

# GRUPPEWISE FRØTRESTLLINGER HOS FURU (PINUS SYLVESTRIS)- FORYNGELSESEKSTATER OG TILVEKSTREKSTJONER I FRØTRÆRNE

GROUPWISE RETENTION OF SCOTS PINE (PINUS SYLVESTRIS)-  
REGENERATION RESULTS AND GROWTH RESPONSES IN RETAINED TREES

HÅVARD DUFSETH & ESPEN MARTINSEN

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP  
INSTITUTT FOR NATURFORVALTING  
MASTEROPPGAVE 30+ 30 STP. 2009





## Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på fem års studier ved Universitetet for miljø- og biovitenskap. Bakgrunnen for oppgaven er at Romedal og Stange almenninger i enkelte områder har hatt problemer med vindfellinger av frøtrær i tradisjonelle frøtrestillinger av furu (*Pinus sylvestris*). En periode på starten av 1990-tallet ble det derfor forsøkt å forynge enkelte vindutsatte bestand ved å sette igjen frøtrær i grupper. Etter å ha forhørt oss med forsker Aksel Granhus på Norsk institutt for skog og landskap angående aktuelle masteroppgaver, ble det opprettet kontakt med driftssjef Jørgen Nermo i Romedal og Stange almenninger. De ansatte i allmenningen viste stor interesse for prosjektet, og var behjelpelige med å lete fram bestand som kunne være aktuelle. Feltarbeidet ble gjennomført i løpet av fire uker i juli/august 2008. Vi ønsker først og fremst å rette en stor takk til førsteamanuensis og hovedveileder Jon Anders Frank ved Institutt for naturforvaltning (INA), for gode, konstruktive møter og tilbakemeldinger under arbeidet. En annen som fortjener en stor takk er forsker og biveileder Aksel Granhus ved Norsk institutt for skog og landskap. Han har bidratt med stort engasjement både før og under arbeidet, og har hjulpet til med å gjøre de statistiske analysene så gode som mulig, samt gitt gode tilbakemeldinger på innholdet i oppgaven. Vi vil også takke de ansatte i Romedal og Stange almenninger for å ha vært behjelpelige med spørsmål om bestandene i oppgaven. En spesiell takk til driftsjefene Jørgen Nermo og Even Sveen som har bidratt med kartgrunnlag og bestandsdata fra drifts- og skogbruksplanene. Fredrik Bøhler, overingeniør ved Skog og Landskap, sto for opplæringen under behandlingen av stammeskiver og borprøver. Espen Halvorsen, stipendiat ved INA ga gode innspill under arbeidet med de statistiske analysene. Bibliotekarene ved Skog og Landskap fortjener ros for utmerket service under litteratursøket. INA var behjelpelige med utlån av utstyr til registreringsarbeidet. Alle fotografier i oppgaven er tatt av Espen Martinsen.

Ås 12. mai 2009

---

Håvard Dufseth og Espen Martinsen

## Sammendrag

Dufseth, H. & Martinsen, E. 2009. Gruppevis frøtrestillinger hos furu (*Pinus sylvestris*)-Foryngelsesresultater og tilvekstreaksjoner i frøtrærne. Masteroppgave ved Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap. 53 sider.

Bakgrunnen for denne masteroppgaven er at Romedal almenning på starten av 1990-tallet satte igjen frøtrær av furu (*Pinus sylvestris*) i grupper, grunnet problemer med vindfellinger i tradisjonelle frøtrestillinger. Hovedmålet med oppgaven var å undersøke foryngelsesresultatet og tilveksten hos frøtrærne etter fristilling i gruppevis frøtrestillinger av furu. Frøtregruppens påvirkning på foryngelsens vekst og tetthet, samt bakkevegetasjonen, ble og undersøkt. Registreringene ble utført i to områder i Romedal almenning, Stange kommune, Hedmark. Materialet omfatter totalt sju bestand som ble satt i frøtrestilling i 1992 og markberedt mellom 1992 og 1997. Vegetasjonstypen i samtlige bestand var bærlyngskog, og humustykkelsen varierte mellom 2,5 og 3,9 cm. Antallet vindfellinger i bestandene varierte mellom 0 - 1 trær/dekar. Frøtrærne i samtlige bestand fikk i en 15- års periode etter fristilling en økning i årlig gjennomsnittlig diametervekst, i forhold til i en 15- års periode før fristilling. Denne tilvekstøkningen varierte fra 66 - 123 %. 15 år etter fristilling var årlig tilvekst fortsatt større enn gjennomsnittet i en 15-årsperiode før hogst. Det var betydelig større tilvekstøkning i stammens nedre deler, enn i de høyere delene der økningen var svært lav. Nullruteprosenten for furuplanter varierte mellom 15-34 %, mens nullruteprosenten inkludert gran (*Picea abies*) og lauv varierte mellom 7-24 %. Vi kan derfor konkludere med at foryngelsesresultatet i de undersøkte bestandene er tilfredsstillende eller godt. Gjennomsnittshøyden på høyeste furuplante innenfor hver prøveflate varierte fra 11-770 cm. Det ble funnet god sammenheng mellom avstand til frøtre og sannsynligheten for foryngelse i systematisk utlagte prøveflater à 4 m<sup>2</sup>. Frøtregruppene hadde liten påvirkning på tettheten av foryngelse, men foryngelsens vekst var tydelig påvirket av en sterilsone innenfor gruppene. Påvirkningen på bakkevegetasjonen var tydelig i nærheten av frøtregruppene.

Resultatene viste at å sette igjen frøtrær av furu i grupper på vegetasjonstypen bærlyng ga tilfredsstillende foryngelsesresultat etter markberedning, samt at frøtrærne oppnådde økt diametervekst etter fristilling. Denne hogstformen virker å kunne være et aktuelt supplement til tradisjonell frøtrestillingshogst i områder der det kan være problemer med vindfellinger.

## Summary

Dufseth, H. & Martinsen, E. 2009. Groupwise retention of Scots pine (*Pinus sylvestris*)-Regeneration results and growth responses in retained trees. Master thesis, Department of Ecology and Natural Resource Management, Norwegian University of Life Sciences. 53 pages.

The framework for this master thesis is that Romedal and Stange forestry commission in the early 1990`s decided to leave seed trees of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in groups, due to problems with windthrow after traditional seed tree felling. The aim of this dissertation was to examine regeneration and growth response in groups of seed trees of Scots pine after release cutting. The influence of groups of seed trees on ground vegetation and regeneration growth and density were examined. The field registrations were executed at two locations in Romedal forestry commission, Stange municipality, Hedmark County. The material included seven stands which were cut in 1992, and scarified between 1992 and 1997. All stands were characterized as cowberry-bilberry woodland, and the thickness of the humus layer varied between 2.5 –3.9 cm. The number of windthrow in the stands varied between 0 and 10 trees/ha. The seed trees increased their annual diameter growth at breast height in all stands in a 15- year period after release cutting. The mean increment varied between 66 and 123 %. The annual increment was still greater 15 years after release cutting than the mean of a 15 year period prior to cutting. The increment was significantly greater in the lower parts of the stems than in the upper parts where the increment was very low. The zero-square percentage for Scots pine seedlings varied between 15-34 %, but the total zero-square percentage including Norway spruce (*Picea abies*) and broadleaved trees varied between 7-24 %. This suggests that the regeneration results in all stands were satisfactory or good. The mean height of the Scots pine seedlings varied between 11- 770 cm. A significant relation between the distance from seed tree and probability for Scots pine seedling establishment in 4 m<sup>2</sup> sample plots was found. The seed tree groups had only a small influence on seedling density, but seedling growth was evidently reduced by the groups, especially inside the groups. The influence on ground vegetation near groups of seed trees was significant.

Our results demonstrate satisfactory regeneration and increased diameter growth after release cutting of seed tree groups in scarified cowberry- bilberry woodlands. In areas where windthrow is of concern this management strategy is an advisable supplement to the traditional seed tree felling methods.

