
50	-626	551	-75	-329	-389	-75	-868
70	-701	561	-140	-335	-397	-105	-978

Hvoraft det 'Totale optag' er estimeret ud fra den over- og underjordiske kulstofpulje ved given tid. 'Hugst af træ i skoven' er en positiv emission, da der ved hugst udledes CO<sub>2</sub>-eq i biomassen. 'Lagereffekt' er mængden af tons CO<sub>2</sub>-ækvivalanter pr. ha, i produkter ved given tid, beregnet med en halveringstid med 0 år for energitræ og 20 år for gavntræ. 'Substitutionseffekt' er mængden af tons CO<sub>2</sub>-ækvivalanter pr. ha, der erstatter andre produkter i samfundet. Substitutionsfaktoren for energi- og gavntræ er 0,89 og 1,3. 'Omlægning ved skovrejsning' er ændringen i kulstofemissioner ved given tid, beregnet på reduceret lattergas og dieselforbrug på hhv. 0,8 og 0,7 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalanter pr. ha pr. år. 'Klimaeffekten' beregnes ved at summere de fem elementer: Totale optag, hugst af træ i skoven, lagereffekt, substitutionseffekt og omlægning ved skovrejsning.

Et eksempel på biomasseberegninger, kulstofberegninger, sortimentsudfald og lager- og substitutionsberegninger er vedlagt i bilag 6.

#### Fremstilling af tilvæksttabeller generelt

Tilvæksttabeller simulerer udviklingen af en skovbevoksning over tid pr. hektar. Den viser hvilke indgreb der er foretaget i løbet af bevoksningens levetid. Tabellen tager udgangspunkt i en midelværdi for de forskellige værdier der beskriver bevoksningens samlede karakter. Tabellen er udelukkende afledt af empiriske regressionsmodeller, der primært er baseret på vækstfunktioner. Tilvæksttabellerne har begrænset gyldighed da de er bundet til at beskrive hele bestanden i en skovbevoksning.<sup>95</sup> Tilvæksttabellerne udvikles vha. Vidar.<sup>96</sup>

På baggrund af vores indsamling af data, anvender vi middelhøjden ved 50 år for træarter rødgran, douglasgran og hybridlærk. For sitkagran, grandis og hybridpoppel OP42 har vi anvendt anden sekundært data, se tabel 11:



Tabel 11: Viser middelhøjden anvendt til udarbejdelse af tilvæksttabeller.

Middelhøjde ved 50 år [meter]	
Art	Obs
Rødgran	23,9
Douglasgran	28,3
Sitkagran – Hastrup Plantage	27,0
Hybridlærk	27,5
Grandis – Hastrup Plantage	26,9
Hybridpoppel OP42 (29 år) - A. Tærø	25,1

Fremgangsmåde for tilvæksttabel i Vidar

Herunder ses fremgangsmåden for at udarbejde tilvæksttabeller i Vidar:

1. Valg af træart.
2. Bevoksningshøjde ved given alder.
3. Bevoksningshøjden udtrykkes ved overhøjden ( $H_{dom}$ ).
4. Bestemmelsen af bonitet vælges ud fra middelhøjden eks. Rgr H (50 år) = 23,9 m.
5. Vi ønsker at beregne vedmassen som totalmasse.
6. Vi anvender en standard-hugstbehandling.
7. Vi anvender en 'meget hård hugst' med en målgrundflade på maks 20 m<sup>2</sup>/ha.
8. Tilvæksttabellen skal for monokulturer løbe fra alderen 16-50 år.
  - a. Vi vælger år 16 som startår fordi vi ønsker at ligge spor ind i dette år.
  - b. Vi vælger slutår som år 50 fordi vi ønsker at afdrive i denne alder.
9. Ingen bemærkninger.

10. Stamtallet ved bevoksningstilstanden før tynding ved alderen 16 år sættes vi til 2800 planter/ha.

11. Dernæst indtaster vi vores hugstform:

- a. Vi anlægger spor i år 16 hvor vi fjerner 20 % af stamtallet, dvs. 560 træer.
- b. Fra alderen 20 år er hugstintervallet bestemt efter bevoksningens alder divideret med 10.
- c. Vi hugger hårdt i ungdommen ved alderen 20-33 år, således at slut-stamtallet nås tidligere i bevoksningens liv mhp. stabilitet. Derfor redigerer vi N2 til det antal vi mener skal være gældende.
- d. Efter gængs praksis hugger vi ca. 40 m<sup>3</sup> ud i fra alderen 30 år. Dette svarer nogenlunde til en bevoksningshøjde over 18 meter i hvor stormfaldsrisiko gør sig gældende.
- e. For de korte omdrifter på 50 år ophører tyndinger.<sup>97</sup>

### Fremstilling af tilvæksttabeller for blandingskulturer

Grundlaget for vores udarbejdelse af en tilvæksttabel for blandingsbevoksning er, at vi har udarbejdet tilvæksttabeller for monokulturer for indblandingsarterne. Ved kendskab til de forskellige arters vækst, kan vi beregne de to tilvæksttabeller til en samlet tabel for en blandingsbevoksning. Vores blandingsbevoksninger består kun af 2 forskellige arter, da dette letter arbejdsprocessen og kompleksiteten ved blandingsbevoksninger. For at identificere blandingsbevoksningens karakter i en tilvæksttabel skal vi kende blandingsforholdet af art 1 og 2. De to tilvæksttabeller der er anvendt til at udarbejde en blandingstabel, er designet som om de skulle plantes i monokulturer på samme lokation. Igennem omdriftsalderen gennemløber de forskellig hugstform og styrke, da vi antager at der vælges en hovedtræart som favoriseres gennem bevoksningens levetid. Vi har dog tilnærmelsesvis anvendt hård hugst i ungdommen fra 0-33 år og til svag hugst efter 50 år.<sup>98</sup>

Vi anvender en grundfladevægtet procentandel til at beskrive blandingsforholdet af arterne. Dette gør vi, da vi ønsker at tage hensyn til de artsspecifikke parametre. Arterne varierer i deres økologiske amplitude. Således er tilvæksten, kronestrukturen, rodstrukturen, højdevækst mm.,

forskellig og dette udtrykkes sammenfattende i grundfladen. Ved at anvende grundfladen som blandingsforhold, inkluderer vi den artsspecifikke trææthed, bladareal og vækstpladsbehov. Derved bliver de to tilvæksttabeller for monokulturene referenceparceller til blandingsbevoksningerne, hvor vi derved kan beregne blandingsandelen for art 1 og 2 for hele omdriftsalderen. Nøglen til at bestemme værdierne for art 1 og 2 bliver derved grundfladen for bevoksningen.<sup>99</sup>

Efterfølgende anvender vi teori fra Holten Andersen vedr. sammenhængen imellem de forskellige værdier i tilvæksttabeller.<sup>100</sup> For nærmere se bilag 5 for beregningsmetode for mix tilvæksttabeller.

## Resultater og produkt

Herunder ses den endelige drejebog for klimaskovrejsning. Den indledende fase med skrivebordsanalyse, fysisk gennemgang og en ”rå” zonerings af henholdsvis natur og produktion. Så er der en evalueringsfase som består af en midtvejsevaluering. Slutfasen indeholder de punkter der udgør en skov; skovbryn, litraer og så videre, samt endelig tilretning.

For hvert punkt er der angivet et formål som skal agere rettesnor igennem processen for hvert punkt. Samtidig er der angivet en del værktøjer og opmærksomhedspunkter. I sagens natur er det umuligt at angive alle relevante fokusområder, eller blive for specifik i drejebogens tilgang. Det vil derfor stadig kræve opmærksomhed at benytte drejebogen da der eksempelvis kan være lokationsafhængige forhold som der ikke er taget højde for i drejebogen.

### Drejebog for klimaskovrejsning

Drejebog for Klimaskovrejsning	
1.0 Skrivebordsanalyse	<p><b>Formål:</b> Der sættes her fokus på at få indsigt i historikken, jordbunden, vand- og drænforhold, juridiske forhold, samt naturen og logistikken for projektområdet.</p> <p>Her gennemgås arealet for relevante informationer ved hjælp af bl.a. følgende værktøjer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Til brug ifht. naturbeskyttelsesloven og et generelt overblik over juridiske bindinger: ”Danmarks Arealinformation”.<sup>101</sup></li> <li>• Til brug for at se jordartskort over Danmark: ”Danmarks digitale jordartskort 1:25.000”.<sup>102</sup></li> <li>• Til brug for at se Bioscore: ”Danmarks biodiversitetskort”.<sup>103</sup></li> <li>• Til brug for habitatnatur: ”MiljøGIS”.<sup>104</sup></li> <li>• Til brug for § 3-natur: ”Naturdata”.<sup>105</sup></li> </ul>
2.0 Fysisk gennemgang af projektarealet	<p><b>Formål:</b> At bekræfte og supplere den indsamlede viden fra skrivebordsanalysen.</p>

	<p>Ved den fysiske gennemgang lægges der især fokus på topografi og hydrologi. Først og fremmest sammenlignes skrivebordsanalysen med de observationer der gøres i den fysiske gennemgang.</p> <p>Derudover undersøges eksisterende og potentielle naturområder, for så vidt muligt at afgøre eventuelle juridiske restriktioner.</p> <p>Til sidst fokuseres der på at indsamle viden om de områder og forhold der ikke kunne undersøges gennem skrivebordsanalysen.</p>
3.0 Naturzone	<p><b>Formål:</b> At beskytte eksisterende natur, både registreret og uregistreret.</p> <p>Her tegnes naturzonen ind med en bræmme rundt om al § 3-natur, både registreret og uregistreret, samt evt. habitatnatur.</p> <p>Samtidig bruges bioscore kortet til at vurdere hvor det kan give mening, at lave yderligere natur fremfor produktion.</p>
4.0 Produktionszone	<p><b>Formål:</b> At fastlægge produktionsarealerne med så stor logistisk sammenhæng som muligt.</p> <p>Der tilsigtes at produktionsområderne placeres tæt op ad det eksisterende vejnet, det vil som udgangspunkt være de eksisterende marker. Den placeres også så tæt på krat og frie arealer som naturzones begrænsninger tillader det.</p> <p>Derudover sikres at arealerne er placeret på en jordbund der er ønskelig til træproduktion.</p>
5.0 Midtvejs-evaluering	<p><b>Formål:</b> At sammenholde den foreløbige fordeling af produktions- og naturzone med målsætningen.</p>

	<p>Efter at have foretaget både skrivebordsanalysen og den fysiske gennemgang, samt at have indtegnet natur- og produktionsarealer, vurderes planen imod den givne målsætning.</p> <p>Det indebærer bl.a. for naturzonen at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sikre at alle naturarealer er indtegnet og har fået en bræmme.</li> <li>• Sikre korridorer mellem naturarealer, som endvidere kan sikre spredningspotentialet.</li> <li>• Derudover tages der kontakt til den pågældende kommune for at forventningsafstemme og få opdateret registreringen af § 3-natur.</li> </ul> <p>For produktionszonen indebærer det bl.a. at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sikre at produktionsarealer er placeret på en acceptabel jordbund til produktion.</li> <li>• Sikre så stor sammenhæng som muligt logistisk set. Jo mindre afstand mellem lokationer, jo mere effektivt kan skovens drift gennemføres.</li> </ul> <p>Ved at sammenholde med målsætningen, vurderes behovet for at ændre på arealfordeling. Se evt. punkt 5.1.</p>
5.1 Erstatningsnatur	<p><b>Formål:</b> At øge naturindholdet og produktionsarealet på samme tid i projektområdet.</p> <p>Hvis det er vurderet i midtvejs-evalueringen at der er et misforhold mellem fordelingen af natur- og produktionsarealer, samt er der er § 3-områder der potentielt kan anvendes til natur, så skal værktøjet naturinfo benyttes.</p>
6.0 Grøftning	<p><b>Formål:</b> Forebygge forsumpning, vitalitet og stabilitet i bevoksningen.</p> <p>Ved at gennemføre en bluespot-analyse, med en 20-års hændelse som udgangspunkt, skabes der et overblik over hydrologien i projektområdet. Resultatet skal holdes oppe med den fysiske gennemgang af arealet.</p>

	<p>Dette gøres ved hjælp af værktøjet Scalgo Live eller lignende. Når bluespot kortet er genereret indtegnes nødvendige grøfter for at dræne oversvømmelser på 3 cm eller over.</p> <p>Grøfterne skal i fladt terræn udformes som længdeafvanding, hvor hovedgrøften ligger vinkelret på afstrømningsretningen. Her skal der være særligt fokus på ikke at grøfte og dræne naturområder. Der tilsigtes at grøfter lægges langs med skovbryn og indre bryn.</p>
7.0 Skovbryn	<p><b>Formål:</b> Skovbrynene skal fungere som beskyttelse hele vejen rundt om skoven.</p> <p>Her indtegnes skovbrynene med bredden 20 meter mod vest og nord. Mod syd og øst indtegnes de med bredden 10 meter.</p> <p>Af praktiske hensyn kan skovbrynets bredde gøres større eller mindre, det kan eksempelvis være ved mindre ukurante forløb i skovbrynets udstrækning.</p>
7.1 Indre bryn	<p><b>Formål:</b> Indre bryn skal fungere som et 'skelet' for plantagen. De stabiliserende bæltter føres bag om eventuelle svage rander.</p> <p>De indre bryn gives en bredde på 15 meter og lægges i nord- og sydgående retning.</p> <p>Den interne afstand mellem brynene skal tilsigtes at ligge mellem 90 meter og 110 meter.</p>
8.0 Infrastruktur	<p><b>Formål:</b> En god infrastruktur skal skabe sammenhæng og sikre adgang til skoven i forbindelse med arbejde, i almindeligt vejr.</p> <p>Læggepladser placeres langs det eksisterende vejnet, både offentlige og private veje, så længe det vurderes at det ikke vil forstyrre trafikken i voldsom grad.</p>

	<p>Udkørselsmaskiner skal undgå krydse offentlig vej for at læsse af. Af den grund tilstræbes der en læggeplads i hver afdeling.</p> <p>For planlægning af vejnettet som skal forbinde bevoksningerne med læggepladser og offentlig vej, tilstræbes det at holde maksimum transportafstand på 600 meter eller mindre.</p>
9.0 Litrering	<p><b>Formål:</b> At opdele skoven i overskuelige arealer, for at give overblik.</p> <p>Litraene tilstræbes som udgangspunkt at nå en størrelse på 2 ha. Der tilrettes dog i højere grad at følge skovens struktur hvor eksempelvis indre bryn er placeret, eller veje.</p> <p>I hver afdeling af skoven lægges litraene gående øst mod vest med stigende omdriftsalder, for at tilgodese hugstfølgen.</p>
10.0 Opsummering og afrunding	<p><b>Formål:</b> At lave en endelig prioritering, med alle strukturer, zoner og hensyn.</p> <p>Her skal alle zoner, arealer og hensyn holdes op mod hinanden og tilrettes. Den afslutningsvise gennemgang af alle punkter.</p> <p>Derudover skal alle ansøgninger til kommunen udarbejdes og afsendes.</p> <p>Fokus er her på at skabe gennemgående sammenhæng for projektarealet.</p>



## Eksempler på brug af drejebogen ved Kjærballer Plantage

I punkt 3.0 og 4.0 i 'Drejebog for Klimaskovrejsning', natur- og produktionszone, beskriver vi at disse zoner skal indtegnes. For at visualisere dette, er der på figur 19 herunder, indsat en gul cirkel. Her ser vi først og fremmest de registrerede § 3-naturtyper, primært eng og vandløb, men også de to førnævnte zoner. Rundt om delvist isolerede eng i bunden af den gule cirkel kan man tydeligt se den 25 meters bræmme som der er lagt for al registreret natur i Kjærballer Plantage.

Samtidigt ses der i nordvestlig retning fra den "isolerede eng", at naturzonen indskrænkes dog uden at den forsvinder. Dette eksemplificerer hvordan målet om megen produktion, forsøges opnået, uden at man går på kompromis med hensynet til naturen, altså at der stadig er en korridor fra den "isolerede eng" tilbage til andre udyrkede arealer.



Figur 17: Produktions- og naturzone, samt § 3-natur

Fra og med punkt 6.0 til og med punkt 9.0 i 'Drejebog for Klimaskovrejsning', omkring strukturer i skoven ses på figur 20 herunder. Der er markeret et særligt område med den gule cirkel, hvor grøft, ydre- og indre bryn, vejnet og litraer alle sammen mødes her ser man prioriteringen af at samle disse strukturer for at simplificere skoven og bevoksningerne. Når strukturerne lægges ved siden af hinanden, gøres færdsel og planlægning nemmere.

Specifikt for den indrammede grøft kan man se at den er placeret i den østlige side af en våd plet i skoven. Oprindeligt lå den længere mod vest, men ved tilretningspunktet, nr. 10.0, blev det klart for os at man kunne opnå det samme resultat, rent hydrologisk, og samtidig gøre det nemmere at for maskiner at køre i skoven. Generelt i kortudsnittet ser man et godt eksempel på et stykke af skoven. Der vil stedvist være prioriteringer man måske undrer sig over. Det kunne være at dele af det ydre skovbryn på enkelte strækninger ikke overholder henholdsvis 20 meter kravet mod nord og vest, eller omvendt at der netop er 20 meter ydre skovbryn mod syd eller øst. Disse prioriteringer taget for at gøre det praktisk nemmere at gennemføre skovrejsningen, men i områder hvor det er vurderet at være skovdyrkningsmæssigt forsvarligt.



Figur 18: Det nordlige område af skovkortet

Dette kortudsnit viser samtidig det område hvor det har været vanskeligt at opfylde kriterierne for infrastrukturen. Der er i den østlige del af afdeling 1, som er afbilledet her, en del områder hvor vi med køresporene kommer længere væk fra læggepladsen en 600 meter.

#### De juridiske forhold og dispensationer

I forbindelse med anmeldelse af skovrejsningen, anbefaler vi at man forinden tager kontakt til kommunen, jf. punkt 10.0, og søger de fornødne dispensationer. Inden der søges om dispensationer anbefaler vi, at gennemgå de beskyttede arealer i fællesskab med en kommunalsagsbehandler jf. punkt 5.0. I den hensigt kan man få forventningsafstem og opdateret afgrænsning af de beskyttede arealer.

I det store hele skal der gennemgås følgende for arealdisponeringen ved Kjærballe Plantage:

- Forhåndsansøgning til kommunen om skovrejsning.<sup>106</sup>
- Ansøgning til miljøvurdering og dernæst VVM-screening.<sup>107</sup>
- Ansøgning til alle dispensationer for beskyttet natur.<sup>108</sup>
  - I alt ønsker vi at grave 17 nye grøfter for Kjærballe Plantage. For nogle af grøfterne kræver det en dispensation fra naturbeskyttelsesloven før etablering. Når vi graver disse grøfter ændrer øges vandtilførslen for den beskyttede natur, hvilket medfører en tilstandsændring. Derudover ønsker vi at tilkaste en grøft mhp. at genoprette naturlig hydrologi. Også dette kræver en dispensation. Yderligere ønsker vi at lave skovrejsning hel op til eksisterende bryn og derved bryde 25 meter reglen fra beskyttede arealer.
- Ansøgning til dispensation for sø- og åbeskyttelseslinjen.<sup>109</sup>
  - Også gældende for sø- og åbeskyttelseslinjen ønsker vi at søge dispensation til, at plante helt op til eksisterende skov.
- Ved etablering af grøfter til det Nørrekær bæk kræver det en tilladelse fra vandløbsloven ved regulering af vandløb jf. § 16 og 17.<sup>110</sup> Og dertilhørende landzonetilladelse.<sup>111</sup>

### Arealdisponering

Vores projektområde for Kjærballe Plantage er i alt 228,4 ha stort. På figur 21, ser vi fordelingen af produktions- og naturzonerne. Det ses at naturzonen primært er placeret ved den gamle grusgrav, samt det store eng- og moseareal. Naturzonen udgør alt i alt 50,6 ha, altså 22,2% af projektområdet. Produktionszonen fordeler sig i langs Gejlbjergvej, landevejen i den sydlige del af projektområdet og den nordlige del. Produktionsarealet udgør i alt 152,1 ha, svarende til 66,6% af Kjærballe Plantage. Det efterlader 25,6 ha, hvilket er 11,2%, som består af veje, bygninger og andet.

På figur 22 vises et komplet skovkort for Kjærballe Plantage. Figur 23 og 24 viser et nærkort for de enkelte områder; nord og øst i Kjærballe Plantage. Samlet viser vores skovkort placeringen af litraer, grøfter, kørespor, læggepladser og ydre- og indrebryn. Litraer udgør i alt 109,5 ha, her er kørespor og grøfter inkluderet. Ydre- og indrebryn udgør 42,1 ha. De resterende 0,6 ha er liggepladser. For yderligere redegørelse for træartsvalg for den enkelte litra, se da metodeafsnittet. Naturkortet vises på figur 25, her ses naturzonen med de beskyttede naturtyper og jorddiget. For alle kortene antager vi at erstatningsnatur gennemføres.



Figur 19: Kort over produktions- og naturzone

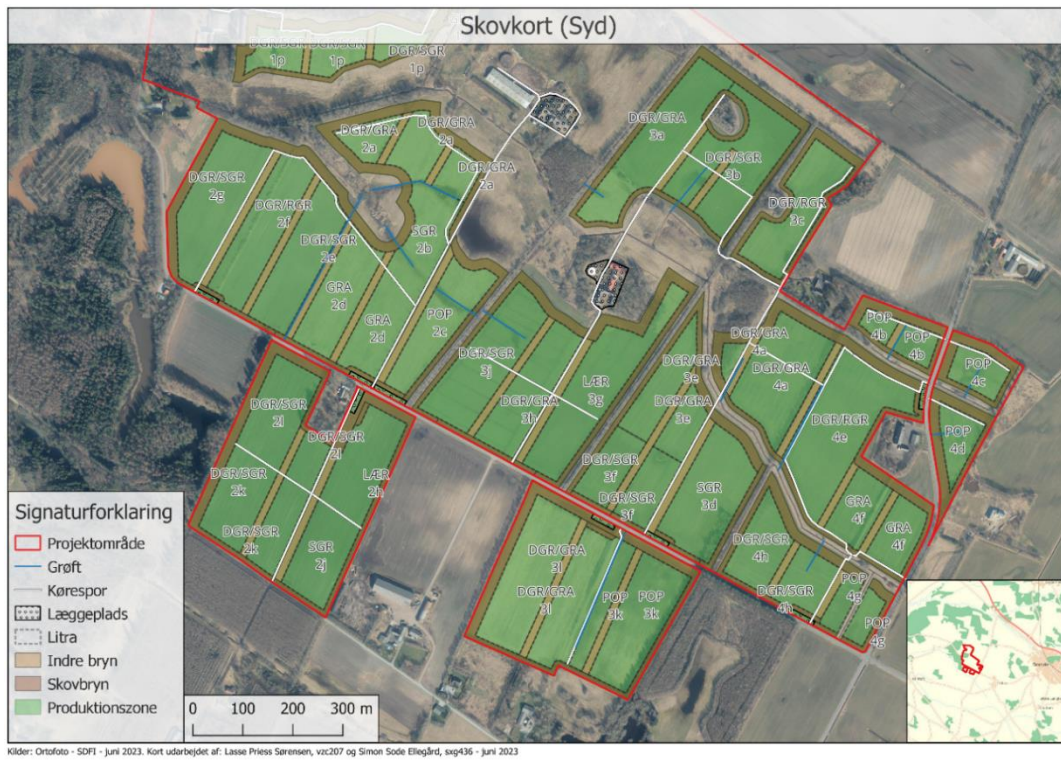


Kilder: Ortofoto - SDFI - april 2023. Kort udarbejdet af: Lasse Priess Sørensen, vzc207 og Simon Sode Ellegård, sxg436 - maj 2023

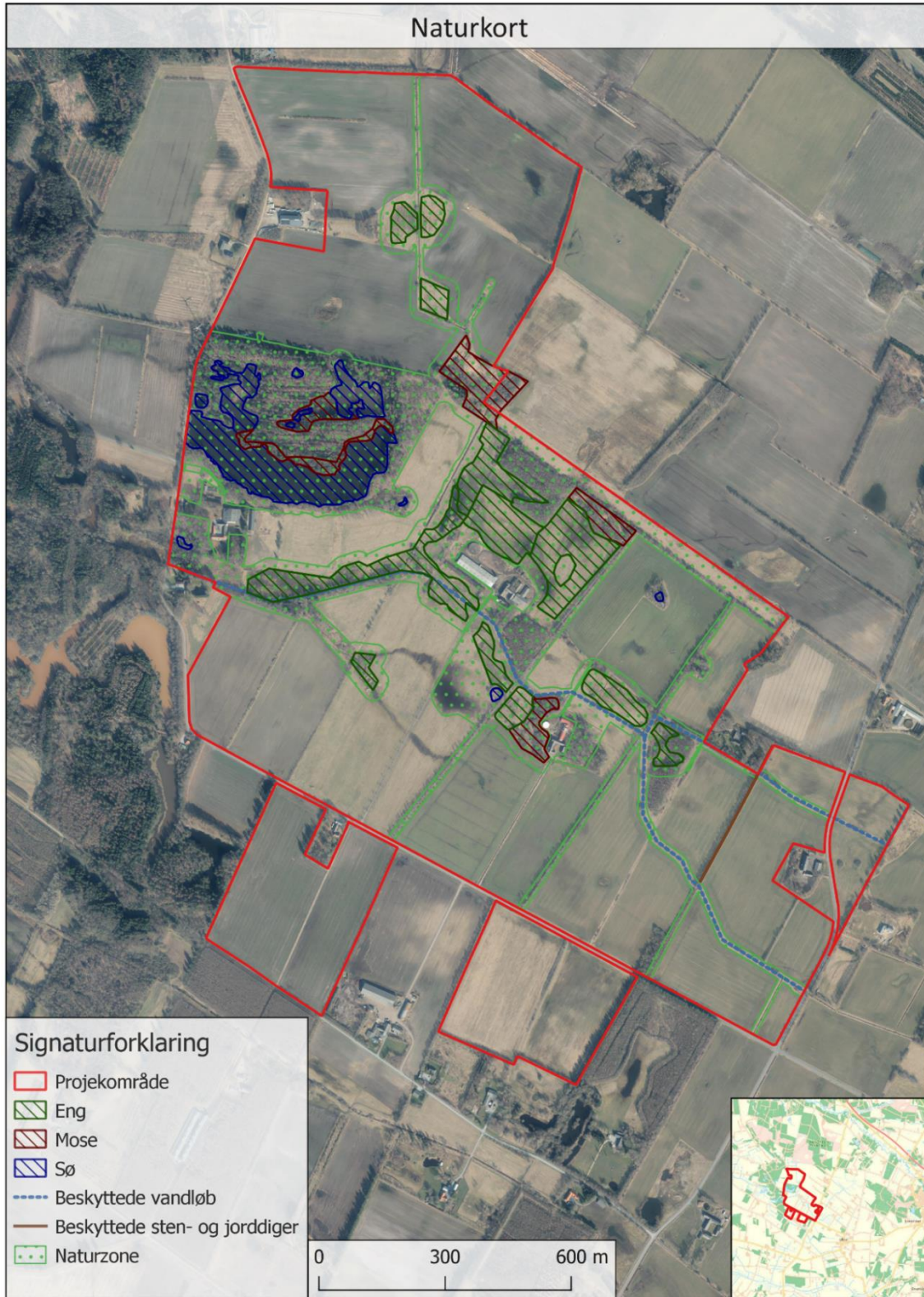
Figur 20: Skovkort



Figur 21: Skovkortets nordlige område



Figur 22: Skovkortets sydlige område



Kilder: Ortofoto forår - SDFI - april 2023. Kort udarbejdet af: Lasse Priess Sørensen, vzc207 og Simon Sode Ellegård, sxg436 - maj 2023

Figur 23: Naturkort, med § 3-natur



## Klimaeffekt ved Kjærballer Plantage

### Klimaregnskab

I kommende fire tabeller er resultatet for vores kulstofregnskab. Når man skal fortolke kulstofregnskabet så anvender man et defineret tidsperspektiv. Vores kulstofregnskab er inddelt i 20, 30, 50 og 70 år efter kulturetablering. Alle parametre er beregnet i tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Det 'Totale optag' beskriver mængden af kulstof skovens over- og underjordiske biomasse. Det totale optag beregnet som en negativ emission, da det er et optag af CO<sub>2</sub> fra atmosfæren.

'Hugst af træ i skoven' er den akkumulerede mængde hugst fra tyndinger og afdrifter. Den beskriver en positiv emission fordi CO<sub>2</sub> udledes ved hugsten. 'Kulstoflager i skoven' beskriver den blivende bestand CO<sub>2</sub>-ækvivalenter efter hugsten er trukket fra. For det totale optag, hugst af træ i skoven og kulstoflager i skoven er anvendt en sortimentsudfald for hver enkelte art. 'Lagereffekt' er mængden af kulstof lagret i produkter ude i samfundet. Lagereffekten beregnes som en negativ emission, da kulstoffet fra hugst bibeholdes i træet. Ved beregning af lagereffekten er anvendt henfaldstider for gavntræ, energitræ og ikke aflagt. Halveringstiden for sorterne er 20 år for gavntræ, 0 år for energitræ og 10 år for ikke aflagt.

'Substitutionseffekten' er mængden af kulstof som er undgået at blive udledt ved brug af træprodukter frem for f.eks. kul, olie og gas. Det beregnes som negative emissioner fordi vi har undladt at udlede dem. Mængden af kulstof i træproduktet anvendt i samfundet er ganget med substitutionsfaktor. Substitutionsfaktoren for gavntræ er -1,3 og for energitræ er den -0,89.

'Omlægning ved skovrejsning' er beregnet som en direkte reduceret emission fordi vi omlægger landbrugsjord til skovrejsning. Effekten er beregnet efter arealet ganget med reduceret lattergas og dieselforbrug på hhv. -0,8 og -0,7 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. ha pr. år for landbrugsjord omlagt til skovrejsning. For landbrugsjord der omlægges til natur er de reducerede emissioner beregnet med hhv. -1,2 for lattergas, -1,1 for dieselforbrug og -0,5 for kulstofbinding i jorden.

Endeligt er klimaeffekten beregnet som den summeret enhed af fem elementer:

$$\begin{aligned} \text{Klimaeffekt} = & \text{Totale optag} + \text{Hugst af træ i skoven} + \text{Lagereffekt} \\ & + \text{Substitutinoseffekt} + \text{Omlægning ved skovrejsning} \end{aligned}$$

Tabel 12: Kulstofregnskab ved 20 år for Kjærballer Plantage.

Kulstofregnskab ved 20 år								
Anv [Art]	Areal [ha]	Totale optag [t CO <sub>2</sub> -eq]	Hugst af træ i skoven [t CO <sub>2</sub> -eq]	Kulstoflager i skoven [t CO <sub>2</sub> -eq]	Lagereffekt [t CO <sub>2</sub> -eq]	Substitutionseffekt [t CO <sub>2</sub> -eq]	Omlægning ved skovrejsning [t CO <sub>2</sub> -eq]	Klimaeffekt [t CO <sub>2</sub> -eq]
Dgr/Sgr	27,3	-2.507	459	-2.047	-335	-367	-819	-3.569
Dgr/Gra	25,0	-1.978	255	-1.723	-183	-204	-750	-2.860
Dgr/Rgr	11,6	-1.404	254	-1.150	-78	-203	-348	-1.779
Gra	9,9	-498	74	-424	-67	-59	-297	-847
Lær	10,1	-2.174	714	-1.460	-355	-303	-303	-2.422
Sgr	10,1	-762	98	-664	-62	-78	-303	-1.107
Pop	15,6	-2.746	1.144	-1.602	-1.007	-692	-468	-3.769
Ydre bryn	31,5	-3.391		-3.391			-945	-4.336
Indre bryn	10,6	-2.282		-2.282			-318	-2.600
Marker ændret til natur	24,8						-1.389	-1.389
<b>I alt for Kjærballer Plantage</b>	<b>176,5</b>	<b>-17.741</b>	<b>2.998</b>	<b>-14.743</b>	<b>-2.087</b>	<b>-1.907</b>	<b>-5.940</b>	<b>-24.677</b>

Tabel 13: Kulstofregnskab ved 30 år for Kjærballer Plantage.

Kulstofregnskab ved 30 år								
Anv	Areal	Totale optag	Hugst af træ i skoven	Kulstoflager i skoven	Lagereffekt	Substitutiveffekt	Omlægning ved skovrejsning	Klimaeffekt
[Art]	[ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]
Dgr/Sgr	27,3	-7.899	2.766	-5.133	-1.150	-2.212	-1.229	-9.723
Dgr/Gra	25,0	-7.409	2.788	-4.621	-1.303	-2.229	-1.125	-9.277
Dgr/Rgr	11,6	-3.826	1.422	-2.405	-360	-1.137	-522	-4.423
Gra	9,9	-2.396	639	-1.757	-449	-511	-446	-3.163
Lær	10,1	-2.489	1.978	-511	-671	-455	-455	-2.091
Sgr	10,1	-2.657	1.059	-1.598	-495	-847	-455	-3.394
Pop	15,6	-5.014	5.322	308	-4.319	-3.347	-702	-8.060
Ydre bryn	31,5	-3.882		-3.882			-1.418	-5.299
Indre bryn	10,6	-2.612		-2.612			-477	-3.089
Marker ændret til natur	24,8						-2.083	-2.083
<b>I alt for Kjærballer Plantage</b>	<b>176,5</b>	<b>-38.184</b>	<b>15.974</b>	<b>-22.210</b>	<b>-8.747</b>	<b>-10.736</b>	<b>-8.910</b>	<b>-50.603</b>

Tabel 14: Kulstofregnskab ved 50 år for Kjærballer Plantage.

Kulstofregnskab ved 50 år								
Anv	Areal	Totale optag	Hugst af træ i skoven	Kulstoflager i skoven	Lagereffekt	Substitutiveffekt	Omlægning ved skovrejsning	Klimaeffekt
[Art]	[ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]
Dgr/Sgr	27,3	-19.299	8.016	-11.284	-3.552	-6.479	-2.048	-23.362
Dgr/Gra	25,0	-16.987	7.338	-9.649	-2.974	-5.925	-1.875	-20.423
Dgr/Rgr	11,6	-8.465	3.829	-4.636	-1.253	-3.093	-870	-9.852
Gra	9,9	-5.616	4.704	-911	-3.871	-3.827	-743	-9.352
Lær	10,1	-6.796	5.591	-1.205	-3.150	-758	-758	-5.871
Sgr	10,1	-6.323	5.569	-754	-3.322	-3.933	-758	-8.767
Pop	15,6	-7.759	6.466	-1.293	-5.326	-4.039	-1.170	-11.828
Ydre bryn	31,5	-10.597		-10.597			-2.363	-12.960
Indre bryn	10,6	-7.132		-7.132			-795	-7.927
Marker ændret til natur	24,8						-3.472	-3.472
<b>I alt for Kjærballer Plantage</b>	<b>176,5</b>	<b>-88.975</b>	<b>41.513</b>	<b>-47.462</b>	<b>-23.449</b>	<b>-28.053</b>	<b>-14.850</b>	<b>-113.814</b>

Tabel 15: Kulstofregnskab ved 70 år for Kjærballer Plantage.

Kulstofregnskab ved 70 år								
Anv	Areal	Totale optag	Hugst af træ i skoven	Kulstoflager i skoven	Lagereffekt	Substitutionseffekt	Omlægning ved skovrejsning	Klimaeffekt
[Art]	[ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]	[t CO <sub>2</sub> -eq]
Dgr/Sgr	27,3	-30.032	24.708	-5.324	-17.587	-21.476	-2.867	-47.252
Dgr/Gra	25,0	-25.975	21.518	-4.457	-15.041	-18.677	-2.625	-40.800
Dgr/Rgr	11,6	-12.145	9.968	-2.177	-5.851	-8.605	-1.218	-17.851
Gra	9,9	-6.114	4.778	-1.336	-3.938	-3.886	-1.040	-10.200
Lær	10,1	-8.970	6.305	-2.666	-3.505	-1.061	-1.061	-8.292
Sgr	10,1	-7.084	5.666	-1.418	-3.384	-4.011	-1.061	-9.874
Pop	15,6	-10.505	7.610	-2.895	-6.333	-4.731	-1.638	-15.597
Ydre bryn	31,5	-13.988		-13.988			-3.308	-17.296
Indre bryn	10,6	-9.414		-9.414			-1.113	-10.527
Marker ændret til natur	24,8						-4.861	-4.861
<b>I alt for Kjærballer Plantage</b>	<b>176,5</b>	<b>-124.227</b>	<b>80.553</b>	<b>-43.674</b>	<b>-55.639</b>	<b>-62.447</b>	<b>-20.789</b>	<b>-182.550</b>

Af nedenstående tabel er der ved årene 20, 30, 50 og 70 år lagret følgende mængde kulstof i træprodukter i samfundet:

Lagereffekt for Kjærballe Plantage	
Tid:	Lagereffekt:
0-20 år	-2.087 t CO <sub>2</sub> -eq
0-30 år	-8.747 t CO <sub>2</sub> -eq
0-50 år	-23.449 t CO <sub>2</sub> -eq
0-70 år	-55.639 t CO <sub>2</sub> -eq

Tabel 16: Hvor lagereffekten er summen af alle de tons CO<sub>2</sub>-eq som findes i træprodukter i samfundet

Størrelsen af substitutionseffekten over tid er opgivet for samme årrække 20, 30, 50 og ved 70 år:

Substitutionseffekt for Kjærballe Plantage	
Tid:	Substitutionseffekt:
0-20 år	-1.907 t CO <sub>2</sub> -eq
0-30 år	-10.736 t CO <sub>2</sub> -eq
0-50 år	-28.053 t CO <sub>2</sub> -eq
0-70 år	-62.447 t CO <sub>2</sub> -eq

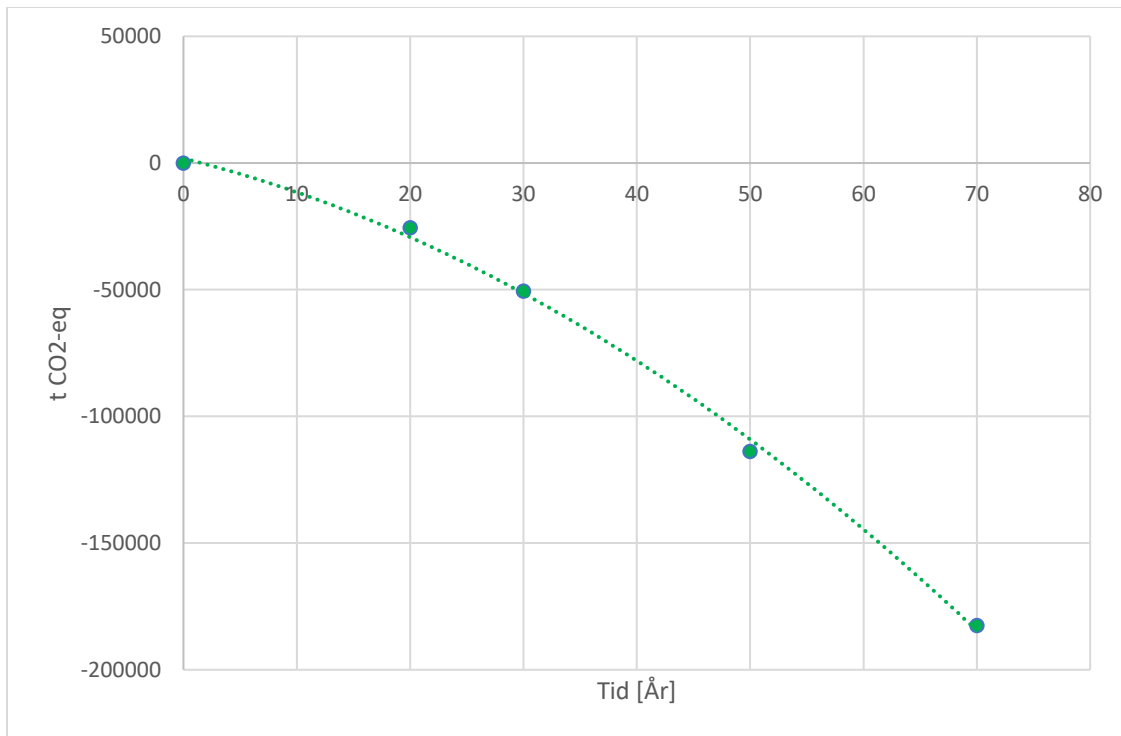
Tabel 17: Hvor substitutionseffekten er summen af reduceret tons CO<sub>2</sub>-eq ved substitution af produkter i samfundet.

I gennem vores beregninger er vi kommet frem til følgende klimaeffekt for Kjærballer Plantage ved 20, 30, 50 og 70 år:

Klimaeffekt for Kjærballer Plantage	
Tid:	Klimaeffekt:
0-20 år	-25.588 t CO <sub>2</sub> -eq
0-30 år	-50.603 t CO <sub>2</sub> -eq
0-50 år	-113.814 t CO <sub>2</sub> -eq
0-70 år	-182.550 t CO <sub>2</sub> -eq

*Tabel 18: Hvor klimaeffekten er summen af positive og negative emissioner for Kjærballer Plantage ved given tid. Klimaeffekten pr. ha, er udregnet ud fra Kjærballer Plantages samlede areal.*

Resultatet viser, at over tid får vi en større og større klimaeffekt der kommer af den øgede anvendelse af træerne som produkter og som lager i de senere aldre. Fra 0-20 år er der en klima-effekt på lige over -24.000 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Her består effekten primært af det totale optag ved træernes vækst. På dette tidspunkt i bevoksningens levealder vokser træerne hurtigt, men anvendelsesmulighederne i de små dimensioner er begrænsede. Når vi trækker klimaef-fekten fra år 30 til 50 år, viser det sig at den 20-års periode forøges klimaeffekten med over -34.000 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Her består klimaeffekten af træernes optag, men i høj grad også af en større udnyttelse af træproduktet og en større lager- og substitutionseffekt. Ydermere ser vi i den 20-årig periode fra 50 år til 70 år at udnyttelsesgraden og lager- og substitutionseffek-ten endvidere forøges med over -74.000 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Til trods for at træerne vokser langsommere i de sene aldre, har vi altså stadig en stigende klimaeffekt. Dette kan illustreres med følgende figur 26, nedenfor:



Figur 24: Klimaeffekt for Kjærballer Plantage over tid, ved 20, 30, 50 og 70 år. Samt en eksponentiel aftagende tendenslinje.



## Diskussion

### Data

I en opgave som denne er der altid mange tilgange at gribe sagen an på. Det er heller ikke anderledes for denne opgave. Der har været to primære dataindsamlinger; jordspyd og højdemålinger til boniteter, samt en mindre data i form af et møde med Skovdyrkerne om planlægningen af første fase af Kjærballer Plantage. Derudover har vi benyttet os af en stor litteraturgennemgang, særligt i forhold til kulstofregnskabet for Kjærballer Plantage, men også for arealdiagoneringen.

For vores jordspydsdata var målet at indsamle data der i nogen grad var sammenlignelig med jordartskortet fra GEUS.<sup>112</sup> For at tilnærme os dette valgte vi at placere punkterne i et net som på den måde sikrede at vi også indsamlede data fra områder der måske umiddelbart ikke så bemærkelsesværdige ud. Denne beslutning betød også en relativt større mængde arbejde, da netop jordspyd er en fysisk hård og langsommelig dataindsamling. For det grovmaskede net endte vi på 150 meter, mellem hvert punkt. Det var dog oprindeligt målet at lægge punkterne endnu tættere, men dette var ikke optimalt grundet netop arbejdsmængden i forhold til vores afsatte tid. Da 100 meter ville have givet en væsentlig udfordring i tidsforbruget og 200 meter blev vurderet til, at være for upræcist i forhold til ønsket om at efterprøve GEUS' vurderinger.

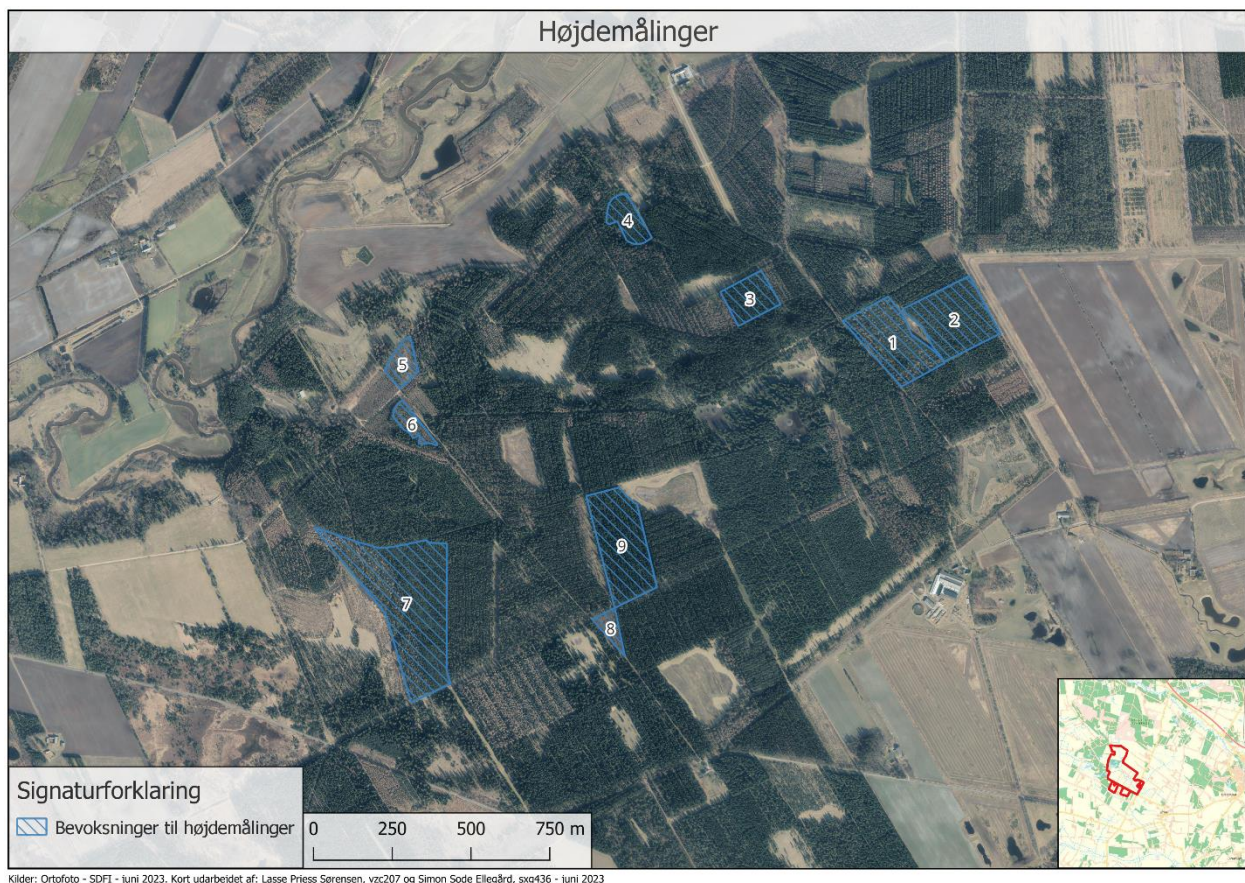
### Bonitering

Da vi kom ind på emnet om kulstofregnskaber blev vi også opmærksomme på at dette ville kræve viden om træernes vækst på arealet. Af den grund valgte vi af foretage højdemålinger for at fastslå boniteten. Dette er en bredt accepteret metode til at arbejde med vækstpotentialer og er også den metode der undervises i på Skovskolen.<sup>113</sup>

Målet for vores bonitetsmåling er at ramme noget generelt gældende for vores lokalitet ved Kjærballer Plantage. Her var det vigtigt at vi tog udgangspunkt i nabobevoksningen Hesselvig Plantage, da den var indenfor en rimelig afstand til for vores projektområde, og jordbundsforholdene var sammenlignelige. Inden vi gennemgik bevoksningerne, havde vi forventet at få

data fra arterne rødgran, douglasgran, sitkagran, grandis og hybridlærk. Det var dog ikke det bil-  
lede vi kom ud og så i Hesselvig Plantage.

Bevoksningsnummer 1, 2, 7 og 8 bestod primært af østrigsk fyr, se figur . Derudover var der  
mange skrælleskader på arterne rødgran og douglasgran. Samlet set antydede meget af de vi så  
at interesser for jagt var højt prioriteret for skovforvaltningen. Hvis vi i bagklogskabens lys  
skulle have gjort noget anderledes, ville vi have undersøgt flere arealer på forhånd, samt skabt  
os et bedre indblik i driften og historikken på arealet.



Figur 25: Oversigtskort over bevoksningsnumre til bonitetsmålinger Hesselvig Plantage.

I sammenhæng med det forrige, ville et skovkort også have givet os en forventning om Hessel-  
vig Plantage kunne give os de fornødne data for eksempelvis grandis, da denne art kun forekom  
som enkelte solitære træer i skoven.