## Innhold

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Innledning.....                                                  | 1  |
| 1.1 Furuas økologi og utbredelse.....                               | 1  |
| 1.2 Bakgrunn for studiet.....                                       | 3  |
| 2. Materiale og metode.....                                         | 5  |
| 2.1 Studieområdet.....                                              | 5  |
| 2.2 Registreringer på bestandsnivå.....                             | 8  |
| 2.3 Registreringer i frøtregruppene .....                           | 10 |
| 2.4 Innsamling og analyser av stammeskiver og borprøver .....       | 13 |
| 2.5 Databehandling.....                                             | 14 |
| 3. Resultater.....                                                  | 18 |
| 3.1 Frøtrærnes diametertilvekst og volumøkning.....                 | 18 |
| 3.2 Foryngelsesresultat og nullruteprosent.....                     | 24 |
| 3.3 Frøtregruppenes påvirkning på foryngelsen og vegetasjonen ..... | 26 |
| 4. Diskusjon.....                                                   | 33 |
| 4.1 Furuas vindstabilitet og risikoen for vindfellingene .....      | 33 |
| 4.2 Frøtrærnes diameter- og volumtilvekst etter fristilling.....    | 35 |
| 4.3 Foryngelsesresultatet i bestandene .....                        | 37 |
| 4.4 Frøtrærnes påvirkning på foryngelsen og vegetasjonen .....      | 41 |
| 4.5 Driftstekniske fordeler og ulemper.....                         | 43 |
| 4.6 Ulike feilkilder .....                                          | 44 |
| 5. Konklusjon .....                                                 | 47 |
| 6. Litteratur.....                                                  | 48 |
| Vedlegg                                                             |    |

# 1. Innledning

## 1.1 Furuas økologi og utbredelse

Furu (*Pinus sylvestris*) har den største utbredelsen av alle våre treslag her til lands, og den finnes over det meste av Europa og Nord-Asia. I Norge forekommer furu i alle landsdeler, og verdens nordligste furuforekomst finner vi i Porsanger i Finnmark. I det sentrale Norge ligger furuskoggrensa på 900-1000 m. o. h. Furu innvandret i den boreale perioden (7000-5500 f. Kr), og til Østlandet kom den høyst sannsynlig østfra. Den fortrengte etter hvert en stor andel av lauvtrærne som hadde innvandret tidligere (Børset 1985).

Furu er et lyselskende, tørketålende treslag som har stor spennvidde økologisk sett med hensyn på næring og fuktighet. Dens dyptgående rotsystem med pælerot gjør at den kan utnytte voksesteder hvor gran (*Picea abies*) ikke trives, men på midlere boniteter med velutviklet jordsmonn, er furua mer konkurransesvak enn gran (Nygaard & Skoklefald 2007). Etter kalamiteter som skogbrann og stormfelling vil arter som har lett for å etablere seg komme først. Furu er et slikt pionertreslag som har store krav til lys, rask ungdomsvekst, samt tidlig og hyppig frøsetting (Solbraa 2001). Hos furua er frøsettingen betydelig jevnere enn hos gran, og i lavlandet i Sørøst-Norge produseres det noe spiredyktig frø hvert år. Allikevel vil frøproduksjonen variere mye fra år til år (Nygaard & Skoklefald 2007). I følge Skoklefald (1995) er frøfallet i Hedmark størst i mai – juni, i motsetning til hos grana hvor frøfallet skjer tidligere om våren (Børset 1985).

I nordlige områder med økende høyde over havet og mer kjølig klima, er markberedning ofte en nødvendighet for å sørge for en tilstrekkelig mengde planter, samt for å kunne bedre planteveksten. Også på gode boniteter med sterk konkurranse fra bakkevegetasjonen, blir ofte foryngelsesresultatet dårlig uten markberedning (Hagner 1962). Naturlig foryngete furubestand vil få et høyere planteantall enn plantede bestand hvis foryngingen er vellykket. Selv om volumtilveksten i plantede bestand er større, ettersom plantene får et forsprang i høydetilveksten, kan det høyere antallet planter i naturlig foryngete bestand, helt eller delvis kompensere for forspranget plantede bestand får i volumtilvekst. Naturlig foryngete furubestand med høy stammetetthet er ofte en forutsetning for at furua skal få høy virkeskvalitet (Karlsson & Örlander 2004). Et vanlig problem med frøtrestillinger i nordlige områder er at lav frøproduksjon og dårlig frøkvalitet fører til at et lite antall av frøene spirer.

Karlsson, C (2000, 2006) fant i sine undersøkelser at frøtrær som ble fristilt, etter kun få år produserte flere ganger så mye kongler enn trær som ikke hadde vært fristilt.

Når en setter igjen et tilstrekkelig antall frøtrær med stor diameter og høyde, vil en andel av trekapitalen bli stående igjen for å kunne forynge det nye bestandet. Et frøtre som fristilles får et økt tilbud av lys, vann og næring. Dette innebærer en stimulans som resulterer i til dels økt blomstring og frøsetting, samt større tilvekst for bar, stamme og røtter. Den økte tilgangen på næring kulminerer ofte den andre og tredje vegetasjonsperioden etter avvirkningen. For stammetilveksten er det framfor alt den økte mengden nitrogen som har betydning. Med et jevnt antall frøtrær fordelt i bestandet vil disse utnytte en stor del av den økte nitrogenmengden til tilvekst i stammen (Karlsson & Örlander 2004). En diameterøkning kan i mange tilfeller føre til at en større andel av treet vil havne i bedre betalte sortimenter. Flere forsøk har vist at diametertilveksten hos fristilte frøtrær øker mye etter fristilling. Denne tilveksten vil være forskjellig i ulike treseksjoner, men den vil være størst i nedre deler av stammen (Nyblom 1927; Hagner 1962; Andersson & Fries 1979; Niemistö et al. 1993; Skoklefald 1995; Karlsson, K. 2000; Fremming & Økseter 2003; Holgèn et al. 2003; Karlsson & Örlander 2004).

Frørestillinger skaper forskjellig oppvekstmiljø for plantene jamført med hogstflater. I de fleste tilfeller vil frøtrærne gi et bedre oppvekstklima. Risikoen for frostskaider reduseres grunnet at minimumstemperaturen i kalde, klare netter blir høyere under frøtrær enn ute på hogstflata (Karlsson & Örlander 2004). Samtidig vil de gjenstående frøtrærne ved å utnytte den økte nitrogenmengden, redusere oppblomstringen av gras og annen konkurrerende vegetasjon. Dette gir særlig på gode marker furuplantene en konkurransefordel (Karlsson & Örlander 2004). Spireleiet er avgjørende for plantetilslaget, og bunnvegetasjon som mose og lav vil kunne hindre spiring (Nygaard & Skoklefald 2007). De gjenstående frøtrærne vil også kunne påvirke den nye foryngelsen. Erefur et al. (2008) fant at planteantallet av furu var lavere inntil frøtrærne, men at avstanden til frøtrærne ikke hadde innflytelse på høydetilveksten de første årene.

## 1.2 Bakgrunn for studiet

I Norge er det mest vanlig å bruke frøtrestillingshogster ved naturlig foryngelse av furu. I dag består om lag 16 000 km<sup>2</sup> av Norges produktive skogareal på 75 000 km<sup>2</sup> av furuskog over foryngelsesstadiet (SSB 2009). I 2003 ble det avvirket på i underkant av 500 km<sup>2</sup> av det produktive skogarealet. Av dette ble i overkant av 80 km<sup>2</sup> avvirket ved bruk av frøtrestillinger, mens det på det resterende arealet ble brukt flatehogster, småflatehogster, skjermstillingshogster og andre hogstformer. Den gjennomsnittlige flatestørrelsen ved bruk av frøtrestilling var 20 dekar (SSB 2009).

Kravpunkt 11 i Levende Skog (2009) standarden om hogstformer sier følgende: ”Der forholdene ligger til rette for det, skal furuskog forynges ved hjelp av frøtrestillingshogst eller andre hogstformer som legger forholdene til rette for naturlig foryngelse” (Levende Skog 2009). Den mest brukte metoden er å sette igjen 3-15 frøtrær per dekar jevnt fordelt i bestandet. De tetteste frøtrestillingene brukes på de beste bonitetene. På dårlige boniteter vil konkurransen om vann og næring være såpass stor at det vil være fordelaktig med et mindre antall frøtrær (Børset 1985). Det å sette igjen tette frøtrestillinger medfører at en større andel av den hogstmodne skogen blir stående igjen for å oppnå foryngelse, noe som gir en større økonomisk risiko.

Et av hovedproblemene ved foryngelse med bruk av frøtrær er risikoen for stormfelling hos frøtrærne som blir fristilt etter hogst. Risikoen er størst de første fire- fem år etter fristilling (Örlander 1995). Stormfellingsrisikoen øker med trehøyden og dermed med bestandsalderen. Ettersom trehøyden øker med boniteten, er bestand på gode boniteter mer utsatte for stormfelling enn bestand på lave boniteter. Grove trær har mindre risiko for stormfelling enn mindre trær, forutsatt at trehøyden er lik (Karlsson & Örlander 2004). På lave boniteter med grunnlendt mark vil dette forholdet kunne endres. Frøtrær av furu bør ha en krone på 1/3 av høyden for å være stormsterke. Hvis en frykter at frøtrærne skal blåse over ende, kan det hjelpe å sette dem igjen i grupper. Det må være minst tre trær i en gruppe som da gjensidig vil støtte hverandre (Børset 1985). Motivet for å sette igjen frøtrær i grupper er derfor gjerne at frøtrærne står mer stabilt (Karlsson & Örlander 2004).