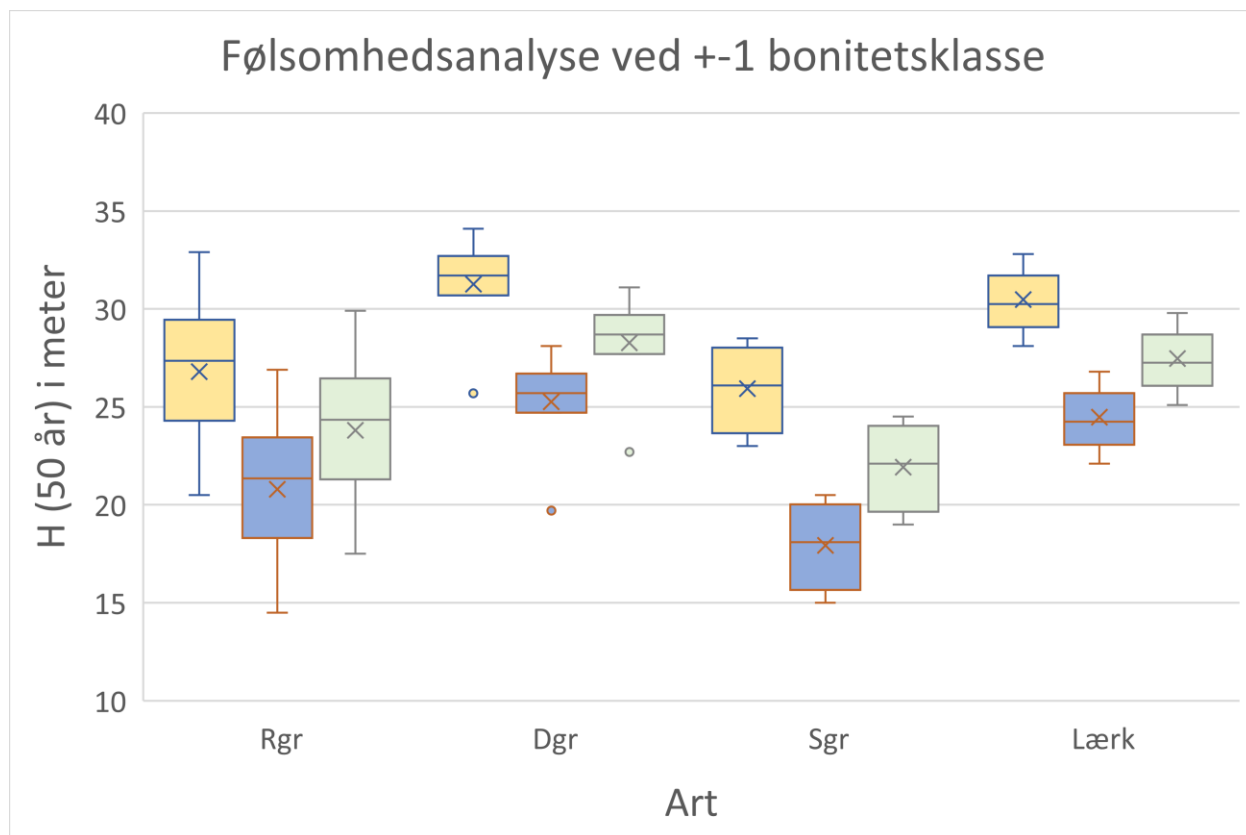
Måling af de rigtige træer blev sikret ved hjælp af QGIS. Vi lavede tilfældigt udlagte punkter i bevoksningerne, på den måde målte vi hverken områder med konsekvent god eller dårlig vækst. Vi blev dog i perioden for dataindsamling ramt af et vist tidspres, denne udfordring gjorde, at vi måtte nøjes med at måle højder i bevoksninger vi med nogen sikkerhed kunne aldersbestemme ud fra tilgængelige kortdata på "Danmarks Arealinformation".<sup>114</sup> I relation til bonitering er dette formentlig ikke en usikkerhed der i høj grad vil påvirke udfaldet af vores målinger og beregninger.

De usikkerheder der oftest opstår ved højdemålinger, beror i høj grad på om den der skal måle, forstår at bruge sit måleudstyr korrekt, samt udvælgelsen af hvor og hvilke træer der bliver målt. For at sikre korrekt brug af måleudstyret lavede kontrolmålinger hvor vi sammenlignede vores resultater.

#### Følsomhedsanalyse på højdeobservationer

For at danne et billede af om vores data er repræsentative har vi udarbejdet en følsomhedsanalyse, se figur 26, hvor resultatet viser spændet af vores observationer ved en bonitetsklasse større/mindre end det observerede. Som mål for vores datasæt ønsker vi at variationen ikke overstiger +/-1 bonitetsklasse for de forskellige arter. Hvis observationerne er indenfor samme værdier som +/-1 bonitetsklasse er variationen høj.<sup>115</sup>

For rødgran er en bonitetsklasse +/-3 meter ved indeksalder 50 år. Denne parameter er udarbejdet af C. M. Møllers tilvæksttabel 1933. For sitkagran er en bonitetsklasse +/-4 meter ved indeksalder 50 år. Denne parameter er udarbejdet af H. A. Henriksen 1958. For douglasgran er en bonitetsklasse +/-3 meter ved indeksalder 50 år. Denne parameter er udarbejdet af S. Karlberg 1961. For lærk er en bonitetsklasse +/-3 meter ved indeksalder 50 år. Denne parameter er udarbejdet af M. Andersen 1950.<sup>116</sup>



Figur 26: Følsomhedsanalyse af højdedatasæt for rødgran, sitkagran, douglasgran og hybridlærk.

Figuren viser yderpunkter af datasæt (vandret streg top/bund), middelværdien (X), variansen på data er illustreret ved (gul/blå/grøn kasse). Gul kasse er en bonitetsklasse højere, blå kasse er en bonitetsklasse lavere og grøn er vores observationer.

Vores følsomhedsanalyse viser at variansen på vores observationer af rødgran er stor. Variationen går fra ca. 22-26,5 meter ved 50 år (grøn kasse). Det vil sige at vores resultater viser at en rødgranbevoksning ved 50 år kan springe helt op til 4,5 meter i højdeindeksalder korreleret til 1,33 bonitetsklasse.

For douglasgran forholder det sig anderledes. Variation ved vores observationer er ca. imellem 28 til 30 meter, hvilket resulterer i en variation i højdeindeksalder ved 50 år er på 2 meter, korreleret til 0,66 bonitetsklasse (grøn kasse).

Variationen på vores datasæt for sitkagran ved indeksalder 50 år er på 2 meter, fra 19,5-23,5 meter (grøn kasse). Denne variation er korreleret til 1 bonitetsklasse for sitkagran. Det er dog

nærliggende at sammenligne vores bonitetsmålinger med Hastrup Plantagen hvor sitkagran har H (50 år) = 27,7 m, hvilket viser at vores data er over en bonitetsklasse fra denne reference og må forkastes.

For hybridlærk er variation ved vores observationer ca. imellem 26 til 28,5 meter, hvilket resulterer til en variation i højdeindeksalder ved 50 år er på 2,5 meter, korreleret til 0,83 bonitetsklasse (grøn kasse).

Ved analyse af vores data kom vi frem til følgende resultater for middelværdien af højden ved 50 år:

*Tabel 19: Viser vores resultater for middelhøjder af rødgran, douglasgran, sitkagran og hybridlærk ved alderen 50 år.*

Middelhøjde ved 50 år [meter]			
Art	Obs.	+1 bon.	-1 bon.
Rødgran	23,9	26,8	20,8
Douglasgran	28,3	31,3	25,3
Sitkagran	22,1	26,0	18,0
Hybridlærk	27,5	30,5	24,5

Sammensluttende kan vi nævne at vores data ikke repræsenterer et fyldestgørende billede af hvorledes vores arter vokser. For rødgran, som vi har flest målinger af, er variansen høj. Vi ser en tendens til at de yngre bevoksninger vokser bedre end de ældre. Dette kan muligvis skyldes udviklingen af bedre provenienser eller bedre viden og udførelse af kulturanlæggelse. Derudover var vores data for sitkagran sparsomme, hvorfor vi efterfølgende valgte at anvende data fra Hastrup Plantage. Ydermere skal det nævnes at fælles for alle bevoksningerne i Hesselvig Plantage var at de havde mange skrælleskader, hvilket kan have en negativ indflydelse på væksten af træerne.

## Interview

I løbet af vores møde med Peter Vind Larsen fra KIRKBI, blev mange tanker og målsætningen præsenteret. Som tidligere nævnt har disse været retningsgivende og en målestok for vores metoder og resultater. Vi har ikke nødvendigvis nået de mål som KIRKBI har sat, men dette ser vi ikke som en svaghed, da vi vurderede at det ikke var fagligt forsvarligt, da vi ville blive nødt til at gå på kompromis med kvaliteten af vores resultater.

Vi havde oprindeligt lagt op til et email interview med Skovdyrkerne, men efter henvendelse fra Michael Sheedy Gehlert valgte vi at tage en online samtale. Dette bidrog til at vi høj grad blev mere opmærksomme på nogle perspektiver, som vi ellers kunne have misset. Blandt disse perspektiver var blandt andet hugstfølgen for de enkelte litraer.<sup>117</sup> Det bidrog altså til den samlede dataindsamling at benytte både kvantitative og kvalitative data.

## Arealdisponering

Gennem tiden er skovdyrkning blevet kritiseret for ikke at varetage miljø- og naturmæssige hensyn. Det har skabt debat om hvordan forvaltningen skal håndtere disse hensyn. To meget forskellige forvaltningspraksisser er opstået for at imødekomme de miljø- og naturmæssige hensyn. Den første forvaltningspraksis bestræber sig på at tilfredsstille alle hensyn i et holistisk forvaltningsperspektiv. Her ønsker man at integrere de forskellige hensyn i skovdyrkingen. I kontrast til denne første forvaltningspraksis, findes en anden mulighed hvor man opdeler skoven i forskellige zoner med forskellige formål og prioriteringer. Et eksempel på dette kan være en beskyttet sø og mose, der ligger urørt, som er nabo til en høj produktiv monokultur af skovtræer.<sup>118</sup>

Hvorvidt man skal vælge den ene praksis frem for den anden, afhænger meget af målsætning, og ofte er det også case-specifikke faktorer som er afgørende. Ifølge nogle forskere er zoneinddelingen, med adskilte formål, mere fordelagtig. Det er den fordi den giver klare, specifikke og effektive ledelsesstrategier, som er med til at reducerer konflikter mellem interessenter. Det er især rækkefølgen af prioriteter som skaber klarhed for forvaltningen. Ydermere kan zoneinddelingen hjælpe med at koncentrere produktionsarealerne i landskabet, således at logistiske

udstrækninger minimeres og fragmenteringen af naturarealerne mindskes. Bedre logistik giver, alt andet lige, nogle økonomiske fordele for skovdriften.<sup>119</sup>

Med beslutningen om at benytte et system, som TRIAD, der bruger zoner, opnåede vi en høj grad af systematik, som dog måske har lukket af for nogle kreative og nytænkende løsninger. Zoneringsmetoden har alligevel vist sig effektiv i forhold til at drive projektet fremad, og det har ikke været så restriktivt at vi ikke har kunnet tilpasse rammerne den virkelighed som opgavens kontekst er i. Denne tilpasningsevne er opnået ved primært at lade sig inspirere af tankerne og prioriteringsmodellerne bag zoneinddeling. På den modsatte side kunne vi have arbejdet med en mere fri tilgang uden zoner, dette havde muligvis givet os flere forskellige scenarier til en løsning, men det ville givetvis være svært at følge logikken i prioriteringerne, da det ville virke som tilfældige indspark, og ikke som en samlet løsning.

Vi er som tidligere nævnt endt på en arealopgørelse hvor produktionszonen udgør 66 %, naturzonen udgør 22 % og resten udgøres af veje, bygninger og andet. Derved ender Kjærballer Plantage med at have end del mindre produktion end KIRKBIs målsætning der siger 75 % - 80 % produktion og 20 % - 25 % natur + stabiliserende elementer.<sup>120</sup> Ydermere har vi valgt at opføre de stabiliserende elementer under produktionszonen. Hvis vi opgør arealet på samme måde som KIRKBI, bliver vores resultat som i tabel 20 herunder:

Tabel 20: Arealopgørelse for Kjærballer Plantage.

	Arealopgørelse for Kjærballer Plantage:	KIRKBIs målsætning for den samlede por- tefølje af skove:
Produktionszone	54 %	75 % - 80 %
Naturzone + stabiliserende elementer	46 %	20 % - 25 %

Dette rejser spørgsmålet om hvorvidt vores fremgangsmåde til arealdisponeringen har opfyldt sit formål. Det har selvfølgelig været vigtigt for os at skele til KIRKBIs målsætning, men i endnu

højere grad har det være vigtigt for os at udarbejde en metode, som kan forsvares på et fagligt grundlag.

### Skovstruktur

I vores metode til opbygningen af vejnettet i Kjærballer Plantage var vores fokus på at opnå så korte afstande som muligt. Dette har vi delvist opnået, der har været udfordringer ved våde områder og vandløb, samt grøfter. Disse har skabt flaskehalse for transporten, som altså ovenikøbet er meget transport på fugtig jord, hvilket ikke er ønskeligt. Der kan derfor argumenteres for at anlægge bilfaste veje, med fuld opbygning af en vejkasse i flere dele af skoven. På den baggrund havde det været givtigt at indhente mere viden angående maskinpræstationer og transportomkostningerne. Viden om maskinpræstationer samt en detaljeret analyse af transportbehovet havde dermed kunnet give os et oplyst grundlag af træffe beslutningerne ud fra.

En analyse af transport skulle fokusere mængden af arealer der var langt fra læggepladser, samtidig ville dette skulle holdes op imod de forventede indgreb. Således er det i højere grad acceptabelt med en isoleret bevoksning, hvis man kun sjældent skal arbejde i denne bevoksning.

I forhold til hvorvidt eksempelvis skovbryn og andre prioriteringer i skovstrukturen, så har vi fokuseret på at det skovdyrkningsmæssigt skulle være forsvarlige og ansvarlige valg vi tog. Derfor har vi heller ikke gået på kompromis med skovbrynene eller beslutningen om at bruge indre bryn. De indre- og ydre bryn udgør sammenlagt 42,1 ha svarende til 18,4 % af Kjærballer Plantages samlede areal. Det er vigtigt at have brynenes funktion som læbælter in mente. Hvis først en bevoksning er begyndt at gå i opløsning er risikoen for yderligere udvikling af stormfald i bevoksningen, er meget høj. Muligheden for at standse en bevoksnings opløsning vil være nær uoverkommelig.<sup>121</sup>

Hvor svækkede og opløste rande dækker et større bevoksningskompleks, som ved Kjærballer Plantage, vil de økonomiske og hugstfølgemæssige konsekvenser af en forceret afvikling være omkostningsfuld. I sådanne tilfælde vil det være værd at overveje, om der kan afsættes midler til at etablere en ny og stabil randzone til at beskytte bagvedliggende værdier. Derfor spiller de indre- og ydre bryn en vigtig rolle for stabiliteten og vitaliteten for produktionsbevoksningerne,



hvorfor de får lov til at fylde i Kjærballer Plantage.<sup>122</sup> Det har være målet at opnå en skovrejsning som er stabil på lang sigt, også når det stormer.

For placeringen af vores forskellige kulturmodeller er det tidligere forklaret at vi prioriterede hugstfølgen og derved placerede bladninger med douglasgran i vest og nord, i de forskellige litraer. Modsat placerede vi forkulturer af hybridpoppel i syd eller øst. I et projektområde som Kjærballer Plantage er der op til flere steder hvor en enkelt litra er fuldstændigt omgivet af skovbryn, ikke kun indre bryn, disse steder har man mere eller mindre frit valg i forhold til hugstfølgen. Der har vores fokus været at forsøge at ramme KIRKBIs mål inden for arealfordelingen, men samtidig har vi også forsøgt at ramme nogle fordelinger der har givet rum til en højere klimaeffekt. Det er helt sikkert muligt at fordele kulturmodellerne anderledes og stadig nå et fint resultat, men det må også komme an på de erfaringer som man kun kan opnå gennem mange skovrejsninger.

Det er hovedformålet med skovrejsningerne for KIRKBI at opnå en klimaeffekt. Af den grund har vi også måttet vurdere om arealer der potentielt kunne bruges til natur, samtidigt var arealer der kunne bruges til produktion. Derfor har vi indført flere underkriterier som dog er mere kvalitative af natur. Det er eksempelvis vurderingen af hvorvidt diverse krat og læhegn er egnede til at indgå i produktionsarealer. Her er det i høj grad en vurdering af hvorvidt det er praktisk og økonomisk forsvarligt at inddrage arealerne. Det er dog samtidig en prioritet at sikre korridorer og sammenhæng mellem naturarealer qua brandmandens lov, som nævnt tidligere.

### Jordbearbejdning

Ifølge vores data fra jordspyd oplevede vi, at der i 60-80 cm dybde forekom et hårdt sammenpresset sandlag, formentlig en pløjesål der er opstået efter mange års landbrugsdyrkning med landbrugsmaskiner. Denne pløjesål giver en risiko for vandstuvning eller blot ringere afvanding. Derudover kan den være et rodbremsende jordlag som besværliggør træernes optimale rodudvikling. Derfor anbefaler vi at bryde denne pløjesål med jordbearbejdning. Vi anbefaler en dyb jordbearbejdning der stikker op til 80 cm ned i jorden. Reolpløjning vil være fordelagtig, da denne jordbearbejdning bryder pløjesålen og bryder al komprimering så jorden er porøs og træernes rodudvikling begunstiges.<sup>123</sup>

Vandøkonomien for træerne bliver desuden forbedret ved reolpløjning, da pløjningen reducerer markfloraen og gennem etableringen af en fordampningshæmmende overflade af opløjet, løst og humusfrit sand fra undergrunden. Reolpløjningen har også vist sig at reducere frostska-der de første par år for kulturetablingen, hvorfor den også bør anbefales.<sup>124</sup> Skovdyrkerne har desuden erfaringer med at reolpløjning påvirker afstrømningen. Den retning som traktoren pløjer vil vandet begynde at løbe hen imod. Derudover efterlader reolpløjning en grøft, som er særdeles billig at fremstille.<sup>125</sup>

Det er vigtigt at kontakte Kulturministeriet inden der foretages reolpløjning, så det sikres at der ikke ødelægges skjulte fortidsminder.<sup>126</sup>

#### Naturbeskyttelse og dispensationer

Det er vigtigt i arbejdet med juridiske bindinger at være helt klar på hvad målsætningen er for skovrejsningsprojektet. Samtidig er det vigtigt at kende både beskyttelsesinteresser og planhen-syn i lovgivningen, for at kunne klarlægge interessesammenfald og eventuelle uoverensstem-melser mellem målsætningen og lovgivningen.

Generelt set er der lavt potentialet for god naturkvalitet på Kjærballe Plantage, jf. bioscore. En- kelte områder har også potentiale for god natur. Dette har i høj grad betydet at vi så også prio- riterede disse til netop naturen. Grundet årstiden, havde vi en meget lille mulighed for ved selv- syn at undersøge botanikken. En større gennemgang af botanikken ville formentlig også have været for ressourcekrævende og uden for denne opgaves fokus. Vi holdte os derfor til, hvor det var muligt, at benytte en vurdering af terrænet og strukturen i vegetationen til at definere ure- gistrerede naturområder.

I det store hele forventer vi, at skovrejsningen vil bidrage til øget biodiversitet og naturkvali- tet.<sup>127</sup> Hvorimod bibeholdelsen af landbrugsjord vil fastholde status quo. Vi forventer at der ikke skal søges om dispensation til skovrejsning når vi holder en afstand på 25 meter fra den be- skyttede naturtype.<sup>128</sup> Dog er det vigtigt at være åben overfor kommunen om de planer som er i vente. I forbindelse med etablering af grøfter, og lukning af grøft, skal der søges dispensation,

da vandtilførslen og derved naturtypen, bliver påvirket. Vi forventer at lukning af grøften vil gavne naturtyperne fersk eng og mose.

Også sø- og åbeskyttelseslinjen skal man forholde sig til på Kjærballer Plantage. For at lave skovrejsning skal der søges om dispensation for beskyttelseslinjen ved skovrejsning inden for de 150 meter fra søens kant. Det forhold, at der allerede er en anden beplantning eller bevoksning inden for beskyttelseslinjen kan ikke i sig selv begrunde en dispensation til yderligere beplantning.<sup>129</sup> Dispensation i en almindelig vurdering vil indgå om der sker en påvirkning af de beskyttelsesformål som bestemmelsen sigter mod, dvs. landskabshensyn, rekreative hensyn samt hensynet til dyre- og plantelivet. Hvis der kan ske en negativ påvirkning, meddeles der normalt ikke dispensation.<sup>130</sup>

Da vi gennemgik arealet, kunne man ikke se søen, for bare træer, og landskabshensynet med frit udsyn var ikke til stede. Da administrationen af sø- og åbeskyttelseslinjen er mindre restriktiv og da skovrejsningen ikke vil skygge eller skabe barriere i landskabet, vurderer vi at der sandsynligvis kan medgives en dispensation fra sø- og åbeskyttelseslinjen.<sup>131</sup>

#### Erstatningsnatur

Ifølge naturbeskyttelsesloven §65, stk. 2, kan der gives dispensation i "særlige tilfælde". Spørgsmålet om, hvornår der er tale om et særligt tilfælde, er fastlagt i Miljø- og Fødevareklagenævnets praksis. Det er også beskrevet i Miljøministeriets vejledning om beskyttede naturtyper.<sup>132</sup> Ifølge vejledningen er det ikke nok, at der er påvist en væsentlig økonomisk interesse. For at et indgreb i områdets tilstand kan accepteres, må der tillige enten være tale om et område, som ud fra naturbeskyttelseshensyn vurderes som uden særlig interesse, eller være andre særlige samfundsmæssige interesser forbundet med indgrebet.<sup>133</sup>

Vi ønsker at skubbe til den gængse opfattelse for erstatningsnatur, da vi udarbejder en helhedsplan. Lovgivningen giver relativt få muligheder for erstatningsnatur. Vi ønsker at gå i dialog med kommunen om mulighederne for erstatningsnatur, diskutere fremtiden for det enkelte areal, få dem til at inspicere arealet, og danne et overblik over status, trusler og fremtid. Hvis arealet stadig er beskyttet derefter, må fremtiden diskuteres når der ikke er nogen drift.

På baggrund af eksisterende lovgivning og den generelle praksis hos miljø- og fødevareklagenævnet er det dog ikke muligt at gøre forfærdelig meget ved anvendelsen af disse arealer. Det kan i princippet udfoldes til en længere debat om hvorvidt arealer med natur skal frasælges efter opkøb eller om målsætningen muligvis skal opdateres, når man har flere projektområder at sammenligne med. Det er trods alt en mulighed at blot Kjærballer Plantage indeholder større naturområder end det gennemsnitlige projektområde.

Når det så er sagt, har vi valgt at bruge erstatningsnatur, også kaldet erstatningsbiotop, som et værktøj til at højne både andelen af produktive arealer og andelen af arealer med højt naturindhold. Der er i praksis meget lidt forvaltningserfaring med hvordan erstatningsnatur virker når det ikke lige drejer sig om eksempelvis større projekter om infrastruktur. Erstatningsnatur skal have en natur- eller samfundsmæssig interesse som argument. I sig selv er ny erstatningsnatur ikke et stærkt nok argument.<sup>134</sup>

Afregistrering af beskyttede naturarealer er muligvis også en realitet. Hvis en ny ajourført besigtigelse ikke finder minimum 3 stjernearter, og kan konstatere at § 3-området er udpræget af kulturarter, og under kraftig påvirkning, kan arealet muligvis ikke være beskyttet længere. Såfremt dette konstateres, må man gå i dialog med den pågældende kommune.<sup>135</sup>

For vores fremgangsmåde for Kjærballer Plantage betyder det, at vi kun vil bruge erstatningsnatur der hvor vi mener det kan gøre en væsentlig forskel for både produktionen og naturen. Vi tror på at det kan komme på tale når den eksisterende natur ikke har nogen særlig beskyttelsesværdig interesse, eller måske når den indenfor kort årrække, vil 'vokse' ud af beskyttelsen. Vi har valgt at forvalte Kjærballer Plantage mhp. muligheden for erstatningsnatur, hvor Kjærballer Plantage har til formål at være et pilotprojekt for fremtidige skovrejsninger. Det er ikke sikkert at denne forvaltningsplan bliver ført igennem, men vi mener at det er et forsøg værd at prøve det af.<sup>136</sup>

Sidst skal det gentages at ud fra vejledningen om naturbeskyttelsesloven skal erstatningsnatur som udgangspunkt forvaltes restriktivt og altid med bevaring af det eksisterende som første prioritet. En grundig vurdering af de enkelte arealer er afgørende for sandsynligheden for

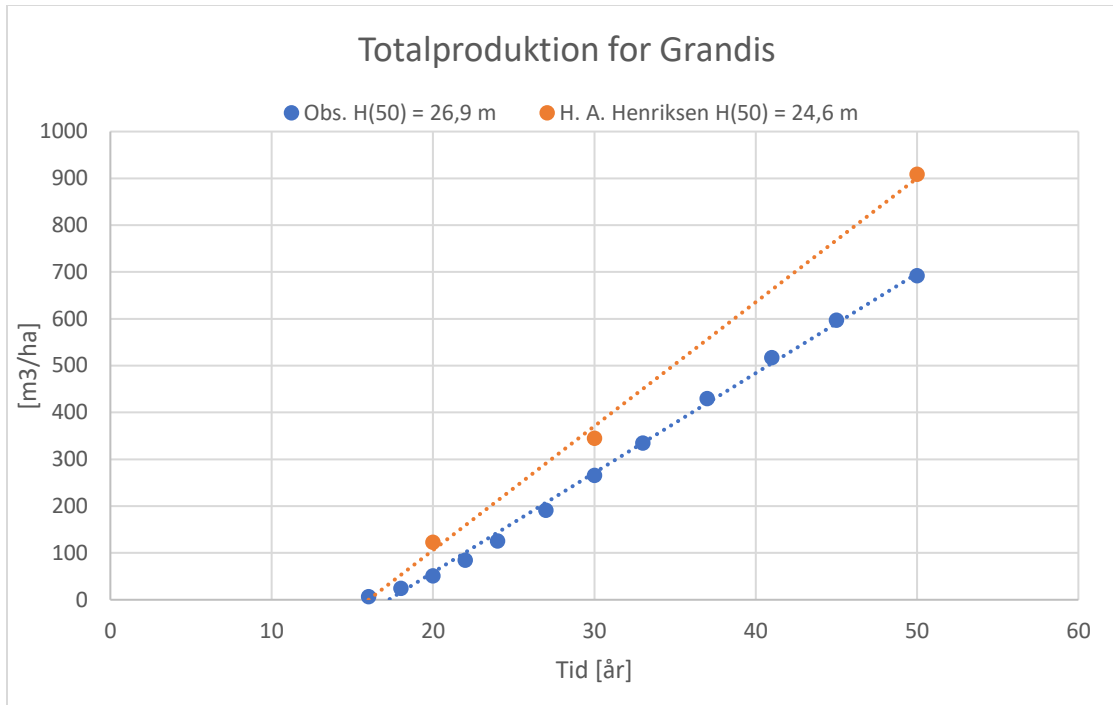
erstatningsnatur. Formentlig er det 'lettere' at tillade den naturlige succession og lade naturområderne udvikle sig.<sup>137</sup>

### Tilvæksttabeller

Ved udarbejdelsen af vores tilvæksttabeller var det essentielt at de fremstod realistiske ift. lokationen. Det var vigtigt for os at hugstformen i vores tilvæksttabeller afspejlede skovrejsning på lavbundsgrunde. Vi anvendte en hård hugst i ungdommen for at skabe tidlig stabilitet for skoven. Det er klart at hugstformen kan udføres på en anden måde, af folk med mere erfaring, med skovforvaltning på lavbundsgrunde. For at danne et overblik over vores tilvæksttabeller har vi sammenlignet dem med data fra Skovbrugstabeller fra 1990.<sup>138</sup>

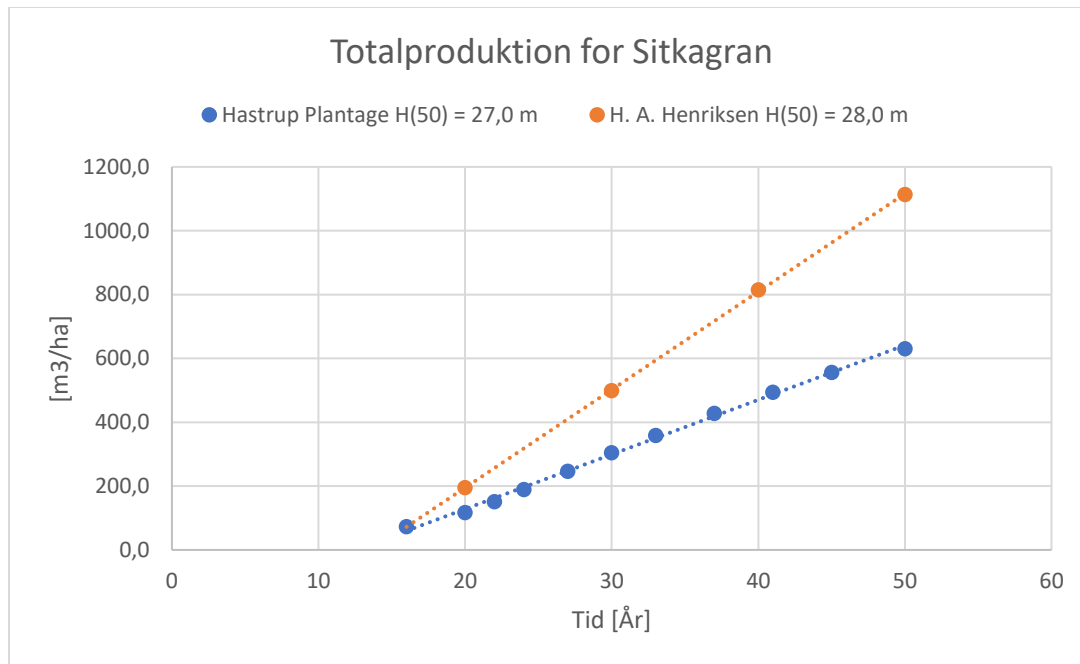
Vi anvender totalproduktionen til sammenligning, da vi ifølge Eichhorns vækstlov beskriver at den samlede vedmasseproduktion ved en given bevoksningshøjde er uafhængig af alder og bonitet. Det vil sige at vores tilvæksttabeller gerne skal være sammenlignelige med referencetabeller, der er estimeret på videnskabelige observationer.

For vores tilvæksttabel for grandis er totalproduktion ca. 200 m<sup>3</sup>/ha lavere ved 50 år end H. A. Henriksens. Det er værd lægge mærke til vores H (50 år) = 26,9 meter som er 2,3 meter højere end H. A. Henriksens for alm. ædelgran med H (50 år) = 24,6 meter. Totalproduktionen for grandis burde i så fald være højere end totalproduktionen for alm. ædelgran, se tabel 27 nedenfor:



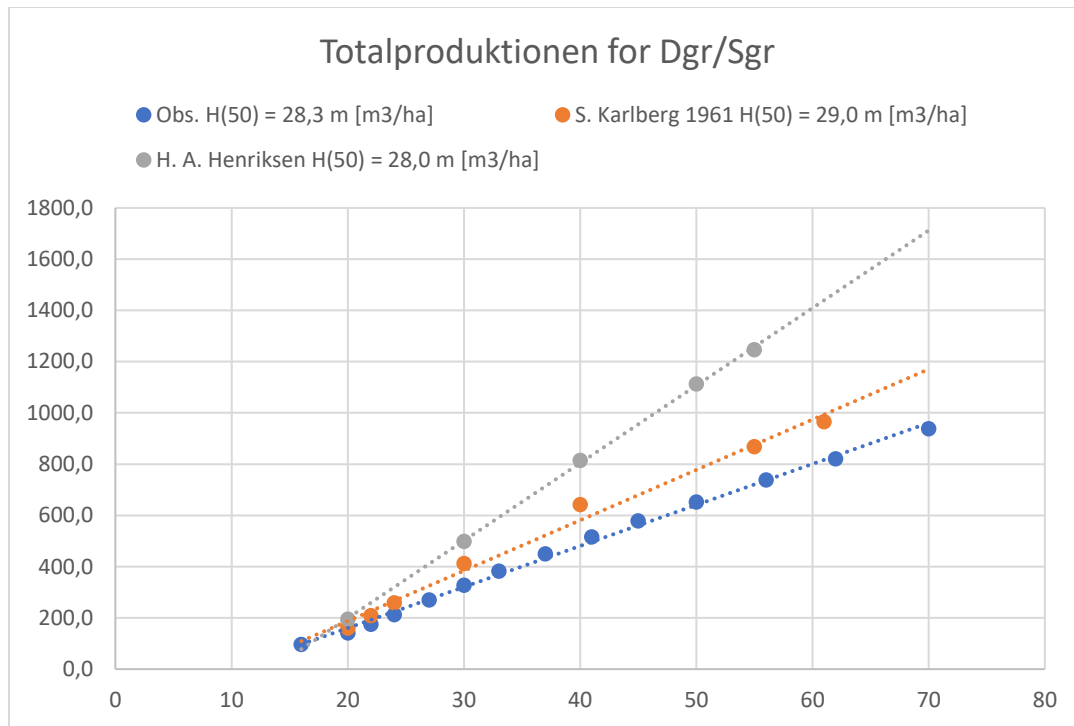
Figur 27: Totalproduktion for Grandis

Det samme resultat ser vi ved vores tilvæksttabel for sitkagran se tabel 28. Her ser vi totalproduktionen ud fra data fra Hastrup Plantage med  $H(50 \text{ år}) = 27,0$  meter og H. A. Henriksens for sitkagran med  $H(50 \text{ år}) = 28,0$  meter. Det forventelige resultat ville give være at vores totalproduktion ville være nær H. A. Henriksens. Dette er dog heller ikke tilfældet med en forskel på ca.  $500 \text{ m}^3/\text{ha}$  hvilket er meget højt.



Figur 28: Totalproduktion for Sitkagran.

Grundlæggende for vores tilvækststabeller er, at ved 16 år indtaster Vidar et meget højt stamtal. For grandis er dette 8.600 træer/ha, men vi ændrer det til 2.800 træer/ha efter gængs praksis. I vores tilvæksttabel indlægger vi spor i år 16, og får derved en stamreduktion på ca. 20%. De to tilvækststabeller fra skovbrugstabellerne har et stamtal på 3.263 træer/ha ved 20 år for sitkagran, 2.560 træer/ha ved 18 år for douglasgran og 5.264 træer/ha ved 20 år for alm. ædelgran. For de tre blandingsbevoksninger har vi sammenlignet med totalproduktionen af de to blandingsarter fra skovbrugstabellerne. Som eksempelvis ses på figur 29, totalproduktionen for sitkagran af H. A. Henriksen og douglasgran af S. Karlberg. Det vi havde håbet på at se, var at vores beregning af totalproduktionen lå nogenlunde imellem H. A. Henriksens kurve for sitkagran og S. Karlbergs kurve for douglasgran, hvis ikke på linje med sitkagran.



Figur 29: Totalproduktion for Douglasgran og Sitkagran.

Bravo-Oviedo m.fl. beskriver, at det måske kan forventes at blandingskulturer producerer mere vedmasse end monokulturer. Efter en lang række forsøg hvor monokulturer og blandingskulturer er fulgt, viser det en tendens til at stamtallet i en blandingsbevoksning formentlig kan være højere end i en monokultur. Selvom Dg og Hg er ens for blandings- og monokulturen, så er grundflade og dermed også vedmassen højere i blandingskulturen fordi der står flere træer pr. ha. Det skyldes at der i blandingsbevoksninger forekommer en strukturvariation, som bedre udnytter solens lys ned igennem kronen der netop er afhængig af den artsspecifikke kronealleometri, forskelligt bladareal og vækstpladsbehov for arterne. Derved kan blandingsbevoksningen producere mere pr. ha. En anden og også meget væsentlig faktor ved blandingsbevoksninger er at de sandsynligvis har en bedre evne til at tilpasse sig klimaforandringer med kraftigere storme og mere udbredt tørke. Sidst medbringer blandingsbevoksningerne en diversitet i skoven som sandsynligvis vil medføre større resistens, resiliens og tilpasningsevne for skoven i den nærmere fremtid.<sup>139</sup>



Samlet viser resultaterne, at vores tilvæksttabeller generelt er lavere i totalproduktion for vores bevoksninger. Det resulterer i et betydeligt lavere kulstofoptag i biomasse og derved påvirker vores kulstofregnskab hele vejen igennem. Vi forventede at totalproduktion ville være højere end dem fra skovbrugstabellerne. Grunden til dette er at disse skovbrugstabeller er første generations skovjord, som er plantet på heden. Hvorimod de træer vi har målt er anden generations skovjord, hvor vækstbetingelserne er bedre for træerne. Også provenienserne som anvendes i dag er, generelt set, er bedre.<sup>140</sup> Hvor validiteten af vores beregninger, kan diskuteres. Der kan være fejl, som vi har overset, der ligger til grund for den lavere totalproduktion. Fejl ved vores dyrkningsbeslutninger i Vidar. Derudover må det fastslås endnu engang hvor vigtigt kendskab til de lokale forhold er. Hvis man allerede fra etableringsfasen har tilvæksttabeller fra ældre bevoksninger for lokaliteten, ville validiteten af kulstofregnskabet stige.

#### Kulstofregnskab for hybridlærk

Til beregning af kulstofregnskabet for hybridlærk anvendte vi tilvæksttabellen for japansk lærk af M. Andersen 1950. Det er forventeligt at hybridlærk sandsynligvis har en væsentlig højere tilvækst end japansk lærk, hvorfor vores data, i et vist omfang, er for lave.<sup>141</sup> Derudover kan det være tvivlsomt om vores sortimentsudfald er estimeret korrekt, da japansk lærk først opnår en dimension over 20 cm i Dg ved 33 år. Når hybridlærk opnår større dimensioner ved tidligere aldre, vil sortimentsudfaldet også ændres.

#### Kulstofregnskab for hybridpoppel OP42

Da vi skulle beregne kulstofoptaget for hybridpoppel OP42 var det vigtigt for os at finde noget data som kunne være repræsentative for Kjærballe Plantage. Dertil fandt vi Kaptajn Schultzs Plantage i Midtjylland, der består af sand som udgangsmateriale. Det er klart, at der til vores beregning af kulstofoptaget er en vis usikkerhed ved at anvende to forskellige beregningsmetoder. Det er også usikkert om tyndingen i bevoksningen ved 20 år forekommer i år 20 eller få år inden. Ud fra A. Tærø, kan tilvæksten for hybridpoppel OP42 variere imellem 1,5-5,7 Mg biomasse pr. ha pr. år ved sandede lokationer, hvilket fastgøre usikkerheden for vores beregning.<sup>142</sup>

### Kulstofregnskab for de indre- og ydrebyrn

Det er klart at vores kulstofregnskab for de indre- og ydrebyrn er mangelfuldt. Vi har ikke beregnet hugsten af de få udtag som vil komme ved pleje af byrnene. Også andelen af kulstof i løvtræer og buske har vi sat til 0, hvilket selvfølgelig ikke er tilfældet. Vi har valgt ikke at tage det med, fordi vi vurderer, at det er en bagatel og ikke har væsentlig betydning i det store billede. Modsat har de ydrebyrn et areal på 31,5 ha, hvilket fortæller os at vi har undladt at beregne effekten for 15,8 ha af Kjærballer Plantage. For at få et mere raffineret resultat skulle alle dele af byrnene indberegnes, også hugstuddyttet fra byrnene skulle medtages.

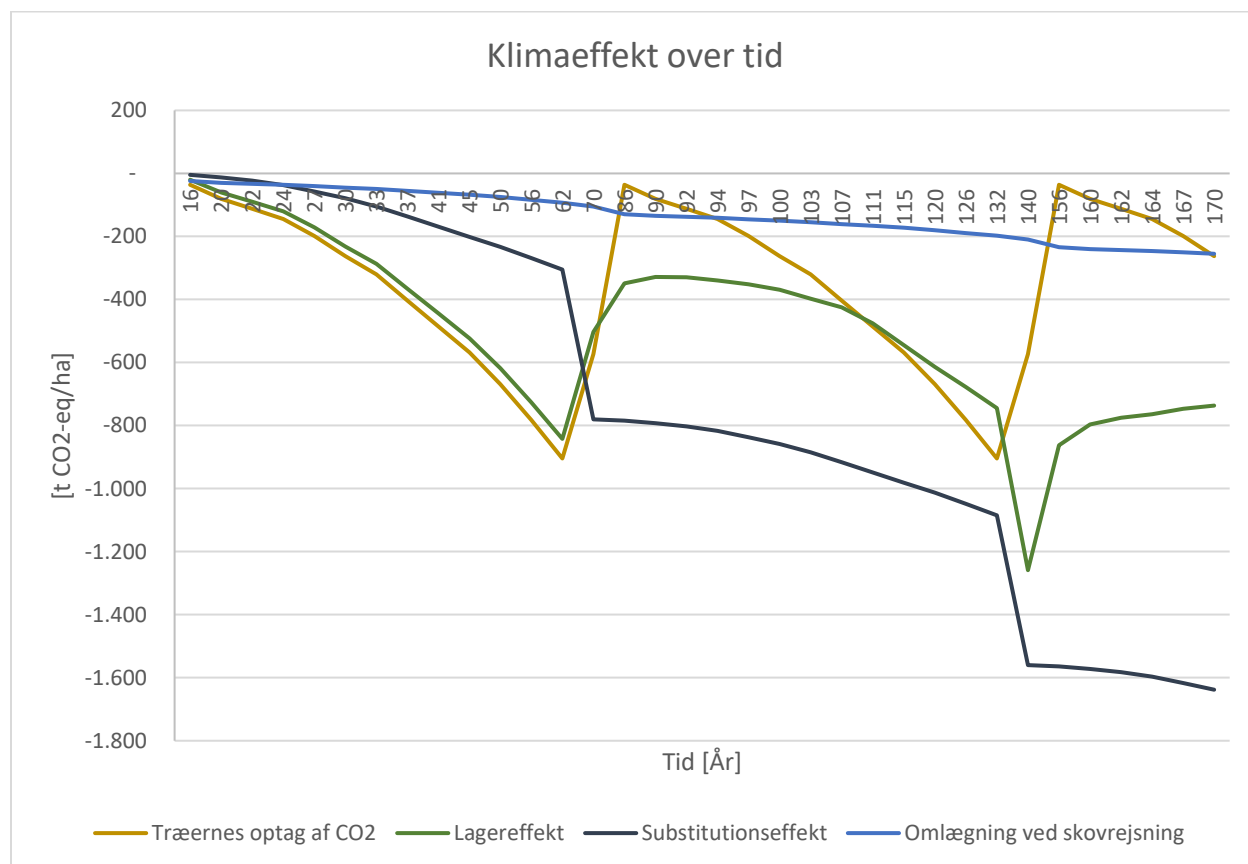
### Klimaeffekt over tid

I et forvaltningsperspektiv er det interessant at se på hvilke emissioner, både udledninger og optag, der forekommer i skoven over tid. Når vi hugger i skoven, sker der en udledning fra den levende biomasse til død biomasse illustreret på figur 30. Ved afdrift udledes kulstoffet fra biomassen og skoven vil have en udledning af emissioner ved maskinkørsel mm. Når næste generation af træer vokser igen, sker der på ny et optag af kulstof.

Anvendelsen af biomassen fra skoven til produkter er essentielt for skovforvaltningen i et økonomisk perspektiv, men også i et klimaperspektiv. Det kan være at priserne på energitræ i perioder er ret høje og at skovforvaltningen vælger at sende sine produkter fra skoven til afbrænding. For skovforvaltningen handler det blot om udbud og efterspørgsel, men i et klimaperspektiv er det fundamentalt at denne biomasse, som har taget lang tid at producere, ikke blot bliver sendt ud i atmosfæren igen efter kort tid.

Lagereffekten er med til at mindske accelerationen af CO<sub>2</sub> i luften. Når vi hugger skoven og lagre kulstoffet i træet i produkter, kan vi så at sige 'beholde' en del af kulstoffet og producere nye træer, der hvor vi har afdrevet de tidligere træer. Da træerne har en livscyklus og vil gå mod forfald, kan vi hugge dem når de stadig er friske og anvendelige, og derefter plante nye træer der er unge og vokser hurtigere end de gamle. På denne måde intensiveres optaget af kulstof fra atmosfæren, hvilket har klimaet til gavn.

Først når produkterne bortskaffes eller forrådner frigives den ellers lagrede kulstof, hvorfor henfaldstiden for produkterne medregnes. På figur 30 illustreres lagereffekten ved at stige voldsomt ved afdrift, hvorfra den henfalder i en periode når skoven er ung og ikke producerer store mængder produkter. Senere vil skoven producere større mængder produkter som vil få lagereffekten til at stige igen. Efter anden afdrift begynder de første produkter fra den første omdrift at være henfaldet, hvilket ses i det større fald af lagereffekten. Denne kurve vil vende igen og mønsteret vil gentage sig.



Figur 30: Klimaeffekt over tid.

Træprodukterne som vi lagrer i bygninger eller til energiformål, vil også substituere andre produkter. Substitutionseffekten spiller en mindst lige så stor rolle for klimaeffekten. Figur 30 viser at kulstofudledninger for andre produkter i samfundet reduceres.

Endeligt udgør lagereffekten ved 70 år 30,4% af klimaeffekten. Substitutionseffekten udgør 34,2% af klimaeffekten. Samlet betyder det at lager- og substitutionseffekten har meget stor betydning. Alternativet ville være at lade træet blive stående i skoven og opbygge større lagre af kulstof bundet i skoven. På et tidspunkt ville skoven opnå en ligevægt af kulstofudledninger og optag. Hvorimod ved hugst af træet i skoven vil den umiddelbare udledning af emissionerne bundet i træet, give mulighed for yderligere optag i skoven pga. lager- og substitutionseffekten. Hvis skovene forvaltes med henblik på at producere gavnræsprodukter, kan man opnå større klimaeffekt.<sup>143</sup>

For at sætte artsvalget i sammenhæng med kulstofoptaget i skoven og lager- og substitutionseffekten for produkterne, må strategiske valg være sammensat af følgende overvejelser:

- Højproducerende arter
- Høj gavnræsandel af skovens sortimenter
- Rettidig omhu med tyndingsindgreb
- Forvaltning mhp. stabilitet, resistens og resiliens
- Risikospredning med blandingsbevoksninger

#### Indirekte effekter:

Indirekte effekter, iLUC, ved skovrejsningen på Kjærballer Plantage vil også have indflydelse på klimaregnskabet. Hvis store dele af dansk marginal landbrugsjord ophører driften med produktion af fødevarer, skal disse produceres et andet sted. Efterspørgslen på fødevarer vil formentlig være konstant, hvis ikke stigende med det stigende befolkningstal verden over. Det vil sige at den produktion af fødevarer som vi nedlægger i Danmark, kan medføre et øget pres på fødevarerektoren verden over.<sup>144</sup>

Det samme gør sig gældende for iFUC og iWUC hvor markedskræfterne spiller en afgørende rolle for om vi aflægger større mængder træ til energiformål eller ej. I et tilfælde som da krigen i Ukraine brød ud i februar 2022, skete en væsentlig forskydning af energimarkedet. EU's sanktion med forbud om import af olie og kul fra Rusland, og Ruslands indstilling af levering af gas til EU-medlemsstater, medførte at efterspørgslen af træ til energiformål steg kraftigt. Også den

danske træindustri blev påvirket, sådan at flere savværker ikke kunne forsyne sine kunder med træ pga. EU's sanktion om forbud af import træ. I begge tilfælde bliver skovsektoren, og derved også klimaregnskabet for skoven, påvirket af udbud og efterspørgsel samt politik.<sup>145</sup>

Som tidligere nævnt har vi valgt at afgrænse os fra at beregne de indirekte effekter ved skovrejsning af Kjærballer Plantage. Udregningen af de indirekte effekter er vurderet for omfangsrigt til dette projekt.

### Beregning af kulstofoptag for bevoksningerne

Resultatet ud fra beregningerne af kulstofoptaget for de forskellige bevoksninger giver et indblik i, at alt efter hvad vi planter af træer og sammensætninger, så har det et forskelligt kulstofoptag. Men som tidligere nævnt er vores totalproduktion generelt lavere end sammenlignelige data fra skovbrugstabellerne, derfor tyder meget på at vores beregninger generelt er meget lave og at tilvæksten sandsynligvis bliver højere end fremskrevet.

Gældende for vores korte omdrifter af monokulturer af grandis, sitkagran og hybridlærk er, at disse bliver afdrevet ved 50 år og tilplantet på ny. Sandsynligheden for at kulturerne præcist bliver afdrevet ved 50 år er begrænset. Det skyldes at skovforvaltningen vil se hvordan træerne vokser over tid. Det kan være vores beregning, jf. den lavere totalproduktion, er langt mindre end det fysisk forekommende. Derudover spiller udbud og efterspørgsel også en væsentlig rolle for skovforvaltningen, da konjunkturfugst kan have store økonomiske betydninger for driften.

Tilplantningen på ny med samme art efter afdrift er ej heller 100% sandsynligt. Typisk vil man plante andre træarter efter en afdrift. Formålet med tilplantning af samme art er at forsimple beregningsmetoden.

Ved beregning af sortimentsudfaldene valgte vi kun at medtage tre sortimenter: gavntræ, energitræ og ikke aflagt. På tabel 21, er sortimentsudfaldene udregnet i CO<sub>2</sub>-eq/ha for douglas-/sitkagranbevoksning. Sortimenter såsom cellulose- og emballagetræ og kort- eller langtømmer er ikke medregnet. Substitutionsfaktoren for cellulose- og emballagetræ, på hhv. 1 og 1-1,5, er højere end energitræ hvorfor vores beregninger er en forsimplet beregning af kulstofoptaget.

Også lagereffekten ville formentlig blive højere hvis man indregnede cellulose- og emballagetræ

med i beregningen. Det skyldes at henfaldstiden for energi er 0 år og halveringstiden for cellulosetræ er 2 år.<sup>146</sup>

I vores beregning er resterne fra gavntræet ved opbehandling afsat direkte som energitræ. Det forekommer dog, at resterne er efterspurgte materialer for cellulose- og papirindustrien. Derved får resterne en længere lagereffekt end hvis vi blot sendte dem til energi.<sup>147</sup>

Tabel 21: Sortimentudfald i t CO<sub>2</sub>-eq/ha ved tynding og afdrift for douglas- og sitkagranbevoksning.

T [År]	Ikke aflagt Ag. [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Energi Sub. Ag. [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Gavntømmer Sub. Ag. [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Sum [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]
16	-0,7	-4,4	-0,7	-6
20	-1,4	-8,3	-1,4	-17
22	-1,6	-9,4	-1,6	-29
24	-2,3	-14,0	-2,3	-48
27	-3,2	-19,4	-3,2	-74
30	-3,4	-20,5	-3,4	-101
33	-4,4	-26,2	-4,4	-136
37	-7,8	-6,8	-24,3	-175
41	-7,9	-6,9	-24,8	-215
45	-8,0	-7,0	-25,1	-255
50	-7,7	-6,8	-24,2	-294
56	-8,7	-7,6	-27,3	-337
62	-4,1	-11,2	-25,4	-378
70	-52,7	-145,0	-329,4	-905

Hvor alle sorter er beregnet ud fra optaget i den overjordiske biomasse.

Vores sortimentsudfald er baseret ud fra et gennemsnit af erfaringer for de største virksomheder i skovbranchen i Danmark.<sup>148</sup> Der vil være forskel på kvaliteten af træet fra hugsterne og kravene fra savværkerne kan også ændres over tid, men vi antager at vores sortimentsudfald er repræsentativt over de kommende år. I fremtiden kan sortimentet se helt anderledes ud.

Tabel 22: Eksempel på beregning af kulstofregnskab for douglas- og sitkabevoksning.