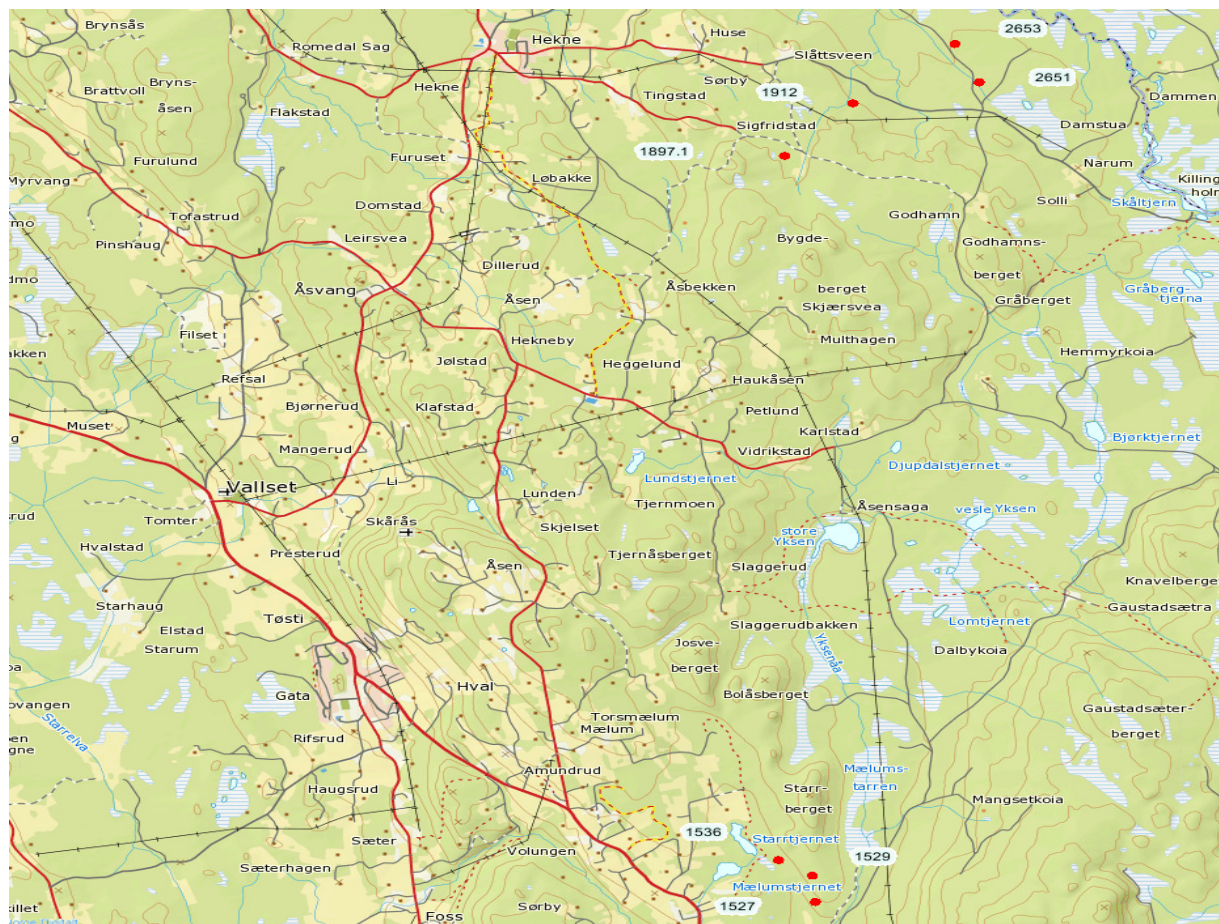
Dagens klimaprognoser tilsier at den årlige gjennomsnittstemperaturen skal stige med mellom 2,5- 3,5 °C, og endringene forventes å bli størst i innlandet. Nedbøren om høsten og vinteren forventes å øke med 15-20 % på Østlandet, mens det vil bli tørrere om sommeren. Samtidig vil det bli flere døgn med ekstreme nedbørsmengder, og med sterkere vind enn stiv kuling (Met 2009a). En slik prognose vil føre til mindre tele og mer bløt mark. Dette tilsier at problematikken knyttet til vindfelling i frøtrestillinger av furu vil kunne bli et enda større problem enn det er i dag. Å sette igjen grupper av frøtrær hos furu for å redusere faren for vindfelling er lite brukt i Norge. Det er ikke blitt foretatt undersøkelser på foryngelsesresultatene med denne hogstmetoden.

Utgangspunktet for oppgaven er hypotesen om at gruppevis fordeling av frøtrærne vil redusere risikoen for vindfelling. Målet med denne oppgaven er å undersøke foryngelsesresultat og tilvekst i ulike tredeler hos frøtrær etter gruppevis frøtrestillingshogst i furuskog. I oppgava skal foryngelsens vekst, jevnhet og påvirkning fra frøtregruppene undersøkes. Det vil også bli belyst i hvor stor grad bakkevegetasjonen påvirkes av frøtregruppene. Resultater knyttet til disse målsetningene vil bidra til å gi svar på om denne hogstmetoden er aktuell som supplement til tradisjonell frøtrestilling under norske forhold.

## 2. Materiale og metode

### 2.1 Studieområdet

Datainnsamlingen i denne oppgaven ble gjennomført i Romedal almenning (N 60 °42', E 11 °25'). Allmenningen ligger i Stange kommune, Hedmark, og har et totalareal på 245.000 dekar, noe som gjør den til landets største bygdeallmenning. Romedal og Stange almenninger (RASA) drives under felles administrasjon. RASA tilrettelegger hvert år store arealer for naturlig foryngelse i de høyereliggende- og bonitetsmessig skrinnere områdene av allmenningen. Hvert år blir i overkant av 2000 dekar forynget naturlig, noe som utgjør 91 % av det årlige foryngelsesarealet. Av arealet som blir lagt ut for naturlig forynging blir 80 % markberedt (Nermo 2008). De sju bestandene som ble studert i prosjektet er vist med røde punkter i Figur 1.



Figur 1: Oversikt over studieområdet i Romedal Almenning (GisLink 2009).

Romedal Almenning ligger i den mellomboreale vegetasjonssonen (Larsson & Søgne 2003), og områdets høyde over havet varierer mellom omlag 300- 600 meter. Områdets løsmasser domineres av tynne morene avsetninger, mens berggrunnen i studieområdet består av middels - til grovkornet øyegneis (NGU 2009). Jordsmonnet i området er podsol. Årlig gjennomsnittlig nedbørsmengde i området de siste 30 år (1961-1990) var rundt 600 mm, og gjennomsnittstemperaturen (årsmiddeltemperaturer) i samme tidsrom var 3.0 °C. Gjennomsnittlig temperatur i januar og juli har i perioden vært henholdsvis -9.5 °C og 15.1 °C (Met 2009b). Vindforholdene på Østlandet er betegnet som forholdsvis rolige og stabile. Vindretningen er store deler av året hovedsakelig fra sørvest. Sent på høsten og vinterstid kan sterk vind fra nordvest forekomme hyppigere enn ellers i året (Met 2009c).



**Bilde 1: Typisk tregruppe med seks trær i bestand 1912. Legg merke til høyden og tettheten på foryngelsen.**

**Tabell 1: Bestandsdata**

| Bestands-<br>nr. | Område  | Hogst-<br>år | Markb.<br>år | Areal<br>(daa) | Bonitet | Veg.<br>type | Humus-<br>form | Humus-<br>tykkelse<br>(cm) | Jordart     | Ant.<br>vindfell./<br>daa | H.o.h<br>(m) |
|------------------|---------|--------------|--------------|----------------|---------|--------------|----------------|----------------------------|-------------|---------------------------|--------------|
| 1527             | Sagstua | 1992         | 1997         | 31             | F 11    | Bærlyng      | Mår            | 2,6                        | Siltig sand | 0,16                      | 337          |
| 1529             | Sagstua | 1992         | 1997         | 25             | F 14    | Bærlyng      | Mår            | 2,5                        | Siltig sand | 1,0                       | 337          |
| 1536             | Sagstua | 1992         | 1997         | 14             | F 11    | Bærlyng      | Moder          | 3,1                        | Siltig sand | 1,0                       | 340          |
| 1897.1           | Åsbygda | 1992         | 1992         | 5              | F 11    | Bærlyng      | Moder          | 3,5                        | Siltig sand | 0,0                       | 359          |
| 1912             | Åsbygda | 1992         | 1992         | 20             | F 11    | Bærlyng      | Moder          | 3,6                        | Sandig silt | 0,0                       | 349          |
| 2651             | Åsbygda | 1992         | 1994         | 44             | F 11    | Bærlyng      | Moder          | 3,9                        | Sandig silt | 0,25                      | 320          |
| 2653             | Åsbygda | 1992         | 1994         | 12             | F 11    | Bærlyng      | Moder          | 3,9                        | Sandig silt | 0,0                       | 327          |

Etter befaring av bestand som kunne være egnet som prøvemateriale, ble det totalt valgt ut sju bestand. Disse bestandene ble avvirket og markberedt innenfor samme tidsperiode, og ville derfor kunne sammenlignes. Tabell 1 gir en oversikt over ulike bestandsdata. De sju bestandene er inndelt i to områder (Sagstua og Åsbygda) etter geografisk plassering i allmenningen (Figur 1). Bestandene innenfor hvert område har forholdsvis lik topografi og bonitet, samt humus-tykkelse. Terrenget i de ulike bestandene varierte i både hellingsgrad og retning. Variasjonen var ofte stor innad i bestandet, ettersom frøtregruppene ofte sto på koller, samt at terrenget generelt var kupert med varierende hellingsretninger. Bilde 1 & 2 gir et inntrykk av frøtregruppene utforming i to av bestandene.