T	Totale optag	Hugst af træ i skoven	Kulstoflager i skoven	Lagereffekt	Substitutionseffekt	Omlægning ved skovrejsning	Klimaeffekten
[År]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	[t CO <sub>2</sub> -eq]
20	-92	17	-75	-12	-13	-30	-239
30	-289	101	-188	-42	-81	-45	-747
50	-707	294	-413	-130	-237	-75	-1.856
70	-1100	905	-195	-644	-787	-105	-3.736

Hvor det 'Totale optag' er estimeret ud fra den over- og underjordiske kulstofpulje ved given tid. 'Hugst af træ i skoven' er en positiv emission da der ved hugst udledes CO<sub>2</sub>-eq i biomassen. 'Lagereffekt' er mængden af tons CO<sub>2</sub>-ækvivalanter pr. ha, i produkter ved given tid, beregnet med en halveringstid med 0 år for energitræ og 20 år for gavntræ. 'Substitutionseffekt' er mængden af tons CO<sub>2</sub>-ækvivalanter pr. ha, der erstatter andre produkter i samfundet. Substitutionsfaktoren for energi- og gavntræ er 0,89 og 1,3. 'Omlægning ved skovrejsning' er ændringen i kulstofemissioner ved given tid, beregnet på reduceret lattergas og dieselforbrug på hhv. 0,8 og 0,7 tons CO<sub>2</sub>-ækvivalanter pr. ha pr. år. 'Klimaeffekten' beregnes ved at summere de fem elementer: Totale optag, hugst af træ i skoven, lagereffekt, substitutionseffekt og omlægning ved skovrejsning.

## Træets anvendelse

En nøgelfaktor i klimaeffekten af træproduktion er udnyttelsen af det træ, der tages ud af skoven. Det har en betydning i forhold til lager- og substitutionseffekten. Udnyttelsesgraden af træet kan være vidt forskellig fra situation til situation. Alt fra dyrkningshistorik, til maskinførere til afsætningsmuligheder har en væsentlig betydning for hvilke produkter der kan laves og deraf hvilken klimaeffekt der opnås.

Ved at benytte en gennemsnitlig sortimentsfordeling, er vi sikre på ikke at overvurdere effekten på klimaet i vores beregninger. Denne sortimentsfordeling betyder dermed, at vi får både resultaterne fra de skove der har været dyrket meget effektivt og grundigt, men samtidig også fra de skove der måske har været oversete, eller hvor der kan have været ekstraordinære omstændigheder. Den gennemsnitlige betragtning må dog vurderes at være fair, da vi ikke nødvendigvis kan være sikre på at driften af Kjærballer Plantage vil være bedre, eller værre end andre skove. Det vil selvfølgelig være håbet at man altid vil forsøge at opnå den største andel gavnt træ, men der kan mange gange være økonomiske og praktiske grunde til at gå på kompromis.

Generelt for vores kulstofregnskab kan man sige, at det mest sandsynlige for fremtiden er fremskrivningen af vores biomasseproduktion. Vi kender efterhånden en del til hvordan træerne vokser, og når vi kender væksten, kan vi beregne kulstofoptaget. Når det omhandler lager- og substitutionseffekten, så er det tvivlsomt at vi anvender den samme substitutionsfaktor om 50 og 70 år. Vi ved ikke hvilke produkter som træet skal erstatte og hvilken indflydelse træprodukter har på samfundet. Vi ved heller ikke om man udvikler nye måder hvorpå man kan genanvende de gamle træprodukter til nye formål, og derved opnå en højere lagereffekt. Hvorom alting er, så er disse beregninger draget på baggrund af at verden er den samme om 50 og 70 år. At verden er i forandring, giver et indblik i kompleksiteten ved kulstofregnskabet.

Det samme kan siges om vores antagelser i forhold til netop afsætningen af træet. Som udgangspunkt forventer vi, at alle træarter kan sælges og at der er en gennemsnitlig gavnt træandel for dem alle, derved er der også en klimaeffekt af dem alle. Specifikt for grandis kan der argumenteres for at vores beregninger er i den optimistiske ende. Dette begrundes med at vi ikke



har et hjemligt marked for grandis til konstruktionstømmer. Der er dog stadig udenlandsk marked for grandis, af den grund er der også en del usikkerhed i klimaeffekten netop her. Der vil især være en usikkerhed, da der er længere transport, vi kender ikke så meget til oparbejdningens udnyttelsesgrad, samt levetiden og dermed lagereffekten.

Som nævnt er udnyttelsen meget situationsspecifik, men endnu et aspekt er også tidsperspektivet. Vores antagelser om anvendelsen tager udgangspunkt i mulighederne som de er i dag. Det kan ikke udelukkes at træ kan benyttes på nye måder og i både større og mindre grad end i dag.

På den baggrund vil klimaeffekten selvfølgelig også ændres. Der ville kunne opnås store effekter, hvis man i højere grad kunne udnytte eksempelvis energiandelen i produkter med en længere levetid. For at holde denne opgave afgrænset er der derfor kun fokus på de aktuelle udnyttelsesmuligheder, at forsøge at beregne effekter et ændret træmarked ville være for omfangsrigt og for komplekst, for denne opgaves fokus.

## Perspektivering

Med denne opgave er der udarbejdet en samlet 'Drejebog for Klimaskovrejsning', drejebogen kan virke som en vejledning for alle der arbejder med emnet og som vil have en systematiseret tilgang til skovrejsninger.

I sammenhæng med drejebogen er det for KIRKBI relevant at se på en systematiseret proces ved opkøb af jord, da netop dette udgangspunkt har grundlæggende betydning for drejebogens opfyldelse af målsætningen. Drejebogen har et potentiale for udvikling der først helt kan undersøges ved at bruge den på et nyt projektområde i KIRKBIs portefølje. Det kan være relevant efter et par ganges brug, at evaluere drejebogen ud fra de nye erfaringer der er skabt.

Også for kulstofregnskabet kunne det være interessant at se på om Kjærballer Plantage kan producere et højere sortimentsudfald af gavntræ, end gennemsnittet. Herved ville både lager- og substitutionseffekt i fremtiden forøges. Vi har udarbejdet simplere kulstofregnskab uden at medregne de indirekte effekter ved skovrejsningen. Generelt er der et potentiale for præcisering af halveringstider, sortimentsudfald, substitutionsfaktorer og skovdyrkningsmæssige tiltag. Samlet ville kulstofregnskabet blive mere realistisk og derved kunne anvendes i en erhvervs-mæssig sammenhæng.

## Konklusion

Til skovrejsningsarealer kan KIRKBI A/S anvende vores 'Drejebog for Klimaskovrejsning' der er baseret på zoneinddeling af natur- og produktionsarealer. Anvendelse af zoneinddelingen sikre at alle arealer bliver taget i betragtning, og giver et konkret værktøj til at analysere og inddele skovrejsningsarealer på marginale landbrugsjorder. Ved anvendelse af drejebogen for Kjærballer Plantage fandt vi at 66,6% blev afsat til produktion, 22,2% til natur og 11,2% blev afsat til anden anvendelse. Dette stemmer ikke overens med KIRKBIs målsætning, men er fagligt begrundet ud fra vores analyse.

Lageffekten ved de træprodukter som Kjærballer Plantage producerer over tid er ved 20 år: -2.087 tons CO<sub>2</sub>-eq; 30 år -8.747 tons CO<sub>2</sub>-eq; 50 år: -23.449 tons CO<sub>2</sub>-eq og 70 år -55.639 tons CO<sub>2</sub>-eq.

Substitutionseffekten ved de produkter som Kjærballer Plantage producerer over tid er ved 20 år: -1.907 tons CO<sub>2</sub>-eq; 30 år -10.736 tons CO<sub>2</sub>-eq; 50 år: -28.053 tons CO<sub>2</sub>-eq og 70 år -62.447 tons CO<sub>2</sub>-eq.

For Kjærballer Plantage er klimaeffekten ved 20 år: -25.588 tons CO<sub>2</sub>-eq; 30 år -50.603 tons CO<sub>2</sub>-eq; 50 år: -113.814 tons CO<sub>2</sub>-eq og 70 år -182.550 tons CO<sub>2</sub>-eq. Resultatet skal ses det forbehold at vores totalproduktion generelt er lavere end forventet. Alt i alt bidrager opgaven til en fremgangsmåde for helhedsplaner ved klimaskovrejsning, samt et kulstofregnskab over Kjærballer Plantages klimaeffekt.

## Litteraturliste

- Altinget Miljø, og Lærke Flader. "Træindustrien: Krigen i Ukraine kalder på mere skovrejsning og nye mål for urørt skov", 6. maj 2022. <https://www.altinget.dk/miljoe/artikel/trae-og-moebelindustrien-giv-ambitionerne-om-uroert-skov-et-eftersyn>.
- Anette Bill-Jessen, kommunikationskoordinator. "Ny dokumentation: Urørt skov er en minimal gevinst for klimaet". ign.ku.dk. Københavns Universitet, 19. april 2021. <https://ign.ku.dk/nyheder/2021/ny-dokumentation-uroert-skov-er-en-minimal-gevinst-for-klimaet/>.
- Anker, Helle Tegner. *Miljøretten. 2: Arealanvendelse, natur- og kulturbeskyttelse*. 2. udg. København: Jurist- og Økonomforb. Forl, 2006.
- Bergstedt, Andreas E. *Skovdyrkning i praksis*. Redigeret af Claus Beier. Frederiksberg, [Fredensborg]: Københavns Universitet, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning ; [Eksp.] Skovskolen, 2017.
- Bravo-Oviedo, Andrés, Hans Pretzsch, og Miren Del Río, red. *Dynamics, Silviculture and Management of Mixed Forests*. Bd. 31. Managing Forest Ecosystems. Cham: Springer International Publishing, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91953-9>.
- Baaner, Lasse, og Jane K. Nielsen. "Undervisning § 3 i Praksis af Lasse Baaner og Jane K. Nielsen. LSL10093U". Skovskolen, Efteråret 2021. <https://kurser.ku.dk/course/lsls10093u/>.
- Danmarks Meteorologiske Institut. "Vejrarkiv: Brande". dmi.dk. Set 8. maj 2023. [https://www.dmi.dk/lokationarkiv/show/DK/2623554/Brande,\\_lkast-Brande/#arkiv](https://www.dmi.dk/lokationarkiv/show/DK/2623554/Brande,_lkast-Brande/#arkiv).
- Danmarks Miljøportal. "Danmarks Arealinformation". Set 8. maj 2023. <https://arealinformation.miljoportal.dk/html5/index.html?viewer=distribution>.
- Danmarks nationale skovprogram*. Kbh.: Miljø- og Fødevarerministeriet, 2018. [https://mfvm.dk/fileadmin/user\\_upload/MFVM/Nyheder/Danmarks\\_nationale\\_skovprogram\\_2018.pdf](https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Nyheder/Danmarks_nationale_skovprogram_2018.pdf).
- Danmarks Statistik. "Udledninger af drivhusgasser". Dst.dk, 2023. <https://www.dst.dk/da/Statistik/temaer/klima>.
- Det Europæiske Råd. "EU's reaktion på Ruslands invasion af Ukraine". consilium.europa.eu, 2023. <https://www.consilium.europa.eu/da/policies/eu-response-ukraine-invasion/>.
- . "Infografik - EU's sanktioner som reaktion på Ruslands invasion af Ukraine". consilium.europa.eu, 2023. <https://www.consilium.europa.eu/da/infographics/eu-sanctions-russia-ukraine-invasion/>.
- Ejrnæs, Rasmus, Jesper Bladt, Jesper Erenskjold Moeslund, og Ane Kirstine Brunbjerg. "Biodiversitetskortets bioscore". Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2021. <http://dce.au.dk/>.
- Gehlert, Michael Sheedy. Kjærballe Plantage - projektplan. Teams-møde, 2023.
- Google Maps. "GPS-punkter til højdemåling m.m." Google Maps, 2023. [https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=18CM6JbiqatmNEkd-\\_pZStCkgJ6Ao\\_mg&ll=55.95931649877916,9.020891685575716&z=14](https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=18CM6JbiqatmNEkd-_pZStCkgJ6Ao_mg&ll=55.95931649877916,9.020891685575716&z=14).
- Granat J., Henrik, og Peter Sørensen. "Forsumpning - også dit problem". *Skoven* 9/93, 1993.

- “Høje målebordsblade”. WMS, 1:20000. Dataforsyningen, 1899 1848. [https://services.datafordeler.dk/HoejeMaalebordsblade/topo20\\_hoeje\\_maalebordsblade/1.0.0/wms?username=xxx&password=yyy](https://services.datafordeler.dk/HoejeMaalebordsblade/topo20_hoeje_maalebordsblade/1.0.0/wms?username=xxx&password=yyy).
- Institut for Ecoscience. “AU Ecoscience - Den danske Rødliste”. Set 1. juni 2023. <https://ecos.au.dk/forskningraadgivning/temasider/redlistframe>.
- IPCC. “Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Summary for Policymakers”. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2022. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf).
- . “Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty”. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2018. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SR15\\_Chapter\\_1\\_HR.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SR15_Chapter_1_HR.pdf).
- Jakobsen, Peter Roll, Lisbeth Tougaard, og Karen Lyng Anthonsen. “Danmarks Digitale Jordartskort 1:25 000 version 6.0 - ArcGIS og QGIS”. GEUS Dataverse, 2022. <https://doi.org/10.22008/FK2/XAFCRS>.
- Jensen, Per Claudi, og Andreas E. Bergstedt. “Træmåling”. I *Træmåling*, 2. udg., 1998:87. Skovskolen, 2023.
- JO Informatik APS. “FlyfotoArkivet”. WMS. Helsingør, i dag 1925. <https://www.flyfotoarkivet.dk/>.
- KIRKBI A/S. “HOW WE WORK WITH SUSTAINABILITY”. Kirkbi.com, 2023. <https://www.kirkbi.com/about/sustainability/>.
- . “KIRKBI CARBON INVENTORY”, 2021. [https://www.kirkbi.com/media/55kpsznr/2021-carbon-inventory\\_final.pdf](https://www.kirkbi.com/media/55kpsznr/2021-carbon-inventory_final.pdf).
- . “KIRKBI Klimaskov - Mål og midler”. KIRKBI A/S, Billund, 2022.
- Klima-, Energi-, og Forsyningsministeriet. “Parisaftalen 2015”. kefm.dk, 2023. <https://kefm.dk/klima-og-vejr/klimaforhandlinger/parisaftalen-2015>.
- Klimarådet. “Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion: retning og tiltag for de næste ti års klimaindsats i Danmark”. København K, 2020.
- Københavns Universitet. “Vidar”, 2023. <https://ign.ku.dk/publikationer/software/vidar/>.
- Larsen, Peter Vind. KIRKBI Klimaskov/Kjærballer Plantage - overordnet snak, 15. november 2022.
- Lundberg, Christian. “Christian Lundberg Skov- og Landskabsingeniør ved Gribskov Kommune.” Gribskov Kommune, 2021.
- Messier, Christian, Rebecca Tittler, Daniel D Kneeshaw, Nancy Gélinas, Alain Paquette, Kati Berninger, Héloïse Rheault, Philippe Meek, og Nadyre Beaulieu. “TRIAD Zoning in Quebec: Experiences and Results after 5 Years”. *The Forestry Chronicle* 85, nr. 6 (1. december 2009): 885–96. <https://doi.org/10.5558/tfc85885-6>.
- Miljø- og Fødevareklagenævnet. Ændring af lovliggørende dispensation til beplantning inden for åbesskyttelseslinjen i Odsherred Kommune, 20/00515 Naturbeskyttelsesloven § (2020). <https://mfkn.naevneneshus.dk/afgoerelse/642051fb-d786-4aad-b7f0->

- 283b890a91e7?highlight=s%C3%B8%20og%20%C3%A5beskyttelseslinjen%20dispensation%20beplantning.
- Miljøministeriet - Skov- og Naturstyrelsen. "Ferske enge". mst.dk, 2023. <https://mst.dk/naturvand/natur/national-naturbeskyttelse/naturpleje/naturplejeportalen/naturtyper-og-de-res-pleje/ferske-enge/>.
- . "Vejledning om naturbeskyttelsesloven". naturstyrelsen.dk, 1993. <https://naturstyrelsen.dk/publikationer/2008/dec/vejledning-om-naturbeskyttelsesloven/>.
- Miljøportalen. "Naturdata". Danmarks Miljøportal. Set 9. juni 2023. <https://naturdata.miljoportal.dk/>.
- Miljøstyrelsen. "Miljøgis". Set 9. juni 2023. [https://miljoegis.mim.dk/cbkort?selectorgroups=themecontainer%20Natura2000%20fredning&mapext=277608%206024994.2%201064040%206422715.8&layers=theme-gstdtkskaerm\\_daempet%20ef\\_fugle\\_bes\\_omr%20ramsar\\_omr%20ef\\_habitat\\_omr%20theme-pg-natura\\_2000\\_omraader&mapheight=969&mapwidth=1925&profile=miljoegis-natura2000](https://miljoegis.mim.dk/cbkort?selectorgroups=themecontainer%20Natura2000%20fredning&mapext=277608%206024994.2%201064040%206422715.8&layers=theme-gstdtkskaerm_daempet%20ef_fugle_bes_omr%20ramsar_omr%20ef_habitat_omr%20theme-pg-natura_2000_omraader&mapheight=969&mapwidth=1925&profile=miljoegis-natura2000).
- . Vejledning om Skovloven §§ 26-28 - Bevaring af naturtyper (2004). <https://mst.dk/erhverv/skovbrug/lovgivning/vejledning-om-skovloven/26-28/>.
- Miljøstyrelsen, Husdyrvejledningen. "Spørgsmål: 20 års hændelse, nedbør". husdyrvejledning.mst.dk, 5. maj 2020. <https://husdyrvejledning.mst.dk/helpdesk/helpdesk-svar/tilsyn-og-haandhaevelse/20-aars-haendelse-nedboer/>.
- Møller Madsen, Esben. "E. Møller Madsen". Kursus: Skovdyrkning LSL10046U, 2020.
- Naturstyrelsen. "Friluftszoner og B-skove". naturstyrelsen.dk. Set 29. maj 2023. <https://naturstyrelsen.dk/naturoplevelser/regler-i-naturen/friluftszoner-og-b-skove/>.
- . "Hastrup Plantage og sø". Miljøministeriet - Naturstyrelsen, 2023. <https://naturstyrelsen.dk/naturoplevelser/naturguider/hastrup-plantage-og-soe/>.
- Neckelmann, J. "Sikker kulturetablering på agermark". *Skoven*, maj 1993, 25. Årgang udgave.
- Neckelmann, Jørgen. "Stabilisering af rande og interne læbælter i rødgransbevoksninger på sandjord". *Dansk skovforenings tidsskrift* 4. hefte / årgang 66 (december 1981): 296–304.
- Nielsen, Anders Tærø, Niclas Scott Bentsen, og Thomas Nord-Larsen. "CO2 Emissions from Biomass Use in District Heating and Combined Heat and Power Plants in Denmark", april 2023. 978-87-7903-901-8.
- Nielsen, Anders Tærø, og Thomas Nord-Larsen. "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen". Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, 2021.
- Nielsen, Anders Tærø, Inge Stupak, og Karsten Raulund-Rasmussen. "Growth and management of the OP42 hybrid poplar clone in southern Scandinavia". Frederiksberg, [Fredensborg]: Københavns Universitet, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, u.å.
- Nielsen, Christian Nørgård. "Hugst og stormfald VI. Permanent rumlig stabilisering. Randstabilisering og indre stabiliseringsbælter", 2. Videnblad, 5.6-23. Københavns Universitet, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, 2007.
- Nord-Larsen, Thomas. "Skovdrift og kulstofudleninger". Præsenteret ved Skovdrift og Samfund, LSL10056E, Skovskolen, 2022.
- . "T. Nord-Larsen", 2023.

- Nord-Larsen, Thomas, og Vivian Kvist Johannsen. *Fremskrivning af danske biomasseressourcer - skovressourcen*. Københavns Universitet, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, 2022.
- Nord-Larsen, Thomas, og Hans Pretzsch. "Biomass Production Dynamics for Common Forest Tree Species in Denmark – Evaluation of a Common Garden Experiment after 50 Yrs of Measurements". *Forest Ecology and Management* 400 (september 2017): 645–54. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.06.035>.
- Nord-Larsen, Thomas, og Anders Tærø. "Skovdrift og Samfund, LSL510056E". 2022.
- P. Holten-Andersen. "DANISH YIELD TABLES IN THE PAST CENTURY". København: Det forstlige forsøgsvæsen i Danmark, 1989.
- Petersen, Leif. *Grundtræk af jordbundslæren*. 4. rev. og udv. Udg. Kbh.: Jordbrugsforlaget, 1994.
- Pretzsch, Hans. "Forest Dynamics, Growth and Yield: From Measurement to Model", 2009, 337–56. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88307-4>.
- Rasmussen, Torben Valdbjørn, Emil Engelund Thybring, Jørgen Munch-Andersen, Thomas Nord-Larsen, Uffe Jørgensen, Stefan Christoffer Gottlieb, Anette Bruhn, m.fl. *Biogene materialers anvendelse i byggeriet*. 1. København: Institut for Byggeri, By og Miljø - BUILD, 2022.
- Retsinformation. Bekendtgørelse af lov om klima, LBK nr 2580 § (2021). <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2021/2580>.
- . Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM) Bilag 2, pkt. 1d), 4 § 16 (2023). <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2023/4>.
- . Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse, LBK nr 1392 § (2022). <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2022/1392#id881432ac-90a8-4057-ac07-9f59b64cbfc7>.
- . Bekendtgørelse af lov om planlægning, LBK nr 1157 § 35 stk. 1 (2020). <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2020/1157>.
- . Bekendtgørelse af lov om vandløb, LBK nr 1217 § (2019). <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/1217>.
- . Bekendtgørelse af museumsloven, LBK nr 358 af 08/04/2014 § 29 (2014). <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2014/358#P29>.
- . Bekendtgørelse om jordressourcens anvendelse til dyrkning og natur, 60 § 9 (2023). <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2023/60>.
- Roum, Louise L., Nick Leyssac, og Susanne Ogstrup. "Praktisk naturforvaltning, modul 1 – Formål med praktisk naturforvaltning". Københavns Universitet, Skovskolen, 2022.
- Scalgo. "Scalgo Live", 2023. <https://scalgo.com/en-US/getting-started>.
- Scheibel, Sanne. "Sanne Scheibel, Biolog og sagsbehandler ved Gribskov Kommune", 2021.
- Statens forstlige Forsøgsvæsen. *Skovbrugstabeller 1990*. 2. udg. Klampenborg: Statens Forstlige Forsøgsvæsen, 1990.
- Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur. "DHM terræn, skyggekort". WMS, 1:5.000. Danmarks Højdemodel. København: Dataforsyningen. Set 15. april 2023. <https://dataforsyningen.dk/data/930>.
- . "Topo4cm (1953-1976)". WMS. Dataforsyningen, u.å. [https://services.datafordeler.dk/HoejeMaalebordsblade/topo20\\_hoeje\\_maalebordsblade/1.0.0/wms?username=xxx&password=yyy](https://services.datafordeler.dk/HoejeMaalebordsblade/topo20_hoeje_maalebordsblade/1.0.0/wms?username=xxx&password=yyy).

- Taeroe, Anders, Thomas Nord-Larsen, Inge Stupak, og Raulund-Rasmussen. "Allometric Biomass, Biomass Expansion Factor and Wood Density Models for the OP42 Hybrid Poplar in Southern Scandinavia", 4. marts 2015. <https://link-springer-com.ep.fjernadgang.kb.dk/article/10.1007/s12155-015-9592-3>.
- Taeroe, Anders, Inge Stupak, og Karsten Raulund-Rasmussen. "Growth and Management of the OP42 Hybrid Poplar Clone in Southern Scandinavia". Copenhagen University, IGN, u.å. Set 8. juni 2023.
- Tittler, Rebecca, Christian Messier, og Rosa C. Goodman. "Ecological Forest Management Handbook Chapter 2 Triad Forest Management: Local Fix or Global Solution". Boca Raton, Florida: CRC Press, 2016.
- VidenCenter Råtræ. "Krav til bilfaste veje og læggepladser". I *Skovdrift*, 2. 1.7.1. Ry: Skovdyrkerne, januar 2021. [https://www.skovdyrkerne.dk/fileadmin/intra/0\\_faktablade/1\\_Skovdrift/1.7\\_Handel\\_med\\_trae/1.7.1\\_Krav\\_til\\_bilfaste\\_veje\\_og\\_laeggepladser.pdf](https://www.skovdyrkerne.dk/fileadmin/intra/0_faktablade/1_Skovdrift/1.7_Handel_med_trae/1.7.1_Krav_til_bilfaste_veje_og_laeggepladser.pdf).
- Videnskab, og Ditte Holst Svane-Knudsen. "Nu er vi syv milliarder mennesker på Jorden". *videnskab.dk*, 3. oktober 2011. <https://videnskab.dk/kultur-samfund/nu-er-vi-syv-milliardermennesker-paa-jorden/>.
- Weifeng Wang, Changhui Peng, og Guy R. Larocque. "Ecological Forest Management Handbook, 2016, p.287-300 Chapter 9: Modelling Forest Carbon Budgets towards Ecological Forest Management: Challenges and Future Directions". Taylor & Francis Group, LLC, 2016.



## Bilagsfortegnelse

Bilagsfortegnelse.....	121
Bilag 1 – GIS logbog.....	123
Areal disponering .....	123
Jordspyd.....	123
Højdemålinger .....	124
Bilag 2 – Dataset fra højdemålinger i Hesselvig Plantage.....	125
Rødgran.....	125
Douglasgran.....	128
Sitkagran .....	129
Lærk .....	129
Bilag 3 – Jordspydresultater .....	131
Bilag 4 – Kommentarer for afdelings- og litrainddelinger .....	132
Generelt om håndtering af træartsvalg: .....	132
Afdeling 1.....	132
Afdeling 2.....	133
Afdeling 3.....	134
Afdeling 4.....	134
Bilag 5 - Beregningsmetode for mix tilvæksttabel.....	136
Bilag 6 - Kulstofregnskab tilvækststabeller for Douglas- og sitkagranbevoksning: .....	140
Sortimentsfordeling i m <sup>3</sup> /ha og i tons CO <sub>2</sub> /ha .....	140
Totale optag og emissioner ved hugst, begge i tons CO <sub>2</sub> -eq. ....	141

Sortimentsudfald.....	142
Lagereffekt .....	142
Produktionskæden .....	143
Substitutionseffekt .....	144
Klimaregnskab for douglas-/sitkagranbevoksning pr. ha.: .....	145
Bilag 7 - Eksempel på sammenligning af totalproduktion: .....	150
Bilag 8 – Ekspansionsfaktorer .....	151

## Bilag 1 – GIS logbog

### Arealdisponering

1. Indtegn projektområde
  - a. Ud fra matrikelkort
2. Indsæt §3-natur (med 25 meter bræmme, som skovdyrkerne) + 4 meter bræmme om offentlige vandløb + 2 meter bræmme om private vandløb
  - a. Natur der er korridor mellem §3-arealer og natur lignende arealer tegnes med i naturlaget
  - b. Flyt §3-eng areal
3. Indtegn produktionszone som det resterende areal
4. Indtegn grøfter, som beregnet i SCALGO
5. Lav 20 meter skovbryn mod nord og vest
  - a. Manuel tilretning af skovbryn (primært nogle af de vestvendte) hvor eksisterende læhegn kan inddrages.
  - b. Manuel tilretning hvor skovbryn ikke bidrager til styrkelse af skoven (små kiler eller lign.)
6. Lav 10 meter skovbryn mod syd og øst
7. Lav 15 meter indre bryn der til dels følger de naturlige linjer i landskabet (eksisterende bryn, grøfter, bilfaste veje, etc.) og til dels placeres med en intern afstand på mellem cirka 80 meter og 110 meter
8. Placer læggepladser langs de større bilfaste veje med en størrelse på cirka 10 meter X 50 meter, minimum én per afdeling.
  - a. Manuel tilretning af skovbryn
9. Indtegn vejledende hovedsporspor i skoven
10. Indtegn litraer der tilsigter ikke at komme under 2 ha i størrelse og ikke større end 4 ha
  - a. Afgrænses af skovbryn, indre bryn, grøfter, hovedspor og bilfasteveje

### Jordspyd

1. Hent kort
  - a. Jordart25000 fra kilde:
  - b. Ortofoto forår fra kilde: SDFE – april 2023
2. Indtegn polygoner til *Projektområde*
3. Gitter af punkter i laget *Projektområde*:
  - a. Brug funktionen '*Create grid*' for at lave punkter med en horisontal og vertikal afstand på hver 100 m, baseret på udstrækningen af laget *Projektområde*
  - b. Brug funktionen '*Select by location*' til at vælge punkter inden for projektområdet og inverter derefter selektionen så punkter uden for projektområdet nu er valgt, slet disse.

- c. Man har nu punkter med en afstand på 100 x 100 m inden for projektområdet.
4. Gitter af punkter i laget projektområde for højere detaljegrad
  - a. Opret et nyt polygon-lag: *toerv\_og\_gytje*
  - b. Tegn et polygon der følger al tørv og gytje som vist i laget *jordart25000*
  - c. Brug funktionen '*Buffer*' med distancen 100 m, da dette er GEUS usikkerhed, samt indstillingen for segments på 15.
  - d. Brug funktionen '*Create grid*' for at lave punkter med en horisontal og vertikal afstand på hver 25 m, baseret på udstrækningen af laget *Projektområde*
  - e. Brug funktionen '*Select by location*' til at vælge punkter inden for projektområdet og inverter derefter selektionen så punkter uden for projektområdet nu er valgt, slet disse.
  - f. Brug funktionen '*Select by location*' til at vælge punkter inden for buffer-området og inverter derefter selektionen så punkter uden for buffer-området nu er valgt, slet disse.

#### Højdemålinger

1. Hent kort
  - a. Ortofoto forår fra kilde: SDFE – april 2023
2. Indtegn polygoner til *Bevoksninger til højdemålinger*
3. Tilfældige punkter
  - a. Brug funktionen '*Random points inside polygons*', der oprettes 20 punkter.
4. Koordinater
  - a. Ved hjælp af funktionen '*Add coordinates to points*' tilføjes koordinatsæt til hvert enkelt punkt i længde- og breddegrader i et nyt lag kaldet *Output*.
5. Eksportering af punkter
  - a. Højreklik på laget *Output* og tryk på Export -> Save features as... -> vælg formatet 'XLSX' (regneark).
6. Import til Google My Maps
  - a. Opret nyt kort -> importer -> vælg den netop eksporterede XLSX-fil fra QGIS.
7. Kortet med de tilfældige punkter kan nu åbnes på enhver telefon.

Link til alle GPS-punkter i Google My Maps:

[https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=18CM6JbiqatmNEkd-pZStCKgI6Ao\\_mg&fbclid=IwAR3z892RdLjKrTZP1Osztwj6IWRmopd1\\_HfbYkIKRjWBDVP1qvzI-Xoh5hdg&ll=55.981141677975494%2C8.94285995432158&z=15](https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=18CM6JbiqatmNEkd-pZStCKgI6Ao_mg&fbclid=IwAR3z892RdLjKrTZP1Osztwj6IWRmopd1_HfbYkIKRjWBDVP1qvzI-Xoh5hdg&ll=55.981141677975494%2C8.94285995432158&z=15)

## Bilag 2 – Dataset fra højdemålinger i Hesselvig Plantage

## Rødgran

Bevoks. nr.:	Art	Træ nr.	Plantning	Alder	H (obs)	H (50)	+3,0 m H (50)	-3,0 m H (50)
(1,2,4 og 9)			[Årstal]	[år]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	rgr	130	1995-99	26	17	27,9	30,9	24,9
	rgr	122	1995-99	26	17,5	28,3	31,3	25,3
	rgr	133	1995-99	26	12	23,1	26,1	20,1
	rgr	120	1995-99	26	16,75	27,7	30,7	24,7
	rgr	121	1995-99	26	15,5	26,6	29,6	23,6
	rgr	129	1995-99	26	17,25	28,1	31,1	25,1
	rgr	123	1995-99	26	16,75	27,7	30,7	24,7
	rgr	124	1995-99	26	19,25	29,8	32,8	26,8
	rgr	131	1995-99	26	20,75	31	34,0	28,0
	rgr	125	1995-99	26	17,75	28,6	31,6	25,6
2	rgr	22	1992-95	30	17,75	26,3	29,3	23,3
	rgr	39	1992-95	30	14	22,8	25,8	19,8
	rgr	23	1992-95	30	14	22,8	25,8	19,8
	rgr	28	1992-95	30	15,25	24	27,0	21,0
	rgr	34	1992-95	30	16,25	24,9	27,9	21,9
	rgr	33	1992-95	30	14,75	23,5	26,5	20,5
	rgr	32	1992-95	30	16,25	24,9	27,9	21,9
	rgr	36	1992-95	30	15,5	24,2	27,2	21,2
	rgr	29	1992-95	30	17	25,6	28,6	22,6
	rgr	30	1992-95	30	16	24,7	27,7	21,7
	rgr	37	1992-95	30	16,25	24,9	27,9	21,9
	rgr	27	1992-95	30	16	24,7	27,7	21,7
	rgr	26	1992-95	30	17	25,6	28,6	22,6

	rgr	35	1992-95	30	15,5	24,2	27,2	21,2
	rgr	20	1992-95	30	16,75	25,4	28,4	22,4
	rgr	21	1992-95	30	16,25	24,9	27,9	21,9
	rgr	25	1992-95	30	16	24,7	27,7	21,7
	rgr	31	1992-95	30	18	26,5	29,5	23,5
	rgr	24	1992-95	30	17,25	25,8	28,8	22,8
	rgr	38	1992-95	30	16,5	25,2	28,2	22,2
3	rgr	154	1987-90	35	15,5	21,6	24,6	18,6
	rgr	152	1987-90	35	17	23,1	26,1	20,1
	rgr	142	1987-90	35	16,75	22,8	25,8	19,8
	rgr	140	1987-90	35	18,5	24,5	27,5	21,5
	rgr	159	1987-90	35	19,75	25,6	28,6	22,6
	rgr	151	1987-90	35	19	24,9	27,9	21,9
	rgr	141	1987-90	35	23,5	28,8	31,8	25,8
	rgr	145	1987-90	35	18,5	24,5	27,5	21,5
	rgr	156	1987-90	35	18,25	24,2	27,2	21,2
	rgr	148	1987-90	35	16	22,1	25,1	19,1
	rgr	143	1987-90	35	18,5	24,5	27,5	21,5
	rgr	158	1987-90	35	16	22,1	25,1	19,1
	rgr	147	1987-90	35	17,5	23,6	26,6	20,6
	rgr	153	1987-90	35	15,75	21,9	24,9	18,9
	rgr	155	1987-90	35	16,25	22,4	25,4	19,4
	rgr	149	1987-90	35	14,75	20,9	23,9	17,9
	rgr	150	1987-90	35	17,25	23,3	26,3	20,3
	rgr	157	1987-90	35	14	20,1	23,1	17,1
	rgr	144	1987-90	35	18,5	24,5	27,5	21,5
	rgr	146	1987-90	35	17,75	23,8	26,8	20,8
4	rgr	175	2002-04	20	11,75	27,3	30,3	24,3
	rgr	179	2002-04	20	12,25	27,8	30,8	24,8

	rgr	166	2002-04	20	11,75	27,3	30,3	24,3
	rgr	163	2002-04	20	10,75	26,2	29,2	23,2
	rgr	178	2002-04	20	10,75	26,2	29,2	23,2
	rgr	164	2002-04	20	11,5	27	30,0	24,0
	rgr	171	2002-04	20	11,5	27	30,0	24,0
	rgr	165	2002-04	20	10	25,4	28,4	22,4
	rgr	177	2002-04	20	11,25	26,8	29,8	23,8
	rgr	169	2002-04	20	11,25	26,8	29,8	23,8
	rgr	176	2002-04	20	11	26,5	29,5	23,5
	rgr	161	2002-04	20	11	26,5	29,5	23,5
	rgr	168	2002-04	20	11,75	27,3	30,3	24,3
	rgr	170	2002-04	20	11,25	26,8	29,8	23,8
	rgr	174	2002-04	20	9,75	25,1	28,1	22,1
	rgr	162	2002-04	20	11,5	27	30,0	24,0
	rgr	173	2002-04	20	11,25	26,8	29,8	23,8
	rgr	160	2002-04	20	9,75	25,1	28,1	22,1
	rgr	167	2002-04	20	11,25	26,8	29,8	23,8
	rgr	172	2002-04	20	11,75	27,3	30,3	24,3
9	rgr	6	1982-87	39	13,75	18	21,0	15,0
	rgr	15	1982-87	39	13,25	17,5	20,5	14,5
	rgr	16	1982-87	39	15,5	19,8	22,8	16,8
	rgr	16a	1982-87	39	17,5	21,7	24,7	18,7
	rgr	13	1982-87	39	17	21,3	24,3	18,3
	rgr	12	1982-87	39	16	20,3	23,3	17,3
	rgr	18	1982-87	39	17,25	21,5	24,5	18,5
	rgr	18a	1982-87	39	17	21,3	24,3	18,3
	rgr	1	1982-87	39	16,5	20,8	23,8	17,8
	rgr	1a	1982-87	39	15,5	19,8	22,8	16,8
	rgr	5	1982-87	39	18,5	22,7	25,7	19,7

rgr	5a	1982-87	39	18,75	22,9	25,9	19,9
rgr	19	1982-87	39	18	22,2	25,2	19,2
rgr	19a	1982-87	39	16,75	21	24,0	18,0
rgr	7	1982-87	39	18	22,2	25,2	19,2
rgr	7a	1982-87	39	16,25	20,5	23,5	17,5
rgr	17	1982-87	39	15,75	20	23,0	17,0
rgr	17a	1982-87	39	14,75	19	22,0	16,0
rgr	4	1982-87	39	17	21,3	24,3	18,3
rgr	0	1982-87	39	15	19,3	22,3	16,3
rgr	0a	1982-87	39	17	21,3	24,3	18,3
rgr	14	1982-87	39	16	20,3	23,3	17,3
rgr	11	1982-87	39	13,75	18	21,0	15,0
rgr	9	1982-87	39	16,25	20,5	23,5	17,5
rgr	9a	1982-87	39	16	20,3	23,3	17,3
rgr	10	1982-87	39	14	18,3	21,3	15,3
rgr	10a	1982-87	39	15,75	20	23,0	17,0
rgr	3	1982-87	39	17	21,3	24,3	18,3
rgr	3a	1982-87	39	16,75	21	24,0	18,0
rgr	8	1982-87	39	16,75	21	24,0	18,0

## Douglasgran

Bevoks. nr.:	Art	Træ nr.	Plantning	Alder	H (obs)	H (50)	+3,0 m H(50)	-3,0 m H(50)
(4,7 og 9)			[Årstal]	[år]	[m]	[m]	[m]	[m]
4	dgr	174	2002-04	20	11	28,1	31,1	25,1
	dgr	162	2002-04	20	12,75	30,1	33,1	27,1
	dgr	173	2002-04	20	10,75	27,7	30,7	24,7
	dgr	160	2002-04	20	10,75	27,7	30,7	24,7
	dgr	167	2002-04	20	11,75	29	32,0	26,0



	dgr	172	2002-04	20	13,75	31,1	34,1	28,1
7	dgr	85	2002-04	20	12	29,3	32,3	26,3
	dgr	97	2002-04	20	11,5	28,7	31,7	25,7
9	dgr	11	1982-87	39	17,75	22,7	25,7	19,7

## Sitkagran

Bevoks. nr.:	Art	Træ nr.	Plantning	Alder	H (obs)	H (50)	+4,0 m H(50)	-4,0 m H(50)
(9)			[Årstal]	[år]	[m]	[m]	[m]	[m]
9	sgr	15	1982-87	39	17,5	22,6	26,6	18,6
	sgr	13	1982-87	39	19,5	24,5	28,5	20,5
	sgr	12	1982-87	39	14	19	23,0	15,0
	sgr	8	1982-87	39	16,5	21,6	25,6	17,6

## Lærk

Bevoks. nr.:	Art	Træ nr.	Plantning	Alder	H (obs)	H (50)	+3,0 m H(50)	-3,0 m H(50)
(6)			[Årstal]	[år]	[m]	[m]	[m]	[m]
6	lærk	40	2002-04	20	8,5	25,7	28,7	22,7
	lærk	53	2002-04	20	12,75	29,6	32,6	26,6
	lærk	57	2002-04	20	13	29,8	32,8	26,8
	lærk	48	2002-04	20	12,75	29,6	32,6	26,6
	lærk	58	2002-04	20	12,25	29,3	32,3	26,3
	lærk	45	2002-04	20	11,5	28,7	31,7	25,7
	lærk	41	2002-04	20	8,75	26	29,0	23,0
	lærk	51	2002-04	20	9	26,3	29,3	23,3
	lærk	59	2002-04	20	9	26,3	29,3	23,3
	lærk	50	2002-04	20	8,75	26	29,0	23,0

	lærk	49	2002-04	20	9,75	27,1	30,1	24,1
	lærk	47	2002-04	20	8,75	26	29,0	23,0
	lærk	52	2002-04	20	8	25,1	28,1	22,1
	lærk	56	2002-04	20	10	27,4	30,4	24,4
	lærk	44	2002-04	20	11	28,3	31,3	25,3
	lærk	42	2002-04	20	9,25	26,6	29,6	23,6
	lærk	55	2002-04	20	11,5	28,7	31,7	25,7
	lærk	54	2002-04	20	11,25	28,5	31,5	25,5
	lærk	46	2002-04	20	10,25	27,6	30,6	24,6
	lærk	43	2002-04	20	9,5	26,9	29,9	23,9

## Bilag 3 – Jordspjdsresultater

150 meter				75 meter					
ID	Resultat	ID	Resultat	ID	Resultat	ID	Resultat	ID	Resultat
22	sand	146	sand	242	tom	394	sand	157	tørv
28	sand	147	sand	268	tom	419	sand	182	tørv
36	sand	148	sand	218	sand	395	gytje	181	tom
38	sand	149	ler	219	sand	396	sand	205	tom
39	sand	150	ler	220	sand	372	sand	206	tom
45	sand	151	ler	292	tom	221	sand	207	gytje
46	sand	163	sand	269	sand	370	sand	231	sand
49	sand	166	sand	267	tom	371	sand	230	sand
53	tom	167	sand	196	sand	347	sand	229	tom
54	sand	168	sand	197	sand	246	sand	253	sand
55	sand	169	sand	138	sand	346	sand	254	sand
56	sand	182	sand	110	sand	323	gytje	278	sand
63	sand	183	sand	243	sand	322	sand	277	sand
64	sand	185	sand	291	tom	345	gytje	255	tørv
65	sand	200	sand	245	sand	321	gytje		
70	sand	201	sand	109	sand	320	gytje		
71	sand			133	sand	271	sand		
80	sand			244	sand	248	tom		
81	sand			290	tom	249	sand		
87	sand			134	sand	226	gytje		
88	tom			158	sand	202	tom		
96	sand			159	sand	131	sand		
97	sand			183	sand	155	sand		
98	gytje			184	sand	179	sand		
99	sand			208	sand	203	sand		
100	sand			232	sand	227	tom		
101	sand			233	sand	225	sand		
105	tom			209	sand	244	sand		
106	sand			270	tørv	298	tom		
111	sand			185	sand	297	gytje		
112	sand			163	sand	296	sand		
113	sand			247	sand	295	sand		
115	sand			139	sand	272	sand		
116	sand			164	sand	273	tørv		
117	sand			140	sand	274	gytje		
118	sand			117	sand	250	tom		
119	gytje			118	sand	251	sand		
129	sand			119	sand	252	sand		
130	sand			95	sand	228	tom		
131	sand			120	sand	204	gytje		
132	sand			143	sand	180	tørv		
133	ler			142	sand	156	tørv		
134	sand			266	sand	132	tørv		
135	ler			141	sand	108	tom		
145	sand			369	sand	84	tørv		

## Bilag 4 – Kommentarer for afdelings- og litrainddelinger

Generelt om håndtering af træartsvalg:

Vores mål er at opfylde KIRKBIs målsætning med en arealfordeling med 60 % blandingskultur, 20 % monokultur og 20 % forkultur.

Vi ønsker at opnå en hugstforskydning fra øst mod vest, så ingen bevoksninger bliver åbnet op fra vest eller nord mhp. Stabilitet. Derfor placerer vi blandingsbevoksning med en lang omdriftsalder på 60-70 år i den vestlige del af afdelingerne. I fremtiden kan naturnær forvaltningspraksis anvende mhp. KIRKBIs målbeskrivelse.

Vores højproducerende arter af monokulturer af grandis, sgr og lærk er placeret øst for blandingsbevoksningerne. Dette medvirker til at monokulturerne som er mere udsatte for stormfald bliver støttet.

Ud fra vores bluespot kort efter grøftning placerer vi blandinger med douglas med sitka der hvor der er fugtigt. Der hvor der er mere tørt blander vi douglas med grandis eller rødgran.

### Afdeling 1

Li- tra:	Art:	Kommentarer:
a	Dgr/Gra	Her har vi placeret en blandingsbevoksning med en lang omdriftsalder på 60-70 år. Dette har vi gjort mhp. hugstforskydning over tid. Litraen er ved den vestlige kant af afdeling 1, således at der ikke bliver åbnet op fra vest når denne afdrives. I fremtiden kan naturnær forvaltningspraksis anvende mhp. KIRKBIs målbeskrivelse.
b	Dgr/Rgr	Området fremstår tørt. 60-70 år omdrift.
c	Gra	40-50 år omdrift.
d	Dgr/Gra	Området fremstår tørt. 60-70 år omdrift.
e	Lærk	40-50 år omdrift.
f	Pop	Her har vi placeret en forkultur af popler for at lave en hugstforskydning over tid. Litraen er ved den østlige kant af afdeling 1, således at der bliver åbnet op fra øst når denne afdrives. Derudover er området fugtigt. 20-30 år omdrift.

g	Pop	Her har vi placeret en forkultur af popler for at lave en hugstforskydning over tid. Litraen er ved den østlige kant af afdeling 1, således at der bliver åbnet op fra øst når denne afdrives. Derudover er området fugtigt. 20-30 år omdrift.
h	Sgr	Området her er fugtigt. 40-50 år omdrift.
j	Dgr/Gra	Området fremstår tørt. 60-70 år omdrift. Eksisterende krat knuses.
k	Lærk	40-50 år omdrift.
l	Pop	Forkultur. 20-30 år omdrift.
m	Dgr/Sgr	Området har enkelte fugtige huller. 60-70 år omdrift.
n	Sgr	Området her er fugtigt. 40-50 år omdrift.
o	Gra	40-50 år omdrift. OBS – kræver ophævelse af §3 eng.
p	Dgr/Sgr	60-70 år omdrift. Eksisterende krat knuses. Området har enkelte fugtige huller.

## Afdeling 2

Litra:	Art:	Kommentarer:
a	Dgr/Gra	Området fremstår tørt. 60-70 år omdrift. Eksisterende krat knuses.
b	Sgr	Området her er fugtigt. 40-50 år omdrift.
c	Pop	Området er fugtigt. Forkultur. 20-30 år omdrift.
d	Gra	40-50 år omdrift.
e	Dgr/Sgr	Området har enkelte fugtige huller. 60-70 år omdrift.
f	Dgr/Rgr	60-70 år omdrift. Eksisterende krat knuses.
g	Dgr/Sgr	Området har enkelte fugtige huller. 60-70 år omdrift.
h	Lærk	40-50 år omdrift.
j	Sgr	Området her er fugtigt. 40-50 år omdrift.
k	Dgr/Sgr	Området har enkelte fugtige huller. 60-70 år omdrift.

l	Dgr/Sgr	Området har enkelte fugtige huller. 60-70 år omdrift.
---	---------	--

## Afdeling 3

Litra:	Art:	Kommentarer:
a	Dgr/Gra	Området fremstår tørt. 60-70 år omdrift.
b	Dgr/Sgr	Området har enkelte fugtige huller. 60-70 år omdrift.
c	Dgr/Rgr	60-70 år omdrift. Tørt.
d	Sgr	Området her er fugtigt. 40-50 år omdrift.
e	Dgr/Gra	Området fremstår tørt. 60-70 år omdrift.
f	Dgr/Sgr	Området har enkelte fugtige huller. 60-70 år omdrift.
g	Lærk	40-50 år omdrift. Eksisterende krat i nordlige ende skal knuses.
h	Dgr/Gra	Området fremstår tørt. 60-70 år omdrift.
j	Dgr/Sgr	Området har enkelte fugtige huller. 60-70 år omdrift.
k	Pop	Området er fugtigt. Forkultur. 20-30 år omdrift.
l	Dgr/Gra	Området fremstår tørt. 60-70 år omdrift.

## Afdeling 4

Litra:	Art:	Kommentarer:
a	Dgr/Gra	Området fremstår tørt. 60-70 år omdrift.
b	Pop	Området er fugtigt. Forkultur. 20-30 år omdrift.
c	Pop	Området er fugtigt. Forkultur. 20-30 år omdrift.
d	Pop	Området er fugtigt. Forkultur. 20-30 år omdrift.
e	Dgr/Rgr	Området fremstår tørt.

		60-70 år omdrift.
f	Gra	40-50 år omdrift.
g	Pop	Området er fugtigt. Forkultur. 20-30 år omdrift.
h	Dgr/Sgr	Området har enkelte fugtige huller. 60-70 år omdrift.

## Bilag 5 - Beregningsmetode for mix tilvæksttabel

Ved 50 år indsætter vi vores ønskede blandingsprocent vægtet på grundfladen af de forskellige blandingsbevoksninger. For eksempelvis ønsker vi et blandingsforhold for Dgr/Rgr på hhv. 80% douglasgran og 20% rødgran ved alderen 50 år.

Dernæst kan vi for blandingsbevoksningen (mix) beregne  $Hg_1$ ,  $D_1$ ,  $N_1$ ,  $G_1$ ,  $V_1$  før tynding og  $D_2$  og  $N_2$  i tyndingen. Denne beregning er blandingsforholdet ganget ind på den enkelte værdi for monokulturen. I beregningsmetoden tager formlerne udgangspunkt i en blandingsbevoksning af douglasgran 80% og rødgran 20% ved 50 år.

Ud fra  $D_2$  og  $N_2$  kan vi beregne  $G_2$ :

$$G_2 = ((PI) * (D_2/100)^2)/4 * N_2$$

Dernæst bestemmer vi med hvilket forhold vi vil hugge. Forholdet består i at vi ønsker at tyndingsudbyttet skal bestå af eksempelvis 80% rgr og 20% dgr hele omdriften igennem. Dette defineres som andelen af artens grundflade i procent ( $T\%$ ).

Derved kan vi beregne  $G_2$  for begge arter, eksempelvis:

$$G_{2Rgr} = T\%(80) * G_{2mix}$$

Ved hjælp af grundflade fra  $Rgr_{mix}$ , højden fra  $Rgr_{mono}$  og formtal for  $Rgr_{mono}$  kan vi beregne vedmassen af tyndingen  $V_2$ .  $V = G * H * F$ .