**Bilde 2: Frøtregruppe i bestand 1536. Antallet frøtrær per gruppe varierte mellom bestandene, mens størrelsen på gruppene var forholdsvis lik.**

## **2.2 Registreringer på bestandsnivå**

Registreringene i de ulike bestandene ble gjort i løpet av fire uker i juli/august 2008. Tidsforbruket i hvert bestand var avhengig av både størrelsen på bestandene, mengden foryngelse, antall frøtrær i hver gruppe, samt avstanden til bilvei.

Dataene om hogst- og markberedningsår er innhentet fra allmenningens database (pers. med. E- Sveen, driftsjef, 2009). I følge skogbruksplanen varierte størrelsen på bestandene mellom 22-61 dekar. I enkelte bestand var deler av arealet tilplantet med gran for eksempel i bløte bekkedrag etc. Dette medførte at noe areal som var egnet som prøvemateriale ble redusert. I hvert bestand ble det derfor før hver takst gått opp bestandsgrenser ved hjelp av GPS (Global Positioning System), noe som ga hvert prøvebestand et reelt areal som var naturlig forynget. Innenfor bestandsgrensene ble antallet vindfellingene registrert. GPS ble også benyttet for å finne bestandenes høyde over havet (Tabell 1).

I hvert bestand ble det lagt ut prøveflater i en systematisk linjetakst. Prøveflatene ble lagt ut ved å gå på kompasskurs for å oppnå rette, parallelle linjer. Avstanden mellom flatene og linjene ble målt opp ved å bruke målebånd. Antallet prøveflater i hvert bestand varierte med bestandets størrelse. I mindre bestand ble avstanden mellom hver prøveflate redusert for å få tilstrekkelig antall flater. Likevel var avstanden mellom hver prøveflate og linjene alltid fast i hvert enkelt bestand. Til sammen ble det lagt ut 496 prøveflater fordelt på de sju bestandene. Antallet varierte fra 55 prøveflater i det minste bestandet til 92 i det største bestandet (Tabell 2). I sentrum av hver prøveflate ble det lagt ut 4 m<sup>2</sup> store sirkelflater ved å bruke en målestang med lengde på 1,13 meter. I sirkelflata ble det registrert om det fantes foryngelse av gran, furu og lauv. Hvis det ikke var foryngelse innenfor prøveflata er dette senere beskrevet som en nullrute. Den høyeste planten av hvert enkelt treslag på sirkelflata ble deretter målt enten ved hjelp av målestang eller Vertex II høydemåler (Brukermanual Vertex II 2008). Åpenbar forhåndsgjenvækt som ble registrert på prøveflatene er ikke med i datamaterialet. Fra sentrum av hver sirkelflate ble avstanden til nærmeste frøbærende kant og -tre målt ved hjelp av Bushnell laseravstandsmåler med en nøyaktighet på +/- 1 meter. I tillegg ble prosentandelen stein i overflaten skjønnsmessig vurdert for hver enkelt prøveflate.

**Tabell 2: Antall prøveflater i det enkelte bestand**

| Best. nr | Område  | Antall prøveflater | Antall flater med registreringer av vegetasjon og humus |
|----------|---------|--------------------|---------------------------------------------------------|
| 1527     | Sagstua | 82                 | 28                                                      |
| 1529     | Sagstua | 69                 | 23                                                      |
| 1536     | Sagstua | 68                 | 23                                                      |
| 1897.1   | Åsbygda | 55                 | 28                                                      |
| 1912     | Åsbygda | 74                 | 25                                                      |
| 2651     | Åsbygda | 92                 | 23                                                      |
| 2653     | Åsbygda | 56                 | 19                                                      |

For hver n-te prøveflate avhengig av antallet prøveflater totalt, ble det registrert vegetasjonstype og -form på den enkelte flate, samt bestemt humusform og – tykkelse. For å bestemme vegetasjonstype og -form ble det med støtte i rapporten ”Veiledning i bestemmelse av vegetasjonstyper i skog” (Larsson 2000), tatt en skjønnsmessig vurdering av hvilke arter

som dominerte innenfor et område på cirka fem meter rundt flata. Selv om registreringene på enkelte flater kan avvike fra bestandet sett under ett, vil likevel antallet prøveflater veie opp denne tilfeldige feilen. For å kunne bestemme humusform og -tykkelse ble det tatt et utsnitt av jordlagene nærmest mulig flatesentrum ved hjelp av jordbor (Tabell 1). Humustykkelsen ble målt ved hjelp av en meterstokk, mens humusformen ble bestemt med støtte i et notat med tilhørende illustrasjoner og forklaringer for at dette skulle bli registrert så nøyaktig som mulig (Larsson 2002). For å kunne bestemme kornfordelingen i hvert bestand ble det samlet inn jordprøver på omlag ti tilfeldige steder i alle bestandene. Jordprøvene ble lagt i fryser for senere analyser på laboratorium.

Boniteten i bestandene er beregnet på to måter. Den ene metoden var å benytte bonitetskurver for furu etter Tveite & Braastad (1981). Den andre metoden som ble brukt var å bonitere ved hjelp av vegetasjonstype og egenskaper ved voksestedet med støtte i nomogram (Nilsen & Larsson 1992). Det er et middeltall av disse resultatene som ligger til grunn for bestemmelsen av boniteten (Tabell 1).

### **2.3 Registreringer i frøtregruppene**

I hvert bestand ble to - tre frøtregrupper avhengig av bestandets størrelse, tilfeldig valgt ut for registrering. Antall frøtregrupper i de ulike bestandene varierte mye, avhengig av bestandsstørrelsen og frøtreantallet per gruppe. Antallet frøtrær i gruppene som ble registrert varierte fra 3-14. I enkelte grupper sto det trær som ut i fra størrelse eller ulike skader, ikke ble vurdert til å være frøbærende. Disse ble ikke registrert. Størrelsen på frøtregruppene varierte mellom 89- og 423 m<sup>2</sup>, men gjennomsnittsstørrelsen per bestand var forholdsvis lik (Tabell 3).

**Tabell 3: Gjennomsnittsverdier for frøtregruppene i hvert bestand, samt totalt antall grupper i hvert bestand**

| Bestandsnr. | Område  | Ant.<br>frøtregrupper<br>totalt | Gj. snittlig<br>ant. trær/<br>gruppe | Gj. snittlig<br>gruppestørrelse<br>(m <sup>2</sup> ) | Ant. frøtregrupper<br>(daa) |
|-------------|---------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1527        | Sagstua | 10                              | 9                                    | 208                                                  | 0,32                        |
| 1529        | Sagstua | 7                               | 10                                   | 271                                                  | 0,28                        |
| 1536        | Sagstua | 5                               | 10                                   | 272                                                  | 0,35                        |
| 1897.1      | Åsbygda | 2                               | 8                                    | 256                                                  | 0,40                        |
| 1912        | Åsbygda | 4                               | 7                                    | 288                                                  | 0,20                        |
| 2651        | Åsbygda | 14                              | 5                                    | 171                                                  | 0,32                        |
| 2653        | Åsbygda | 2                               | 12                                   | 256                                                  | 0,16                        |

I midten av hver gruppe ble det avmerket et punkt heretter kalt sentrum. Det ble lagt ut linjer i henholdsvis sørlig, østlig, vestlig og nordlig retning ut fra sentrum ved hjelp av kompasset. I hver linje ble det lagt ut prøveflater med avstander fra sentrum på henholdsvis 0, 3, 6, 9 og 15 meter. Prøveflatene var sirkulære med en radius på 1,13 m, og med et totalareal på 4 m<sup>2</sup>. For å forenkle registreringsarbeidet ble flata inndelt i fire kvadranter. Antallet planter av furu, gran og lauv ble registrert i hver sirkelflate. Ved hjelp av en målestang ble høyeste plante av hvert treslag innenfor prøveflata høydemålt. I tillegg ble det på den høyeste planten på hver prøveflate målt toppskuddlengde de siste tre år ved hjelp av meterstokk. Ved å bruke en elektronisk skyvelære ble det på den høyeste planten målt rothalsdiameter ti centimeter over bakken.

På hver prøveflate med unntak av flatene ni meter fra sentrum i de ulike retningene, ble det foretatt en vegetasjonsanalyse. Det ble systematisk lagt ut en rute på 0,5 m<sup>2</sup> innenfor sirkelflata på 4 m<sup>2</sup>. Denne ruta ble systematisk anlagt i høyre kvadrant i marsjretningen på vei ut fra sentrum. Innenfor denne ruta ble hver enkelt arts dekningsgrad i prosent av totalarealet skjønnsmessig anslått. Enkelte av bunnsjiktartene ble kun bestemt til slektsnivå. Dette gjaldt torvmoser (*Sphagnum spp.*), sigdmoser (*Dicranum spp.*) og bjørnemoser (*Polytrichum spp.*) (Lye & Watson 1968).

Gjennomsnittsverdiene for frøtrærne er framstilt i Tabell 4. Trærne innenfor hver gruppe var forholdsvis like med hensyn på diameter og høyde. Datamaterialet teller til sammen 117 frøtrær fordelt på de sju bestandene.

**Tabell 4: Gjennomsnittsverdier for jorddybde og frøtrærne i hvert bestand**

| Bestandsnr.                              | Område  | Alder i brysthøyde | Diameter m/bark<br>(cm) | Trehøyde<br>(m) | Kronelengde<br>(m) | Volum<br>m/bark<br>(liter) | Jorddybde<br>(cm) |
|------------------------------------------|---------|--------------------|-------------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|-------------------|
| <b>1527</b><br><b>n= 18</b>              | Sagstua | 158                | 25,0                    | 17,1            | 7,0                | 403                        | 14                |
| <b>1529</b><br><b>n= 19</b>              | Sagstua | 146                | 32,1                    | 22,1            | 10,2               | 875                        | 38                |
| <b>1536</b><br><b>n= 20</b>              | Sagstua | 149                | 30,1                    | 19,6            | 8,3                | 663                        | 23                |
| <b>1897.1</b><br><b>n= 16</b>            | Åsbygda | 147                | 39,0                    | 21,9            | 10,8               | 1169                       | 36                |
| <b>1912</b><br><b>n= 12</b>              | Åsbygda | 148                | 38,0                    | 22,9            | 11,2               | 1188                       | 26                |
| <b>2651</b><br><b>n= 15</b>              | Åsbygda | 158                | 38,8                    | 24,3            | 10,4               | 1285                       | 32                |
| <b>2653</b><br><b>n= 17</b>              | Åsbygda | 153                | 34,5                    | 22,5            | 10,5               | 1105                       | 26                |
| <b>n= antall frøtrær i hvert bestand</b> |         |                    |                         |                 |                    |                            |                   |

Bestemmelse av det enkelte frøtres alder i brysthøyde, ble gjort ved boring med tilvekstbor i brysthøyde. Borprøvene ble lagt i egne lommer av plexiglass for senere bearbeiding og analyse på laboratorium. Diameter i brysthøyde (DBH) med bark ble registrert ved kryssklaving med elektronisk dataklave. Høyden på hvert frøtre, og høyden til nederste friske kvist for beregning av frøtreets kronelengde, ble målt med Vertex II.



**Bilde 3: Registrering av avstander mellom frøtrærne i en av gruppene i bestand 1527.**

Det enkelte frøtres kroneradius ble målt i nordlig, sydlig, vestlig og østlig retning. Dette ble utført ved å måle avstanden fra stammesentrum og ut til lengste grein ved bruk av målebånd. Avstanden mellom hvert tre ble målt med målebånd, likeledes avstanden fra sentrum i hver tregruppe til det enkelte tre (Bilde 3). Vinkelen fra sentrum i gruppene ut til hvert tre ble registrert ved bruk av et 400 graders kompass. Dette for å kunne gjengi trærnes innbyrdes plassering i et kroki (Vedlegg 1). Jorddybden i hver gruppe ble målt på ti tilfeldige steder innenfor gruppa ved hjelp av jordbor med måleverdier for hver femte centimeter.

## **2.4 Innsamling og analyser av stammeskiver og borprøver**

For å kunne beregne diametertilveksten i de forskjellige delene av stammene ble det etter avtale med RASA gitt tillatelse til å felle enkelte av frøtrærne i de registrerte gruppene. Dette arbeidet ble gjort ved hjelp av motorsag i oktober 2008. Ettersom en stor andel av frøtrærne er sagtømmer av god kvalitet, var det greit å holde seg innefor visse rammer når det gjaldt antallet frøtrær som var nødvendig å felle. Det ble derfor besluttet å felle noen frøtrær i ett

bestand i hvert av de to studieområdene. Totalt ble det felt ti trær, fordelt på seks trær i bestand 2653 og fire trær i bestand 1527. Utvelgelsen av frøtrærne ble gjort tilfeldig med bakgrunn i at trærne skulle være representative for frøtregruppen. For hvert frøtre ble tatt en stammeskiveprøve med en bredde på cirka 5 cm ved trehøydene: 0.3, 1.3, 6, 12 og 18 meter. Hver enkelt skive ble etter felling merket på oversiden i nordlig retning. Dette for at himmelretningene skulle kunne skilles fra hverandre ved den senere årringanalysen.

De innsamlede borprøvene og stammeskivene ble oppbevart på fryserom (-18<sup>0</sup>C) for senere bearbeiding og analyser. Før målingene kunne gjennomføres ble stammeskivene først høvlet, og deretter pusset med sandpapir på en pussemaskin. Dette arbeidet ble foretatt i desember 2008. I løpet av januar 2009 ble borprøvene og stammeskivene skannet, hvorpå bildene ble analysert med Windendro programvare på årringlaboratoriet hos Norsk institutt for skog og landskap. Hver stammeskive ble skannet i de fire himmelretningene hver for seg. Etter hver skanning kom det et skjermbilde med et forslag på antallet årringer (senvet) fra margen og ut til siste vekstsesong. Dette anslaget var aldri korrekt, og det måtte derfor korrigeres manuelt om antallet var for få eller for mange. Borprøvene ble før skanning lagt i en blanding av vann, glyserin og teknisk sprit for å oppnå maksimal svelling. Borprøver som manglet marg ble korrigert for manglende alder ved å bruke en transparent med inntegnete normalbredder for årringer. Deretter ble de klargjort ved å bli beskåret med en skalpell på den ene siden, og deretter pusset med sandpapir. Prosedyren for skanning var lik som for stammeskivene. Det er i tilvekstberegningene hos frøtrærne ikke foretatt klimakorreksjoner.

## 2.5 Databehandling

De ulike artene som ble funnet under vegetasjonskartleggingen ble gruppert i fem ulike grupper ut i fra artens omfang. Gruppene var som følger: lavartene i gruppen (lav), furumose (*Pleurozium schreberi*) i (furumose), smyle (*Deschampia flexuosa*) i (smyle), resterende mosearter i (andre moser) og artene i bærlyng (*Vaccinium spp.*) - og røsslyngslekta (*Calluna spp.*) i (lyng).

Nullruteprosenten i hvert bestand ble beregnet ut i fra antall flater à 4m<sup>2</sup> uten planter i forhold til totalt antall takserte flater. For å definere om foryngelsen var tilfredsstillende ble det tatt utgangspunkt i Tabell 5 nedenfor:

**Tabell 5: Nullruteprosent og foryngelsesresultat (Braathe 1966)**

| Nullruteprosent | Foryngelsesresultat |
|-----------------|---------------------|
| 0- 20           | Full tetthet        |
| 21- 40          | God tetthet         |
| 41- 60          | Moderat tetthet     |
| 61- 80          | Underbestokket      |
| 81-100          | Feilslått           |

For å kunne beregne i hvor stor grad foryngelsen og vegetasjonen i nærheten av frøtregruppene var påvirket av frøtrærne, ble frøtregruppene tegnet inn i krokier med målestokk 1:100 (Vedlegg 1). Trærnes plassering er tegnet inn ut i fra deres plassering i grader og avstand fra sentrum i gruppa. Vinklene fra sentrum i frøtregruppa ut til trærne ble omregnet fra 400° til 360° med faktor 9/10. Ut fra sentrum ble det tegnet inn tre sirkler med radius på henholdsvis 3-, 6-, og 9 meter. Dette er lik de avstandene prøveflatene ble lagt. En sirkel med 15 meter radius er ikke vist i krokiene grunnet plassmangel på arket. Det er likevel tatt hensyn til frøtrær som påvirket vegetasjonen og foryngelsen ved denne avstanden i beregningene. Frøtrær merket med grått i Vedlegg 1 er frøtrærne som ble felt som nevnt i (2.4). Arealet av frøtregruppene ble bestemt ved å bruke et arealdiagram med målestokk 1:5000. Dette ble gjort ved å telle antall punkter i diagrammet i forhold til størrelsen på frøtregruppene ut i fra krokiene. Arealet ble deretter regnet om fra målestokk 1:5000 til målestokken på krokiene (1:100). Trærnes kronediameter ble beregnet ut ifra deres gjennomsnittlige kroneradius. Det ble så tegnet rette linjer mellom ytterkantene av kronediameterne. Denne ytterkanten ble definert som et nullpunkt. Deretter ble alle prøveflatene delt inn i ulike grupper etter avstand fra dette punktet. Gruppe 1: <0 meter (innenfor gruppa), gr. 2: 0-3 meter, gr. 3: 3-6 meter og gr. 4: >6 meter.