Derefter beregner vi  $G_3$  for hver art:

$$G_{3Rgr} = G_{1Rgr} - G_{2Rgr}$$

Nu kan vi bestemme blandingsforholdet efter hugst:

$$IG\%_{Rgr} = \frac{G_{3Rgr}}{G_{3mix}}$$

Når vi kender blandingsforholdet efter hugst kan vi beregne  $Hg_3$  og  $D_3$ :

$$H_{g3mix} = IG\%_{Rgr} * H_{g3mono Rgr} + IG\%_{Dgr} * H_{g3mono Dgr}$$

Og

$$D_{g3mix} = IG\%_{Rgr} * D_{g3mono Rgr} + IG\%_{Dgr} * D_{g3mono Dgr}$$

$N_{3mix}$  og  $V_{3mix}$  kan vi beregne da vi kender  $N_{3mix}$  og  $N_{3mix}$



$$N3_{mix} = N1_{mix} - N2_{mix}$$

Og

$$V3_{mix} = V1_{mix} - V2_{mix}$$

Nu har vi beregnet alle værdierne for blandingsbevoksningen med 50 år. Nu ønsker vi at beregne værdierne fra 50 år til år 20:

$$V3_{mix} = V1_{mix} - \text{tidsforskel} \\ * (l\ddot{o}b.V.tilv.mono_{Rgr} * IG1\%_{Rgr} + l\ddot{o}b.V.tilv.mono_{Dgr} * IG1\%_{Dgr})$$

Grundfladen for hver enkelte art er udregnet således:

$$G3_{Rgr\ 45\ \ddot{a}r} = G1_{Rgr\ mono} - \text{tidsforskel} * l\ddot{o}b.Gfr.tilv.mono_{Rgr} * IG1\%_{Rgr\ 50\ \ddot{a}r}$$

$G3_{mix\ 45\ \ddot{a}r}$  kan derved udregnes:

$$G3_{mix\ 45\ \ddot{a}r} = G3_{mix\ Rgr\ 45\ \ddot{a}r} + G3_{mix\ Dgr\ 45\ \ddot{a}r}$$

$N3_{mix\ 45\ \ddot{a}r}$  er det samme som  $N3_{mix\ 50\ \ddot{a}r}$ . Naturlig opstået død af træer i bevoksningen er medregnet i tilvækststabellen for monokulturerne. Træer der evt. ville dø i tiden imellem tyndingerne er ikke medregnet.

$$Dg3_{mix\ 45\ \ddot{a}r} = IG3\%_{Rgr} * Dg3_{mono\ Rgr\ 45\ \ddot{a}r}$$

$$Hg3_{mix\ 45\ \ddot{a}r} = IG3\%_{Rgr} * Hg3_{mono\ Rgr\ 45\ \ddot{a}r}$$

Tyndingskvotienten (Q) beregnes for blandingsbevoksningen for senere at beregne  $Dg2_{mix}$ .

$$Q_{mix} = IG3\%_{Rgr} * TQ_{mono\ Rgr} + IG3\%_{Dgr} * TQ_{mono\ Dgr}$$

$$Dg2_{mix\ 45\ \ddot{a}r} = Q_{mix} * Dg3_{mix\ 45\ \ddot{a}r}$$

$$N2_{mix\ 45\ \ddot{a}r} = IG3\%_{Rgr} * N2_{mono\ Rgr\ 45\ \ddot{a}r}$$

$$G2_{mix\ 45\ \ddot{a}r} = ((PI) * (Dg2_{mix\ 45\ \ddot{a}r}/100)^2)/4 * N2_{mix\ 45\ \ddot{a}r}$$

$G2_{mix\ 45\ \ddot{a}r}$  for hver art er beregnet ud fra 80% Rgr og 20% Dgr i tydningsudtaget T%.

$$G2_{mix\ Rgr\ 45\ \ddot{a}r} = T\%_{Rgr} * G2_{mix\ 45\ \ddot{a}r}$$

$$V2_{mix\ 45\ \ddot{a}r} = G2_{mix\ Rgr\ 45\ \ddot{a}r} * Hg2_{mono\ Rgr\ 45\ \ddot{a}r} * F2_{mono\ Rgr\ 45\ \ddot{a}r} + G2_{mix\ Dgr\ 45\ \ddot{a}r} \\ * Hg2_{mono\ Dgr\ 45\ \ddot{a}r} * F2_{mono\ Dgr\ 45\ \ddot{a}r}$$

$$V1_{mix\ 45\ \text{år}} = V2_{mix\ 45\ \text{år}} + V3_{mix\ 45\ \text{år}}$$

$$G1_{mix\ 45\ \text{år}} = G2_{mix\ 45\ \text{år}} + G3_{mix\ 45\ \text{år}}$$

$$N1_{mix\ 45\ \text{år}} = N2_{mix\ 45\ \text{år}} + N3_{mix\ 45\ \text{år}}$$

Blandingsforholdet  $IG3\%_{Rgr}$  og  $IG3\%_{Dgr}$  er beregnet ud fra andelen af  $G1_{mix}$

Således kan vi beregne  $D1_{mix\ 45\ \text{år}}$  og  $H_g1_{mix\ 45\ \text{år}}$  ved at gange  $IG3\%_{Rgr}$  og  $IG3\%_{Dgr}$  med  $D1_{mono}$  og  $H_g1_{mono}$  for hver art. Eksempelvis:

$$H_g1_{mix\ 45\ \text{år}} = IG3\%_{Rgr} * H_g1_{mono\ Rgr} + IG3\%_{Dgr} * H_g1_{mono\ Dgr}$$

Dermed er alle værdierne for blandingsbevoksningen beregnet ved 45 år, og denne procedure kan gentages så længe vi har data fra tilvækststabellerne for monokulturer.

For at beregne værdierne for 50 år og til 70 år. Proceduren foregår på næsten samme måde, vi starter dog først med at beregne værdierne før hugst ved næste tynding (56 år). For at kende blandingsforholdet imellem art 1 og 2. Beregner vi først  $G1_{mix\ 56\ \text{år}}$  for begge arter. For rødgran ser det således ud:

$$G1_{mix\ Rgr\ 56\ \text{år}} = G3_{mix\ Rgr} + \text{tidsforskel} * \text{løb. Gfr. tilv. mono Rgr} * IG3\%_{Rgr\ 50\ \text{år}}$$

$$G1_{mix\ 56\ \text{år}} = G1_{mix\ Rgr\ 56\ \text{år}} + G1_{mix\ Dgr\ 56\ \text{år}}$$

Når grundfladen er kendt for begge arter kan vi beregne blandingsforholdet  $IG1\%_{Rgr}$  og  $IG1\%_{Dgr}$ :

$$IG1\%_{mix\ Rgr} = G1_{Rgr} / G1_{mix\ 56\ \text{år}}$$

Derefter kan vi beregne  $H_g1_{mix\ 56\ \text{år}}$  og  $D_g1_{mix\ 56\ \text{år}}$ :

$$H_g1_{mix\ 56\ \text{år}} = IG1\%_{Rgr} * H_g1_{mono\ Rgr} + IG1\%_{Dgr} * H_g1_{mono\ Dgr}$$

$$D_g1_{mix\ 56\ \text{år}} = IG1\%_{Rgr} * D_g1_{mono\ Rgr} + IG1\%_{Dgr} * D_g1_{mono\ Dgr}$$

Når vi beregner  $N1_{mix\ 56\ \text{år}}$  anvender vi:

$$N1_{mix\ 56\ \text{år}} = N3_{mix\ 50\ \text{år}}$$

$$V1_{mix} = V3_{mix} + \text{tidsforskel} * (\text{løb. V. tilv. mono Rgr} * IG1\%_{Rgr} + \text{løb. V. tilv. mono Dgr} * IG1\%_{Dgr})$$

$$G2_{mix\ 56\ \text{år}} = T\%_{Rgr} * G2_{mono\ Rgr\ 56\ \text{år}} + T\%_{Dgr} * G2_{mono\ Dgr\ 56\ \text{år}}$$

Og grundfladen for art 1 og art 2 er så følgende:

$$G2_{mix\ Rgr\ 56\ \text{år}} = T\%_{Rgr} * G2_{mix\ 56\ \text{år}}$$

Nu kan vi beregne vedmasse af tydingen V2:

$$V2_{mix\ 45\ \text{år}} = G2_{mix\ Rgr\ 45\ \text{år}} * H_g2_{mono\ Rgr\ 45\ \text{år}} * F2_{mono\ Rgr\ 45\ \text{år}} + G2_{mix\ Dgr\ 45\ \text{år}} * H_g2_{mono\ Dgr\ 45\ \text{år}} * F2_{mono\ Dgr\ 45\ \text{år}}$$

Stamtallet og højden for bevoksningen kan også udregnes:

$$N2_{mix\ 56\ \text{år}} = IG1\%_{Rgr} * N2_{mono\ Rgr\ 56\ \text{år}} + IG1\%_{Dgr} * N2_{mono\ Dgr\ 56\ \text{år}}$$

$$H_g2_{mix\ 56\ \text{år}} = T\%_{Rgr} * H_g2_{mono\ Rgr} + T\%_{Dgr} * H_g2_{mono\ Dgr}$$

For hver art kan vi beregne  $G3_{mix\ 56\ \text{år}}$

$$G3_{mix\ Rgr\ 56\ \text{år}} = G1_{mix\ Rgr\ 56\ \text{år}} - G2_{mix\ Rgr\ 56\ \text{år}}$$

Så bliver  $G3_{mix\ 56\ \text{år}}$  summen af  $G3_{mix\ Rgr\ 56\ \text{år}}$  og  $G3_{mix\ Dgr\ 56\ \text{år}}$ .

Derefter kan vi så beregne  $D_g2_{mix\ 56\ \text{år}}$ :

$$D_g2_{mix\ 56\ \text{år}} = Q_{mix} * D_g3_{mix\ 56\ \text{år}}$$

Også blandingsforholdet for hver art efter hugst kan blive udregnet:

$$IG3\%_{mix\ Rgr} = G3_{mix\ Rgr} / G3_{mix\ 56\ \text{år}}$$

Så kan vi nu også finde  $H_g3$  og  $D_g3$  for blandingsbevoksningen:

$$H_g3_{mix\ 56\ \text{år}} = IG3\%_{Rgr} * H_g3_{mono\ Rgr} + IG3\%_{Dgr} * H_g3_{mono\ Dgr}$$

$$D_g3_{mix\ 56\ \text{år}} = IG3\%_{Rgr} * D_g3_{mono\ Rgr} + IG3\%_{Dgr} * D_g3_{mono\ Dgr}$$

Sidst bliver vedmassen og stamtallet et resultat at værdien af tydingen trækkes fra før hugst:

$$V3_{mix\ 45\ \text{år}} = V1_{mix\ 45\ \text{år}} - V2_{mix\ 45\ \text{år}}$$

$$N3_{mix\ 45\ \text{år}} = N1_{mix\ 45\ \text{år}} - N2_{mix\ 45\ \text{år}}$$

## Bilag 6 - Kulstofregnskab tilvækststabeller for Douglas- og sitkagranbevoksning:

Sortimentsfordeling i m<sup>3</sup>/ha og i tons CO<sub>2</sub>/ha

Sortimentsfordeling i m <sup>3</sup> /ha ved tynding og afdrift				Sortimentsfordeling i t CO <sub>2</sub> eq/ha ved tynding og afdrift				
T [År]	Energi Sub. Ag. [m <sup>3</sup> /ha]	Gavntømmer Sub. Ag. [m <sup>3</sup> /ha]	Sum [m <sup>3</sup> /ha]	T [År]	Ikke aflagt Ag. [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Energi Sub. Ag. [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Gavntømmer Sub. Ag. [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Sum [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]
16	4,0	0,7	<b>5</b>	16	-0,7	-4,4	-0,7	<b>-6</b>
<b>20</b>	8,0	1,3	<b>9</b>	<b>20</b>	-1,4	-8,3	-1,4	<b>-17</b>
22	9,4	1,6	<b>11</b>	22	-1,6	-9,4	-1,6	<b>-29</b>
24	14,4	2,4	<b>17</b>	24	-2,3	-14,0	-2,3	<b>-48</b>
27	20,8	3,5	<b>24</b>	27	-3,2	-19,4	-3,2	<b>-74</b>
<b>30</b>	22,7	3,8	<b>26</b>	<b>30</b>	-3,4	-20,5	-3,4	<b>-101</b>
33	29,6	4,9	<b>35</b>	33	-4,4	-26,2	-4,4	<b>-136</b>
37	7,9	28,2	<b>36</b>	37	-7,8	-6,8	-24,3	<b>-175</b>
41	8,1	29,0	<b>37</b>	41	-7,9	-6,9	-24,8	<b>-215</b>
45	8,3	29,6	<b>38</b>	45	-8,0	-7,0	-25,1	<b>-255</b>
<b>50</b>	8,1	28,8	<b>37</b>	<b>50</b>	-7,7	-6,8	-24,2	<b>-294</b>
56	8,6	30,5	<b>39</b>	56	-8,7	-7,6	-27,3	<b>-337</b>
62	12,5	28,4	<b>41</b>	62	-4,1	-11,2	-25,4	<b>-378</b>
<b>70</b>	141,1	320,7	<b>462</b>	<b>70</b>	-52,7	-145,0	-329,4	<b>-905</b>

Totale optag og emissioner ved hugst, begge i tons CO<sub>2</sub>-eq.

### Emission ved tyndinger og hovedskovning

#### Totale optag

T	Kumulative totalproduktions optag tot.
[År]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]
16	-42
<b>20</b>	-92
22	-125
24	-163
27	-224
<b>30</b>	-289
33	-355
37	-442
41	-525
45	-609
<b>50</b>	-707
56	-826
62	-945
<b>70</b>	-1.100

T	Hugst fra skoven optag Ag.
[År]	[t CO <sub>2</sub> -eq/ha]
16	6
<b>20</b>	11
22	13
24	19
27	26
<b>30</b>	27
33	35
37	39
41	40
45	40
<b>50</b>	39
56	44
62	41
<b>70</b>	527

Sortimentsudfald

Diameter [cm]	0-20	>20-40	>40-60	>60-80	>80
Sortiment					
Gavntømmer	12,5%	62,5%	62,5%	55,0%	50,0%
Energi	75,0%	17,5%	27,5%	35,0%	40,0%
Ikke aflagt	12,5%	20,0%	10,0%	10,0%	10,0%
Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Kilde: Nielsen et al. 2014

Lagereffekt

Udregning af Lagereffekt - Halveringstid

T [År]	Ikke aflagt Ag. [t CO2- eq/ha]	Energi Sub. Ag. [t CO2- eq/ha]	Gavntøm- mer Sub. Ag. [t CO2- eq/ha]	Sum [t CO2-eq/ha]
16	-0,7	-4,4	-0,7	<b>-6</b>
20	-2,0	-8,3	-2,0	<b>-12</b>
22	-3,4	-9,4	-3,5	<b>-16</b>
24	-5,4	-14,0	-5,7	<b>-25</b>
27	-7,9	-19,4	-8,5	<b>-36</b>
30	-10,3	-20,5	-11,4	<b>-42</b>
33	-13,2	-26,2	-14,9	<b>-54</b>
37	-18,7	-6,8	-37,8	<b>-63</b>
41	-23,4	-6,9	-59,2	<b>-89</b>
45	-27,3	-7,0	-78,9	<b>-113</b>
50	-29,2	-6,8	-94,1	<b>-130</b>
56	-30,6	-7,6	-108,8	<b>-147</b>
62	-27,0	-11,2	-119,6	<b>-158</b>
70	-71,1	-145,0	-428,1	<b>-644</b>

Halveringstider	
Sortiment:	Tid [År]
Ikke aflagt	10
Energi	0
Gavntræ	20

Kilde: Nord-Larsen et al. 2022

## Produktionskæden

## Produktionskæden

T	Gavntømmer Sub. Ag.	Gavntømmer til energi Sub. Ag.
[År]	[t CO2-eq/ha]	[t CO2-eq/ha]
16	-0,3	-0,4
<b>20</b>	-0,6	-0,8
22	-0,7	-0,9
24	-1,1	-1,3
27	-1,5	-1,8
<b>30</b>	-1,5	-1,9
33	-2,0	-2,4
37	-10,9	-13,4
41	-11,2	-13,6
45	-11,3	-13,8
<b>50</b>	-10,9	-13,3
56	-12,3	-15,0
62	-11,5	-14,0
<b>70</b>	-148,2	-181,2

Fra savværk til produkt

45% af gavntræet går til produkt

55% af gavntræet går til energi

T	Gavntømmer Sub. Ag.	Gavntømmer til energi Sub. Ag.
[År]	[t CO2-eq/ha]	[t CO2-eq/ha]
16	-0,3	0,0
<b>20</b>	-0,6	-0,1
22	-0,6	-0,1
24	-0,9	-0,1
27	-1,3	-0,1
<b>30</b>	-1,4	-0,2
33	-1,8	-0,2
37	-9,8	-1,1
41	-10,0	-1,1
45	-10,2	-1,1
<b>50</b>	-9,8	-1,1
56	-11,0	-1,2
62	-10,3	-1,1
<b>70</b>	-133,4	-14,8

Fra produkt til bygning

90% af produktet bliver anvendt

10% af produktet går til energi

## Substitutionseffekt

## Substitutionseffekt

T [År]	Energi Sub. Ag. [t CO2- eq/ha]	Gavntøm mer Sub. Ag. [t CO2- eq/ha]	Substit utions [t CO2- eq/ha]
16	-4,3	-0,4	<b>-5</b>
<b>20</b>	<b>-8,1</b>	<b>-0,7</b>	<b>-13</b>
22	-9,2	-0,8	<b>-24</b>
24	-13,7	-1,2	<b>-38</b>
27	-19,0	-1,7	<b>-59</b>
<b>30</b>	<b>-20,1</b>	<b>-1,8</b>	<b>-81</b>
33	-25,6	-2,3	<b>-109</b>
37	-18,9	-12,8	<b>-141</b>
41	-19,3	-13,1	<b>-173</b>
45	-19,5	-13,2	<b>-206</b>
<b>50</b>	<b>-18,8</b>	<b>-12,7</b>	<b>-237</b>
56	-21,2	-14,4	<b>-273</b>
62	-23,4	-13,4	<b>-310</b>
<b>70</b>	<b>-303,5</b>	<b>-173,4</b>	<b>-787</b>

Substitutionsfaktor	
Sortiment	SF
Konstruktionstræ	1,3
Energi	0,89

Kilde: Nord-Larsen et al. 2022



Klimaregnskab for douglas-/sitkagranbevoksning pr. ha.:

## Dgr/Sgr

T [År]	Totale optag [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Hugst af træ i skoven [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Kulstoflager i skoven [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Lagereffekt [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Substitutionseffekt [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Omlægning ved skovrejsning [t CO <sub>2</sub> -eq/ha]	Klimaeffekten [t CO <sub>2</sub> -eq]
20	-92	17	-109	-12	-13	-30	-239
30	-289	101	-391	-42	-81	-45	-747
50	-707	294	-1.001	-130	-237	-75	-1.856
70	-1100	905	-2.005	-644	-787	-105	-3.736

Følgende sider viser tilvæksttabellerne der er blevet anvendt i udarbejdelsen af kulstofregnskabet for douglas-/sitkagranbevoksning. Første tabel er den endelige tilvæksttabel og beregning af kulstof i biomassen. De næste to tabeller er for monokulturerne udarbejdet i Vidar. Den sidste tabel er et eksempel på fremstillingen af blandingstabellen.

Tilvæksttabel for blandingsbevoksning:

T [År]	Før hugst					Tynding:					Efter hugst											
	Hg1 [m]	N1 [stk./ha]	G1 [m2/ha]	Dg1 [cm]	V1 [m3/ha]	F1	Hg2 [m]	Dg2 [cm]	N2 [stk./ha]	G2 [m2/h a]	V2 [m3/h a]	F2	D2/D3 [m3/ha]	Hg3 [m]	Dg3 [cm]	N3 [h/ha]	G3 [m2/ha]	V3 [m3/ha]	F3	dG/dt [m2/ha/ år]	dV/dt [m3/ha/ år]	dVtot [m3/ha]
16	6,2	2800	9,5	6,1	96,2	0,6011	5,8	5,9	560	1,5	5,4	0,6118	6,2	6,3	6,2	2240	8	90,9	0,5988	1,8	10,9	96,2
20	9,1	2162	15,5	8,8	135,4	0,5533	8,5	8,4	400	2,2	10,7	0,5594	9,0	9,2	9,0	1762	13	124,7	0,5523	2,1	17,2	140,8
22	10,6	1762	17,4	10,3	159,2	0,5421	10,0	9,9	300	2,3	12,6	0,548	10,5	10,7	10,5	1462	15	146,6	0,5410	2,0	18,7	175,2
24	12,2	1462	19,2	11,9	184,0	0,5346	11,5	11,5	300	3,1	19,2	0,541	12,2	12,3	12,2	1162	16	164,8	0,5332	1,9	19,0	212,6
27	14,4	1162	21,9	14,4	221,7	0,5269	13,7	13,9	250	3,8	27,7	0,5348	14,7	14,5	14,7	912	18	194,0	0,5248	1,8	19,3	269,5
30	16,5	912	23,4	17,0	251,9	0,5196	15,9	16,4	170	3,6	30,2	0,531	17,3	16,6	17,3	742	20	221,7	0,5169	1,6	18,2	327,4
33	18,4	742	24,7	19,6	276,3	0,5117	17,8	18,9	150	4,2	39,5	0,5282	19,9	18,5	19,9	592	20	236,8	0,5084	1,5	17,1	382,0
37	20,6	592	26,3	23,0	305,2	0,5024	20,1	22,3	110	4,3	45,1	0,5236	23,3	20,7	23,3	482	22	260,1	0,4980	1,3	16,3	450,4
41	22,5	482	27,4	26,3	325,3	0,4919	22,2	25,5	80	4,1	46,4	0,5141	26,5	22,5	26,5	402	23	278,9	0,4884	1,2	15,5	515,7
45	24,2	402	28,2	29,5	341,1	0,4825	23,9	28,8	60	3,9	47,4	0,5085	29,8	24,2	29,8	342	24	293,7	0,4784	1,1	14,8	577,9
50	26,0	342	29,9	33,4	367,9	0,4722	25,8	31,7	45	3,6	46,0	0,5022	33,7	26,0	33,7	297	26	321,9	0,4680	1,0	14,3	652,1
56	28,0	297	32,6	37,8	407,5	0,4630	27,8	37,1	35	3,6	48,9	0,489	38,0	28,0	38,0	262	29	358,7	0,4598	0,9	13,9	737,7
62	29,7	262	34,6	42,1	441,8	0,4556	29,6	41,5	25	3,3	45,4	0,467	42,2	29,7	42,2	237	31	396,4	0,4535	0,9	14,6	820,8
70	31,8	237	38,6	47,3	513,1	0,4501	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	47,3	31,8	47,3	237	39	513,1	0,4501	0,0	0,0	937,6

Kulstoflaget i tynding:

Biom. Stem [kg/tr æ]	Biom. Crown [kg/tr æ]	Biom. Ag [t C/ha]	Biom. Roots [kg/tr æ]	Biom. tot [t C/ha]	CO2- eq [t CO2- eq/ha]	CO2- eq tot [t CO2- eq/ha]	Kulstofoptag efter hugst:		Biom. tot [t C/ha]	CO2- eq [t CO2- eq/ha]	CO2- eq tot [t CO2- eq/ha]	
							Biom. Stem [kg/træ]	Biom. Crown [kg/træ]				
4	2	2	1	2	6	7	4	2	4	9	28	35
10	5	3	4	4	11	14	13	5	16	4	58	71
17	6	3	5	4	13	15	20	7	20	6	72	89
25	9	5	8	6	19	23	30	10	23	9	85	104
43	13	7	12	9	26	32	51	15	30	14	110	134
69	19	7	19	9	27	33	79	21	37	21	137	165
100	26	10	27	12	35	42	114	30	43	30	156	189
154	39	11	40	13	39	47	172	43	52	45	190	229
218	53	11	56	13	40	48	238	58	60	62	219	264
294	71	11	76	13	40	49	317	77	67	83	247	299
381	88	11	97	13	39	47	428	104	79	113	289	351
549	131	12	144	14	44	53	577	139	94	153	344	417
717	172	11	190	13	41	49	742	180	109	199	400	487
-	-	-	-	-	-	-	978	236	144	264	527	642