I formlene nedenfor ble det tatt utgangspunkt i Fitje (1996):

Volumet av frøtrærne ble beregnet med Brantsegs (1967) funksjon for volum for furu med bark,  $d > 10\text{cm}$ :

$$V = -9,9793 + 0,204787 * d^2 + 0,029966 * d^2 * h + 0,003539 * d^2 * k - 0,002918 * d^2 * b$$

V= Volum med bark, liter

$d^2$ = Diameter med bark i cm

h= Trehøyde i meter

k= Kronehøyde i meter

b= Dobbel barktykkelse i mm

Dobbel barktykkelse ble beregnet med funksjon for dobbelt barktykkelse etter Brantseg (1967):

$$b = 2,9571 + 1,1499 * d - 0,7304 * (d/h)$$

b= Dobbel barktykkelse i mm

d= Diameter med bark i cm

h= Trehøyde i meter

Utrekningen av volumet av de ulike trehøydene ble gjort ved å bruke midtflateformelen (Huber`s formel):

$$V = (\pi/4) * d_m^2 * l$$

V= volum

$d_m$ = diameter midt på seksjonen

l= seksjonslengde

For å undersøke fristillingens innvirkning på stammeformen ble det beregnet forholdet mellom diameteren ved 1,3- og 6 meters høyde. Forholdet ved fristilling i 1992 ble sammenlignet med forholdet i 2008.

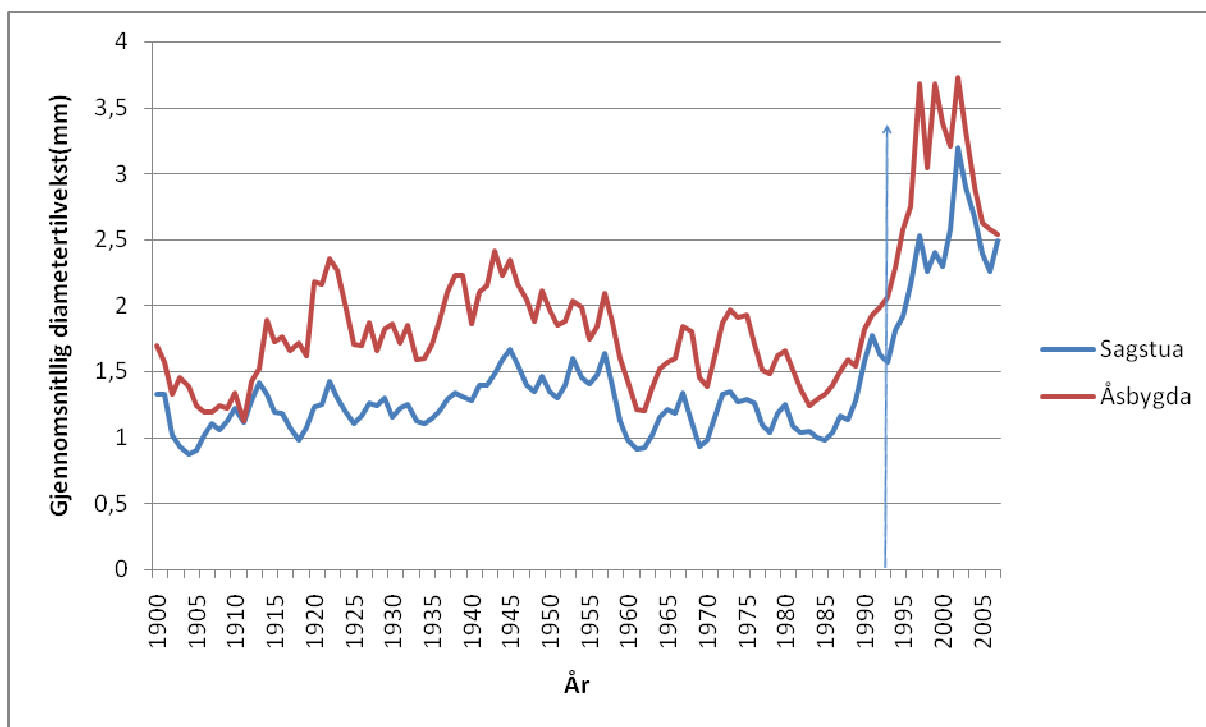
For bestemmelse av kornfordelingen ble jordprøvene analysert på laboratoriet til Institutt for plante- og miljøvitenskap (IPM) ved hjelp av ”pipettemetoden” (Elonen 1971). Det foregår ved at en bruker pipette til uttak av prøver i leire og siltfraksjonen, mens sandfraksjonen blir bestemt ved våtsikting (pers. med. T- Krogstad, professor, IPM, 2009). Jordartene ble deretter

bestemt ved å plote inn prosentandelen av silt, sand og leire ut fra resultatene i kornfordelingsanalysen (Sveistrup 1984).

Statistiske analyser og beregninger ble utført med dataprogrammet SAS JMP 7 (JMP 2002). For å teste tilvekstreaksjon i frøtrærne brukte vi parett-test med gjennomsnittene før og etter hogst. Den samme testen ble brukt for å undersøke avsmalningen. Undersøkelse av sammenhenger mellom sannsynlighet for foryngelse, og ulike avstander til kant og frøtre, ble gjort med logistisk regresjonsanalyse. På grunn av mye ubalanserte data ble variansanalyser utført med GLM (General Linear Models), mens sammenligning av de to områdene og gruppering mht avstand fra gruppesentrum ble gjort med Tukey - Kramer HSD – test. Grupperingen av prøveflatene i ulike avstander fra frøtregruppene førte til at det ble et ulikt antall prøveflater innenfor gruppene. Det ble derfor beregnet et veidd gjennomsnitt (LS-mean) for de variablene som er framstilt i Figur 11-16. Det er brukt et signifikansnivå på 0,05 i alle analyser. Enkle beregninger og figurer ble gjort i Microsoft Excel 2007.

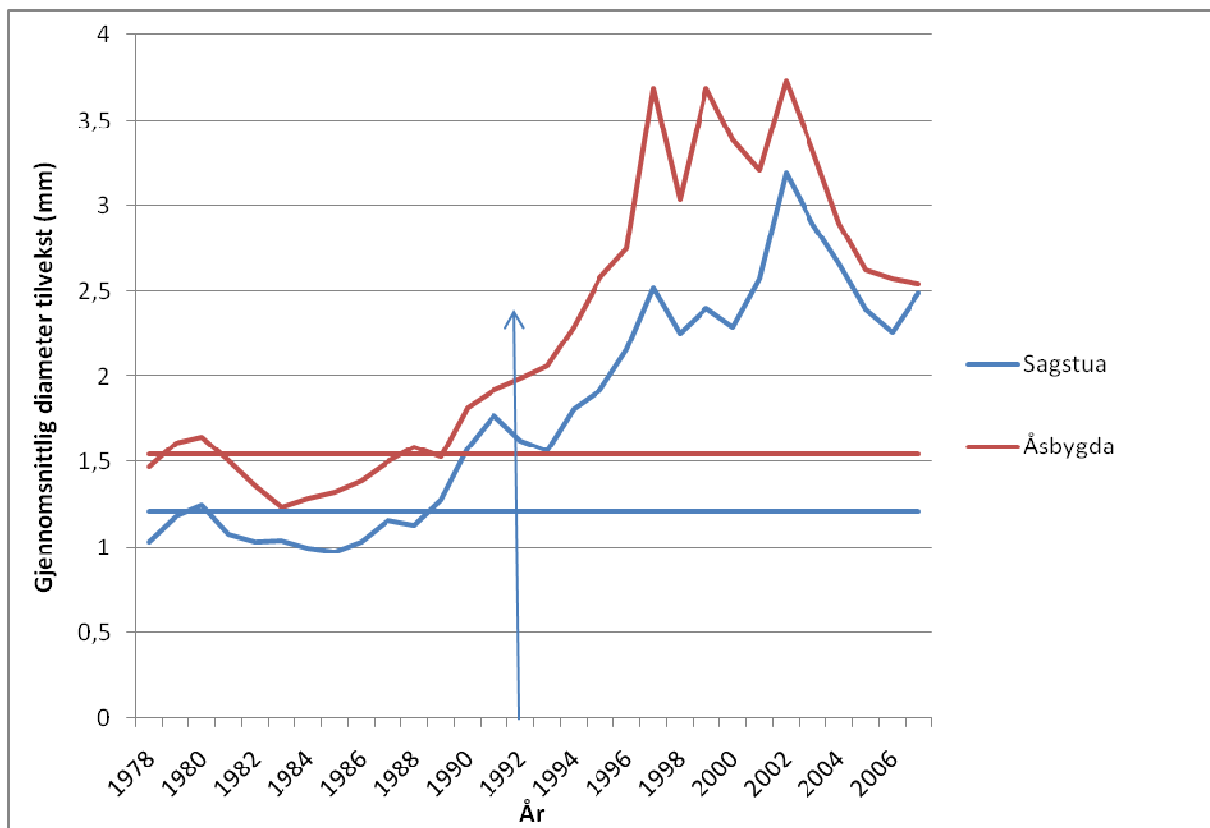
### 3. Resultater

#### 3.1 Frøtrærnes diametertilvekst og volumøkning



Figur 2: Historisk utvikling over diametertilveksten hos frøtrærne i brysthøyde. Pila markerer hogsttidspunktet i 1992.

Den årlige gjennomsnittlige diametertilveksten hos frøtrærne i hvert område er vist i Figur 2. Frøtrærne i de fire bestandene i Åsbygda har hatt en større tilvekst gjennom det siste århundret enn i de tre bestandene ved Sagstua. Trendene i tilvekst fra år til år i de to områdene har vært forholdsvis like. De to områdene har hatt en moderat tilvekstøkning fra cirka 1935 og fram til rundt 1960, for deretter å få en tilvekstreduksjon som stabiliserte seg noe mer i tiden fram til 1985. I årene før fristilling startet en ny tilvekstøkning. Historiske data for tidspunkter for gjennomførte tynninger har ikke vært å oppdrive.



**Figur 3: Gjennomsnittlig tilvekst i brysthøyde hos frøtrærne i hvert av de to områdene 15 år før og 15 år etter hogsttidspunktet i 1992. De vannrette linjene illustrerer gjennomsnittene 15 år før hogst. Hogsttidspunktet er markert med pil.**

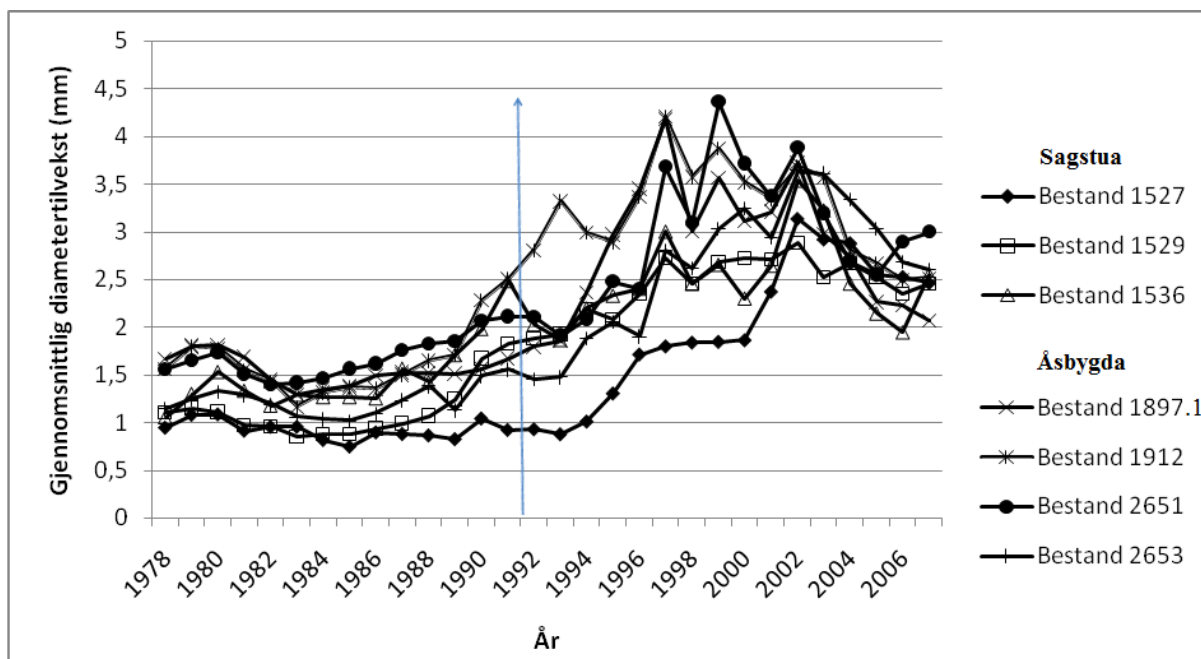
Det har for det enkelte områdes vedkommende vært variasjoner i diametertilvekst mellom de ulike årene. Bestandene i Åsbygda har hatt en høyere tilvekst gjennom hele 30 års perioden enn bestandene ved Sagstua (Figur 3), men forskjellen var ikke signifikant ( $p=0,1266$ ). Ved fristilling økte tilveksten nærmest umiddelbart. Den relative tilveksten i Åsbygda økte mer enn ved Sagstua fem - ti år etter fristilling. For begge områdene var tilveksten om lag fordoblet ti år etter fristilling i forhold til tilveksten ved fristilling. Tilveksten sank deretter i begge områdene, men var etter 15 år fortsatt betydelig høyere enn gjennomsnittet før fristilling. Det var etter hogst signifikant høyere tilvekst i begge områdene ( $p<0,0001$ ). Tilvekstøkningen var ikke signifikant påvirket av verken antall frøtrær i gruppa ( $p=0,5424$ ), avstand til nærmeste nabotre ( $p=0,1644$ ), gjennomsnittlig kroneradius ( $p=0,5054$ ), kronelengde ( $p=0,9341$ ) eller diameter i brysthøyde ( $p=0,5524$ ).

Tabell 6 gir en oversikt over frøtrærnes gjennomsnittlige årlige diametertilvekst 15 år før fristilling, samt den årlige tilveksten fra fristilling og fram til 2007 i de sju bestandene. Den årlige diametertilveksten var høyere i alle bestandene etter fristilling enn i de forutgående 15

årene ( $p < 0,0001$ ). Toppverdiene for årringbredder varierte mellom 2,9- 4,4 mm/år. I bestandene ved Sagstua var tilveksten størst ti år etter fristilling, mens i bestandene i Åsbygda var tilveksten størst noe før. Bestandene ved Sagstua hadde en gjennomsnittlig tilvekstøkning fra 66 til 123 % i 15-årsperioden etter hogst, mens i Åsbygda varierte tilvekstøkningen mellom 76 og 118 %. Det undersøkte antall frøtrær per bestand varierte mellom 12 og 20 (Tabell 6).

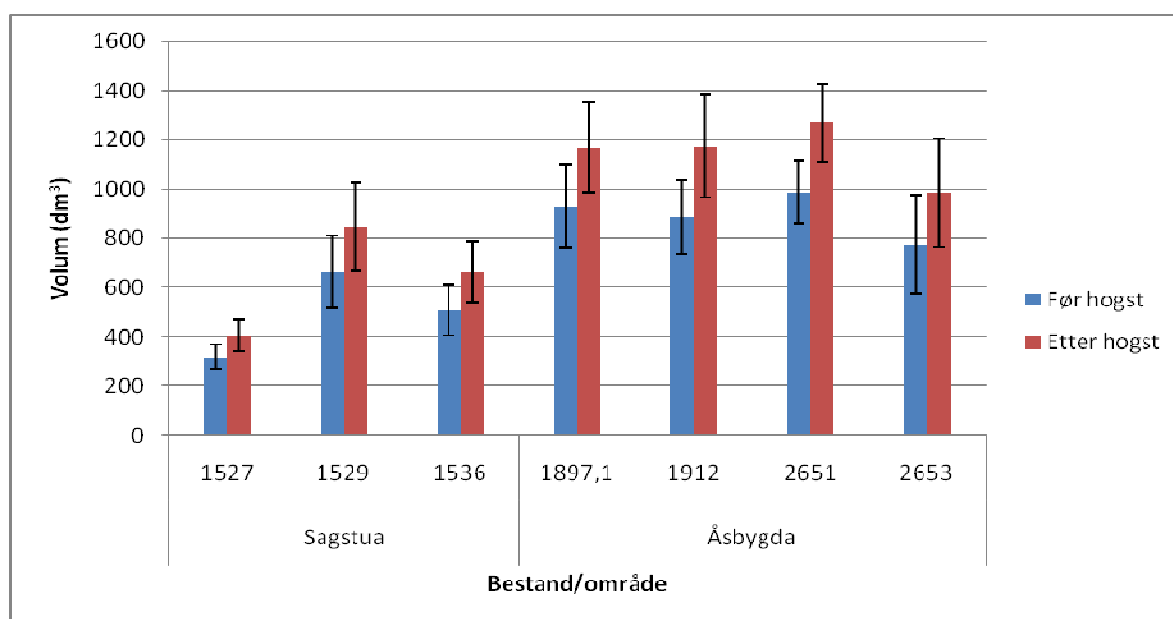
**Tabell 6: Årlig gjennomsnittlig diameter-tilvekst (mm) for frøtrærne fordelt på bestand (1993-2007).**