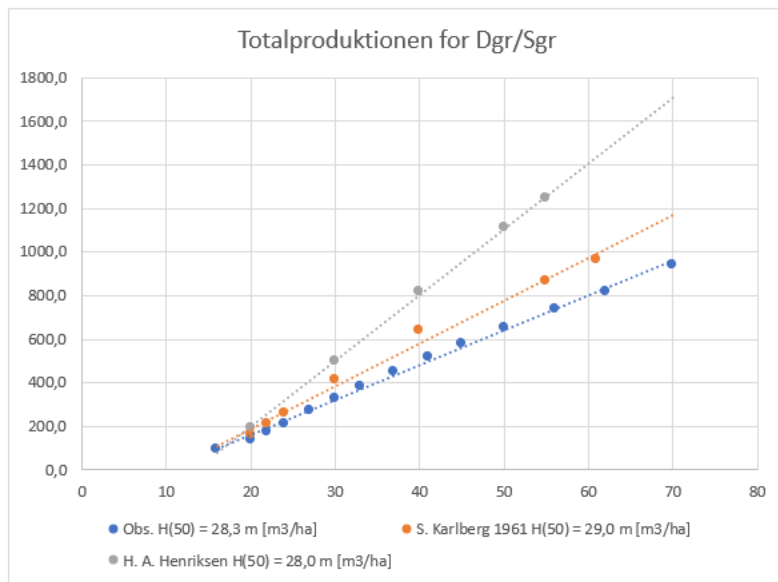
Tilvæksttabel for monokultur af Sitkagran																						
Før hugst				Tynding				Efter hugst														
T	Hg1	D1	N1	G1	V1	F1	Hg2	D2	N2	G2	V2	F2	D2/D3	Hg3	D3	N3	G3	V3	F3	dG/dt	dV/dt	dVtot
[År]	[m]	[cm]	[/ha]	[m <sup>2</sup> /ha]	[m <sup>3</sup> /ha]		[m]	[cm]	[/ha]	[m <sup>2</sup> /ha]	[m <sup>3</sup> /ha]			[m]	[cm]	[/ha]	[m <sup>2</sup> /ha]	[m <sup>3</sup> /ha]		[m <sup>2</sup> /ha/år]	[m <sup>3</sup> /ha/år]	[m <sup>3</sup> /ha]
16	5,5	5,7	2800	7,16	23,8	0,607	5,3	5,4	560	1,29	4,3	0,617	0,939	5,5	5,8	2240	5,87	19,5	0,605	1,087	5,38	23,8
20	8,2	8,1	2233	11,45	51,8	0,554	8	7,7	400	1,85	8,3	0,56	0,94	8,2	8,2	1833	9,6	43,5	0,553	1,629	11,43	56
22	9,7	9,5	1830	13,06	68,8	0,544	9,5	9,1	300	1,94	10,1	0,549	0,943	9,7	9,6	1530	11,12	58,7	0,543	1,733	14,19	81,3
24	11,3	11,1	1527	14,75	89,6	0,539	11	10,6	300	2,64	15,8	0,543	0,943	11,3	11,2	1227	12,12	73,8	0,538	1,717	16,05	112,2
27	13,6	13,6	1222	17,65	128,8	0,536	13,4	13	250	3,3	23,7	0,539	0,945	13,7	13,7	972	14,35	105,1	0,535	1,737	19,06	167,2
30	15,9	16,1	969	19,8	167,9	0,535	15,6	15,5	170	3,19	26,7	0,537	0,95	15,9	16,3	799	16,61	141,2	0,534	1,706	21,13	230
33	17,9	18,7	796	21,86	208,8	0,533	17,6	18	150	3,8	35,9	0,536	0,952	18	18,9	646	18,05	172,9	0,533	1,595	21,58	297,6
37	20,3	22,1	643	24,56	265	0,531	20	21,3	110	3,91	41,7	0,533	0,957	20,4	22,2	533	20,65	223,3	0,531	1,494	22,05	389,7
41	22,4	25,3	530	26,64	314,9	0,528	22,1	24,5	80	3,77	44,1	0,53	0,962	22,4	25,4	450	22,88	270,8	0,528	1,383	21,64	481,3
45	24,2	28,4	447	28,37	359,3	0,524	23,9	27,6	60	3,59	45	0,525	0,967	24,2	28,5	387	24,79	314,3	0,523	1,276	20,79	569,8
50	26,1	32,1	385	31,06	419,5	0,517	25,8	31,2	45	3,45	46,3	0,519	0,972	26,1	32,2	340	27,6	373,3	0,517	1,169	19,77	675
56	28	36	337	34,4	491,6	0,51	27,8	35,3	35	3,43	48,7	0,511	0,978	28,1	36,1	302	30,97	442,9	0,509	1,057	18,4	793,4
62	29,7	39,7	300	37,07	551,9	0,501	29,5	39,1	25	3	44,4	0,502	0,984	29,7	39,7	275	34,08	507,4	0,501	0,956	16,98	902,3
70	31,5	44	272	41,29	638,9	0,491			0	0	0	0,502	0,984	31,5	44	272	41,29	638,9	0,491			1033,8

Tilvæksttabel for monokultur af douglasgran																						
Før hugst				Tynding				Efter hugst														
T [År]	Hg1 [m]	Dg1 [cm]	N1 [stk./ha]	G1 [m <sup>2</sup> /ha]	V1 [m <sup>3</sup> /ha]	F1	Hg2 [m]	Dg2 [cm]	N2 [stk./ha]	G2 [m <sup>2</sup> /ha]	V2 [m <sup>3</sup> /ha]	F2	D2/D3 [m <sup>3</sup> /ha]	Hg3 [m]	Dg3 [cm]	N3 [1/ha]	G3 [m <sup>2</sup> /ha]	V3 [m <sup>3</sup> /ha]	F3	dG/dt [m <sup>2</sup> /ha/år]	dV/dt [m <sup>3</sup> /ha/år]	dVtot [m <sup>3</sup> /ha]
16	8,1	7,2	2800	11,39	54,1	0,586	8	6,8	560	2,06	9,7	0,591	0,939	8,2	7,3	2240	9,33	44,5	0,584	2,161	13,49	54,1
20	10,8	10,2	2216	18,09	107,6	0,552	10,6	9,7	400	2,95	17,4	0,557	0,94	10,8	10,3	1816	15,14	90,3	0,551	2,118	17,68	117,3
22	12,2	11,7	1806	19,39	127	0,539	11,9	11,1	300	2,92	18,9	0,544	0,943	12,2	11,8	1506	16,47	108,1	0,538	2,028	18,47	154,1
24	13,5	13,2	1497	20,53	146,2	0,528	13,3	12,6	300	3,74	26,4	0,533	0,943	13,5	13,4	1197	16,79	119,8	0,527	1,908	18,42	192,2
27	15,4	15,5	1186	22,51	178,1	0,515	15,1	14,9	250	4,34	34	0,518	0,945	15,4	15,7	936	18,17	144,1	0,514	1,77	18,66	250,5
30	17,2	17,9	928	23,47	202,4	0,503	16,9	17,2	170	3,95	33,8	0,507	0,95	17,2	18,1	758	19,52	168,6	0,502	1,646	18,67	308,9
33	18,8	20,4	751	24,44	226,5	0,493	18,5	19,6	150	4,51	41,5	0,497	0,952	18,8	20,5	601	19,94	185	0,492	1,512	18,04	366,8
37	20,8	23,6	595	25,95	260,2	0,483	20,5	22,7	110	4,46	44,5	0,486	0,957	20,8	23,8	485	21,49	215,7	0,482	1,383	17,69	441,9
41	22,6	26,8	480	26,99	288,7	0,474	22,3	25,9	80	4,21	44,8	0,477	0,961	22,6	26,9	400	22,77	243,9	0,474	1,27	17,19	514,9
45	24,2	29,9	396	27,82	314,3	0,467	23,9	29,1	60	3,98	44,7	0,47	0,966	24,2	30,1	336	23,84	269,6	0,467	1,17	16,62	585,4
50	26	33,7	331	29,65	355	0,461	25,8	32,9	45	3,83	45,6	0,463	0,971	26	33,9	286	25,82	309,4	0,46	1,077	16,24	670,7
56	28	38,1	282	32,22	409,6	0,455	27,8	37,4	35	3,84	48,6	0,456	0,977	28	38,2	247	28,38	360,9	0,455	0,989	15,92	770,9
62	29,7	42,3	244	34,25	458,6	0,451	29,6	41,7	25	3,41	45,5	0,452	0,983	29,7	42,4	219	30,85	413,1	0,45	0,915	15,62	868,6
70	31,8	47,5	215	38,07	541,5	0,447			0	0	0			31,8	47,5	215	38,07	541,5	0,447			997



Bilag 7 - Eksempel på sammenligning af totalproduktion:

T [År]	Obs. H(50) = 28,3 m [m3/ha]	S. Karlberg 1961 H(50) = 29,0 m [m3/ha]	H. A. Henriksen H(50) = 28,0 m [m3/ha]
16	96,2		
20	140,8	160	195
22	175,2	209	
24	212,6	259	
27	269,5		
30	327,4	412	499
33	382,0		
37	450,4		
40		642	815
41	515,7		
45	577,9		
50	652,1		1113
55		868	1247
56	737,7		
61		965	
62	820,8		
70	937,6		



## Bilag 8 – Ekspansionsfaktorer

*Tabel 2. Parametre for ekspansionsfunktioner der ekspanderer stammebiomasse til overjordisk biomasse samt overjordisk til total (overjordisk og underjordisk) biomasse [19, 20]. For løvtræerne er hele den overjordiske vedmasse (inkl. grene og kviste) indeholdt i vedmasseestimatet hvorfor ekspansionsfaktoren bliver 1.*

Art	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$
Stamme til overjordisk biomasse					
Rødgran	0,82250	0,07306	0,76060	0,56920	-0,01029
Grandis	0,95244	0,07234	-0,17824	0,23245	0,00000
Douglasgran	2,00953	-0,03819	-2,13067	0,23245	0,00000
Ædelgran*	0,68203	0,10808	0,48894	0,23245	0,00000
Lærk*	1,48133	-0,00618	-1,09853	0,23245	0,00000
Sitkagran	1,90918	-0,02402	-2,06985	0,23245	0,00000
Nåletræer**	1,45380	0,01683	-0,14640	0,81390	-0,01956
Løvtræer	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Overjordisk biomasse til total biomasse					
Løvtræer***	1,200000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Nåletræer	1,083500	0,008218	0,333200	-0,007530	0,000000

\*Kan anvendes for alle arter inden for slægten

\*\* Kan anvendes for andre nåletræarter for hvem der ikke findes en ekspansionsfunktion

\*\*\* En alternativ formel er:  $E_{tree} = \exp(0,646818 + 0,07330 \cdot \ln(d) - 0,12140 \cdot \ln(h))$

*Tabel 3. Parameter estimaterne for biomassemodellerne anvendt i den danske NFI [7].*

Art	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\gamma_0$	$\gamma_1$	$\gamma_2$
Bøg	0,00037872	1,86940000	1,07150000	0,00006744	2,90180000	-0,68419000	0,00005223	2,56730000	-0,02806100
Eg	0,00037872	1,86210000	1,07150000	0,00006744	2,88620000	-0,68419000			
Ask	0,00037872	1,87000000	1,07150000	0,00006744	2,84190000	-0,68419000			
Ær	0,00037872	1,84770000	1,07150000	0,00006744	2,80830000	-0,68419000			
Birk	0,00037872	1,81890000	1,07150000	0,00006744	2,78610000	-0,68419000			
Lind	0,00037872	1,78960000	1,07150000	0,00006744	2,83200000	-0,68419000			
Ei	0,00037872	1,82350000	1,07150000	0,00006744	2,75780000	-0,68419000			
Rødgran	0,00037872	1,79740000	1,07150000	0,00006744	2,83010000	-0,68419000	0,00005223	2,52210000	-0,02806100
Sitkagran	0,00037872	1,79610000	1,07150000	0,00006744	2,78110000	-0,68419000	0,00005223	2,57640000	-0,02806100
Ædelgran sp.	0,00037872	1,80260000	1,07150000	0,00006744	2,83720000	-0,68419000			
Grandis	0,00037872	1,78670000	1,07150000	0,00006744	2,74730000	-0,68419000			
Douglasgran	0,00037872	1,80630000	1,07150000	0,00006744	2,78260000	-0,68419000			
Lærk	0,00037872	1,81790000	1,07150000	0,00006744	2,80140000	-0,68419000			

Kilde: IGN Rapport , *Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen.*<sup>149</sup>

## Henvisninger

---

- <sup>1</sup> IPCC, "Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty".
- <sup>2</sup> IPCC, "Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Summary for Policymakers".
- <sup>3</sup> Klima-, Energi-, og Forsyningsministeriet, "Parisaftalen 2015".
- <sup>4</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af lov om klima.
- <sup>5</sup> Danmarks nationale skovprogram.
- <sup>6</sup> Danmarks nationale skovprogram; Klimarådet, "Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion".
- <sup>7</sup> Danmarks Statistik, "Udledninger af drivhusgasser".
- <sup>8</sup> Danmarks nationale skovprogram; Rasmussen m.fl., *Biogene materialers anvendelse i byggeriet*.
- <sup>9</sup> KIRKBI A/S, "KIRKBI CARBON INVENTORY".
- <sup>10</sup> KIRKBI A/S, "HOW WE WORK WITH SUSTAINABILITY".
- <sup>11</sup> Larsen, KIRKBI Klimaskov/Kjærballer Plantage - overordnet snak.
- <sup>12</sup> Larsen.
- <sup>13</sup> Jakobsen, Tougaard, og Anthonsen, "Danmarks Digitale Jordartskort 1"; Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*.
- <sup>14</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*.
- <sup>15</sup> "Høje målebordsblade".
- <sup>16</sup> Danmarks Miljøportal, "Danmarks Arealinformation"; Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur, "Topo4cm (1953-1976)". Danmarks Miljøportal, "Danmarks Arealinformation"; Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur, "Topo4cm (1953-1976)".
- <sup>17</sup> JO Informatik APS, "FlyfotoArkivet". JO Informatik APS.
- <sup>18</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse. Retsinformation.
- <sup>19</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af museumsloven.
- <sup>20</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse. Retsinformation.
- <sup>21</sup> Danmarks Meteorologiske Institut, "Vejrarkiv: Brande".
- <sup>22</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*.
- <sup>23</sup> Bergstedt.



- 
- <sup>24</sup> Lundberg, "Christian Lundberg Skov- og Landskabsingeniør ved Gribskov Kommune."
- <sup>25</sup> Lundberg.
- <sup>26</sup> Nord-Larsen og Pretzsch, "Biomass Production Dynamics for Common Forest Tree Species in Denmark – Evaluation of a Common Garden Experiment after 50 Yrs of Measurements".
- <sup>27</sup> Naturstyrelsen, "Hastrup Plantage og sø".
- <sup>28</sup> Nord-Larsen og Pretzsch, "Biomass Production Dynamics for Common Forest Tree Species in Denmark – Evaluation of a Common Garden Experiment after 50 Yrs of Measurements".
- <sup>29</sup> Taerøe, Stupak, og Raulund-Rasmussen, "Growth and Management of the OP42 Hybrid Poplar Clone in Southern Scandinavia"; Taerøe m.fl., "Allometric Biomass, Biomass Expansion Factor and Wood Density Models for the OP42 Hybrid Poplar in Southern Scandinavia".
- <sup>30</sup> Scalgo, "Scalgo Live"; Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur, "DHM terræn, skyggekart".
- <sup>31</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse; Ejrnæs m.fl., "Biodiversitetskortets bioscore".
- <sup>32</sup> Miljøportalen, "Naturdata".
- <sup>33</sup> Danmarks Miljøportal, "Danmarks Arealinformation".
- <sup>34</sup> Google Maps, "GPS-punkter til højdemåling m.m."
- <sup>35</sup> Jensen og Bergstedt, "Træmåling".
- <sup>36</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*.
- <sup>37</sup> Petersen, *Grundtræk af jordbundslæren*. Petersen.
- <sup>38</sup> Jakobsen, Tougaard, og Anthonsen, "Danmarks Digitale Jordartskort 1". Jakobsen, Tougaard, og Anthonsen.
- <sup>39</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*. Bergstedt.
- <sup>40</sup> Petersen, *Grundtræk af jordbundslæren*.
- <sup>41</sup> KIRKBI A/S, "KIRKBI Klimaskov - Mål og midler".
- <sup>42</sup> Naturstyrelsen, "Friluftszoner og B-skove".
- <sup>43</sup> Messier m.fl., "TRIAD Zoning in Quebec".
- <sup>44</sup> Roum, Leyssac, og Ogstrup, "Praktisk naturforvaltning, modul 1 – Formål med praktisk naturforvaltning".
- <sup>45</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse.
- <sup>46</sup> Gehlert, Kjærballer Plantage - projektplan.
- <sup>47</sup> Institut for Ecoscience, "AU Ecoscience - Den danske Rødliste".

- <sup>48</sup> Ejrnæs m.fl., "Biodiversitetskortets bioscore".
- <sup>49</sup> Lundberg, "Christian Lundberg Skov- og Landskabsingeniør ved Gribskov Kommune."
- <sup>50</sup> Miljøministeriet - Skov- og Naturstyrelsen, "Ferske enge".
- <sup>51</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*.
- <sup>52</sup> Nielsen, "Hugst og stormfald".
- <sup>53</sup> Miljøstyrelsen, Vejledning om Skovloven §§ 26-28 - Bevaring af naturtyper.
- <sup>54</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*.
- <sup>55</sup> Gehlert, Kjærballer Plantage - projektplan.
- <sup>56</sup> Neckelmann, "Stabilisering af rande og interne læbælter i rødgransbevoksninger på sandjord".
- <sup>57</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*.
- <sup>58</sup> Bergstedt.
- <sup>59</sup> Granat J. og Sørensen, "Forsumpning - også dit problem".
- <sup>60</sup> Scalgo, "Scalگو Live".
- <sup>61</sup> Miljøstyrelsen, "Spørgsmål: 20 års hændelse, nedbør".
- <sup>62</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*.
- <sup>63</sup> Scalgo, "Scalگو Live".
- <sup>64</sup> VidenCenter Råtræ, "Krav til bilfaste veje og læggepladser".
- <sup>65</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*.
- <sup>66</sup> Nielsen og Nord-Larsen, "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen".
- <sup>67</sup> Nielsen og Nord-Larsen.
- <sup>68</sup> Nielsen og Nord-Larsen.
- <sup>69</sup> Nord-Larsen og Johannsen, *Fremskrivning af danske biomasseressourcer - skovressourcen*.
- <sup>70</sup> KIRKBI A/S, "KIRKBI Klimaskov - Mål og midler".
- <sup>71</sup> Møller Madsen, Esben, "E. Møller Madsen"; Nielsen og Nord-Larsen, "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen".
- <sup>72</sup> Nielsen og Nord-Larsen, "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen".

---

<sup>73</sup> Weifeng Wang, Changhui Peng, og Guy R. Larocque, "Ecological Forest Management Handbook, 2016, p.287-300 Capter 9: Modelling Forest Carbon Budgets towards Ecological Forest Management: Challenges and Future Directions"; Rasmussen m.fl., *Biogene materialers anvendelse i byggeriet*.

<sup>74</sup> Rasmussen m.fl., *Biogene materialers anvendelse i byggeriet*.

<sup>75</sup> Nielsen og Nord-Larsen, "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen".

Nielsen og Nord-Larsen; Rasmussen m.fl., *Biogene materialers anvendelse i byggeriet*; Nord-Larsen, "Skovdrift og kulstofudledninger".

<sup>76</sup> Nord-Larsen og Johannsen, *Fremskrivning af danske biomasseressourcer - skovressourcen*.

<sup>77</sup> Nielsen og Nord-Larsen, "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen".

<sup>78</sup> Nielsen og Nord-Larsen.

<sup>79</sup> Nord-Larsen og Johannsen, *Fremskrivning af danske biomasseressourcer - skovressourcen*.

<sup>80</sup> Nord-Larsen og Johannsen.

<sup>81</sup> Nielsen og Nord-Larsen, "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen".

<sup>82</sup> Nielsen, Stupak, og Raulund-Rasmussen, "Growth and management of the OP42 hybrid poplar clone in southern Scandinavia".

<sup>83</sup> Statens forstlige Forsøgsvæsen, *Skovbrugstabeller 1990*.

<sup>84</sup> Taerøe, Stupak, og Raulund-Rasmussen, "Growth and Management of the OP42 Hybrid Poplar Clone in Southern Scandinavia".

<sup>85</sup> Nielsen og Nord-Larsen, "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen".

<sup>86</sup> Nielsen, Bentsen, og Nord-Larsen, "CO<sub>2</sub> Emissions from Biomass Use in District Heating and Combined Heat and Power Plants in Denmark".

<sup>87</sup> Nielsen, Bentsen, og Nord-Larsen.

<sup>88</sup> Nielsen, "Hugst og stormfald".

<sup>89</sup> Rasmussen m.fl., *Biogene materialers anvendelse i byggeriet*.

<sup>90</sup> Rasmussen m.fl.

<sup>91</sup> Nord-Larsen og Johannsen, *Fremskrivning af danske biomasseressourcer - skovressourcen*.

<sup>92</sup> Klimarådet, "Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion".

<sup>93</sup> Klimarådet.

- 
- <sup>94</sup> Nielsen, Bentsen, og Nord-Larsen, "CO2 Emissions from Biomass Use in District Heating and Combined Heat and Power Plants in Denmark".
- <sup>95</sup> Bravo-Oviedo, Pretzsch, og Del Río, *Dynamics, Silviculture and Management of Mixed Forests*.
- <sup>96</sup> Københavns Universitet, "Vidar".
- <sup>97</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*.
- <sup>98</sup> Pretzsch, "Forest Dynamics, Growth and Yield".
- <sup>99</sup> Pretzsch.
- <sup>100</sup> P. Holten-Andersen, "DANISH YIELD TABLES IN THE PAST CENTURY".
- <sup>101</sup> Danmarks Miljøportal, "Danmarks Arealinformation".
- <sup>102</sup> Jakobsen, Tougaard, og Anthonsen, "Danmarks Digitale Jordartskort 1".
- <sup>103</sup> Ejrnæs m.fl., "Biodiversitetskortets bioscore".
- <sup>104</sup> Miljøstyrelsen, "Miljøgis".
- <sup>105</sup> Miljøportalen, "Naturdata".
- <sup>106</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse om jordressourcens anvendelse til dyrkning og natur.
- <sup>107</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM) Bilag 2, pkt. 1d).
- <sup>108</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse.
- <sup>109</sup> Retsinformation.
- <sup>110</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af lov om vandløb.
- <sup>111</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af lov om planlægning.
- <sup>112</sup> Jakobsen, Tougaard, og Anthonsen, "Danmarks Digitale Jordartskort 1".
- <sup>113</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis*; Jensen og Bergstedt, "Træmåling".
- <sup>114</sup> Danmarks Miljøportal, "Danmarks Arealinformation".
- <sup>115</sup> Nord-Larsen, "T. Nord-Larsen", 2023.
- <sup>116</sup> Statens forstlige Forsøgsvæsen, *Skovbrugstabeller 1990*. Statens forstlige Forsøgsvæsen.
- <sup>117</sup> Gehlert, Kjærballe Plantage - projektplan.
- <sup>118</sup> Tittler, Messier, og Goodman, "Ecological Forest Management Handbook Chapter 2 Triad Forest Management: Local Fix or Global Solution".

- 
- <sup>119</sup> Tittler, Messier, og Goodman.
- <sup>120</sup> KIRKBI A/S, "KIRKBI Klimaskov - Mål og midler".
- <sup>121</sup> Neckelmann, "Stabilisering af rande og interne læbælter i rødgransbevoksninger på sandjord".
- <sup>122</sup> Neckelmann.
- <sup>123</sup> Neckelmann, "Sikker kulturetablering på agermark".
- <sup>124</sup> Neckelmann.
- <sup>125</sup> Gehlert, Kjærballer Plantage - projektplan.
- <sup>126</sup> Neckelmann, "Sikker kulturetablering på agermark".
- <sup>127</sup> Ejrnæs m.fl., "Biodiversitetskortets bioscore".
- <sup>128</sup> Gehlert, Kjærballer Plantage - projektplan.
- <sup>129</sup> Miljø- og Fødevareklagenævnet, Ændring af lovliggende dispensation til beplantning inden for åbeskyttelseslinjen i Odsherred Kommune.
- <sup>130</sup> Anker, *Miljøretten. 2.*
- <sup>131</sup> Anker.
- <sup>132</sup> Retsinformation, Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse.
- <sup>133</sup> Baaner og Nielsen, "Undervisning § 3 i Praksis af Lasse Baaner og Jane K. Nielsen. LSL10093U".
- <sup>134</sup> Baaner og Nielsen, "Undervisning §3 i Praksis af Lasse Baaner og Jane K. Nielsen. LSL10093U".
- <sup>135</sup> Scheibel, "Sanne Scheibel, Biolog og sagsbehandler ved Gribskov Kommune".
- <sup>136</sup> Baaner og Nielsen, "Undervisning § 3 i Praksis af Lasse Baaner og Jane K. Nielsen. LSL10093U".
- <sup>137</sup> Miljøministeriet - Skov- og Naturstyrelsen, "Vejledning om naturbeskyttelsesloven".
- <sup>138</sup> Statens forstlige Forsøgsvæsen, *Skovbrugstabeller 1990.*
- <sup>139</sup> Bravo-Oviedo, Pretzsch, og Del Río, *Dynamics, Silviculture and Management of Mixed Forests.*
- <sup>140</sup> Nord-Larsen og Tærø, "Skovdrift og Samfund, LSL10056E".
- <sup>141</sup> Bergstedt, *Skovdyrkning i praksis.*
- <sup>142</sup> Taeroe, Stupak, og Raulund-Rasmussen, "Growth and Management of the OP42 Hybrid Poplar Clone in Southern Scandinavia".
- <sup>143</sup> Anette Bill-Jessen, "Ny dokumentation".

<sup>144</sup> Videnskab og Svane-Knudsen, "Nu er vi syv milliarder mennesker på Jorden"; Nielsen og Nord-Larsen, "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen".

<sup>145</sup> Det Europæiske Råd, "EU's reaktion på Ruslands invasion af Ukraine"; Det Europæiske Råd, "Infografik - EU's sanktioner som reaktion på Ruslands invasion af Ukraine"; Altinget Miljø og Flader, "Træindustrien: Krigen i Ukraine kalder på mere skovrejsning og nye mål for urørt skov".

<sup>146</sup> Nielsen og Nord-Larsen, "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen".

<sup>147</sup> Nord-Larsen og Johannsen, *Fremskrivning af danske biomasseressourcer - skovressourcen*.

<sup>148</sup> Nielsen, Bentsen, og Nord-Larsen, "CO2 Emissions from Biomass Use in District Heating and Combined Heat and Power Plants in Denmark".

<sup>149</sup> Nielsen og Nord-Larsen, "Fremskrivning af kulstof i skovene i periodeplanen".