| Bestandsnr.                                                                                                                                                                       | Gj.snitt<br>1 | -93 | -94 | -95 | -96 | -97 | -98 | -99 | -00 | -01 | -02 | -03 | -04 | -05 | -06 | -07 | Gj.snitt<br>2 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|
| <b>1527</b><br><b>n=18</b>                                                                                                                                                        | 0,9           | 0,9 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 2,4 | 3,1 | 2,9 | 2,9 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,1           |
| <b>σ</b>                                                                                                                                                                          | 0,3           | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,4 | 1,6 | 1,4 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,0           |
| <b>1529</b><br><b>n=18</b>                                                                                                                                                        | 1,2           | 1,9 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 2,7 | 2,5 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,9 | 2,5 | 2,7 | 2,5 | 2,3 | 2,5 | 2,5           |
| <b>σ</b>                                                                                                                                                                          | 0,5           | 1,1 | 1,3 | 1,2 | 1,6 | 1,9 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 1,8 | 0,9 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,5 | 1,1           |
| <b>1536</b><br><b>n=20</b>                                                                                                                                                        | 1,5           | 1,9 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 3,0 | 2,5 | 2,7 | 2,3 | 2,6 | 3,5 | 3,2 | 2,5 | 2,1 | 1,9 | 2,6 | 2,5           |
| <b>σ</b>                                                                                                                                                                          | 0,9           | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 2,0 | 1,2 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 1,3 | 0,5           |
| <b>1897.1</b><br><b>n=16</b>                                                                                                                                                      | 1,6           | 1,8 | 2,4 | 3,0 | 3,4 | 4,2 | 3,0 | 3,6 | 3,1 | 3,2 | 3,7 | 3,0 | 2,7 | 2,3 | 2,2 | 2,1 | 2,9           |
| <b>σ</b>                                                                                                                                                                          | 0,6           | 0,9 | 1,5 | 1,8 | 1,9 | 2,6 | 1,6 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 2,2 | 1,6 | 1,6 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,4           |
| <b>1912</b><br><b>n=12</b>                                                                                                                                                        | 1,7           | 3,3 | 3,0 | 2,9 | 3,4 | 4,2 | 3,6 | 3,9 | 3,5 | 3,3 | 3,7 | 3,6 | 2,8 | 2,7 | 2,5 | 2,5 | 3,3           |
| <b>σ</b>                                                                                                                                                                          | 0,7           | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,6 | 1,3 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,6 | 2,1 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,0           |
| <b>2651</b><br><b>n=15</b>                                                                                                                                                        | 1,7           | 1,9 | 2,1 | 2,5 | 2,4 | 3,7 | 3,1 | 4,4 | 3,7 | 3,4 | 3,9 | 3,2 | 2,7 | 2,6 | 2,9 | 3,0 | 3,0           |
| <b>σ</b>                                                                                                                                                                          | 0,7           | 1,3 | 1,4 | 1,9 | 1,8 | 2,4 | 1,9 | 2,3 | 1,9 | 1,4 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 1,2           |
| <b>2653</b><br><b>n=16</b>                                                                                                                                                        | 1,2           | 1,5 | 1,9 | 2,1 | 1,9 | 2,8 | 2,6 | 3,0 | 3,2 | 2,9 | 3,6 | 3,6 | 3,3 | 3,0 | 2,7 | 2,6 | 2,7           |
| <b>σ</b>                                                                                                                                                                          | 0,6           | 1,0 | 1,3 | 1,4 | 1,2 | 1,7 | 1,5 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1           |
| Gj.snitt 1: Gjennomsnittlig tilvekst 15 år før slutthogst<br>Gj.snitt 2: Gjennomsnittlig tilvekst 15 år etter slutthogst<br>n= antall frøtrær i hvert bestand<br>σ= Standardavvik |               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |               |



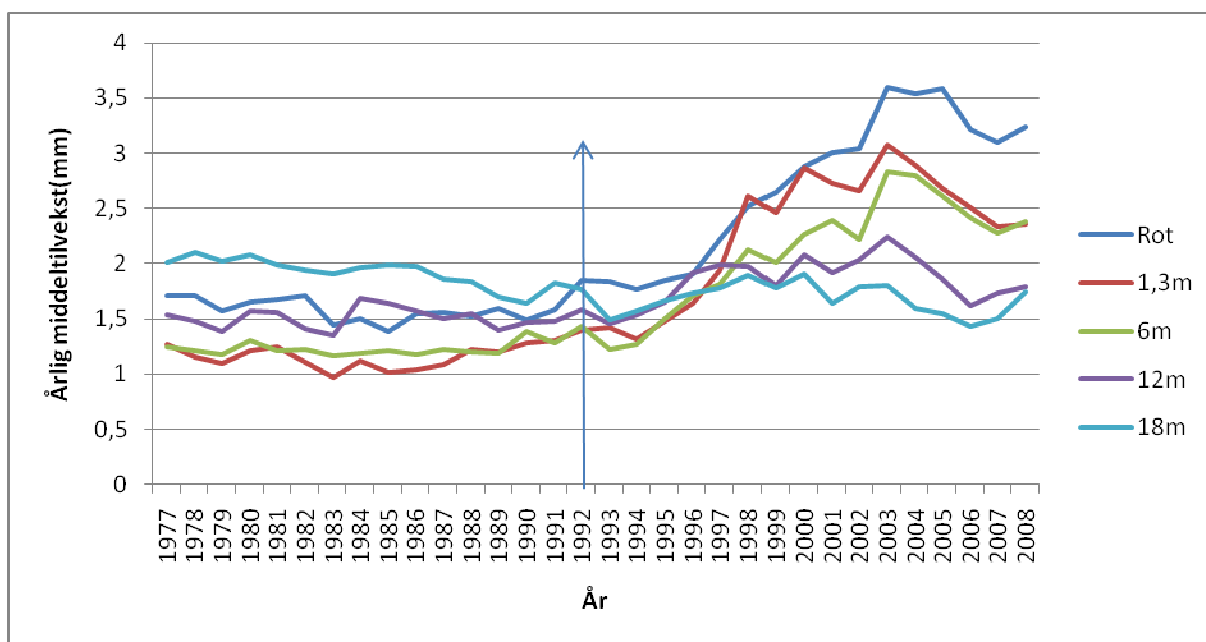
Figur 4: Gjennomsnittlig tilvekst i brysthøyde hos frøtrærne fordelt på hvert enkelt bestand 15 år før og 15 år etter hogsttidspunktet i 1992. Hogsttidspunktet er markert med pil.

Tilveksten i de sju bestandene har vært forholdsvis lik, men enkelte bestand har hatt en raskere tilvekstøkning etter fristilling enn andre (Figur 4). Dette gjelder spesielt bestand 1897.1 som har hatt en rask økning i diameter tilveksten, i motsetning til bestand 1527 som har hatt en langsom økning i tilvekst. I alle bestandene var tilveksten etter fristilling fortsatt høyere enn før hogsttidspunktet, med unntak av bestand 1912 der tilveksten 15 år etter var lavere enn ved fristilling.



Figur 5: Gjennomsnittlig volum per tre i 1992 og i 2008, og standardavvik i de ulike bestandene.

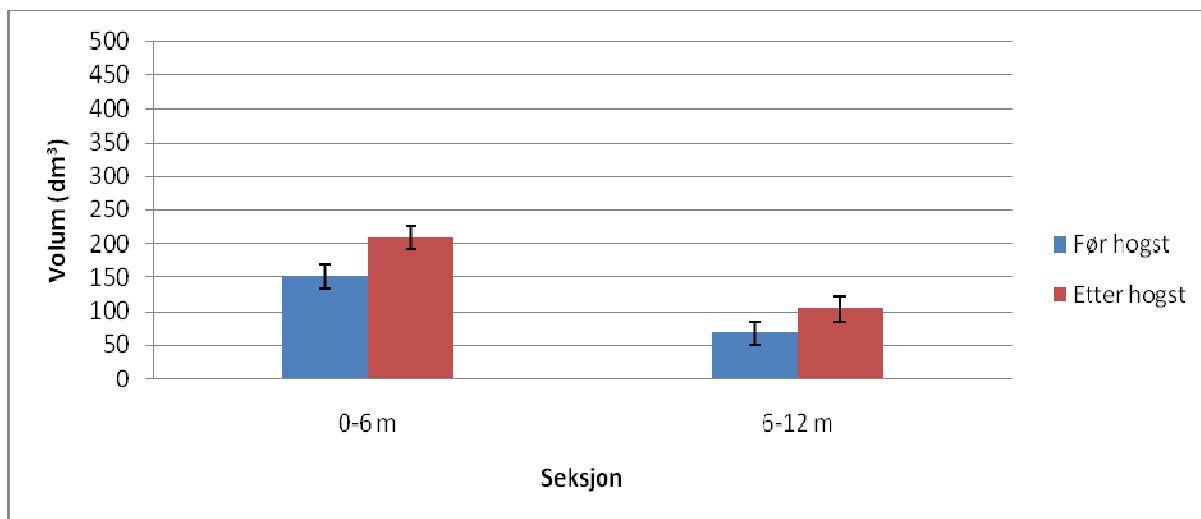
I Åsbygda varierte gjennomsnittsvolumet per tre mellom bestandene fra 868 til 995 dm<sup>3</sup> før hogst, og fra 1106 til 1285 dm<sup>3</sup> etter hogst. Her var spredningen innen bestandene forholdsvis stor. I bestandene ved Sagstua var gjennomsnittsvolumet lavere, og spredningen mellom bestandene var større. Her varierte volumet fra 317 til 664 dm<sup>3</sup> før hogst, og mellom 408 og 847 dm<sup>3</sup> etter hogst (Figur 5). Den prosentvise volumøkningen var relativt lik for alle bestandene og varierte fra 26 til 32 % i Åsbygda, og fra 28 til 30 % ved Sagstua.



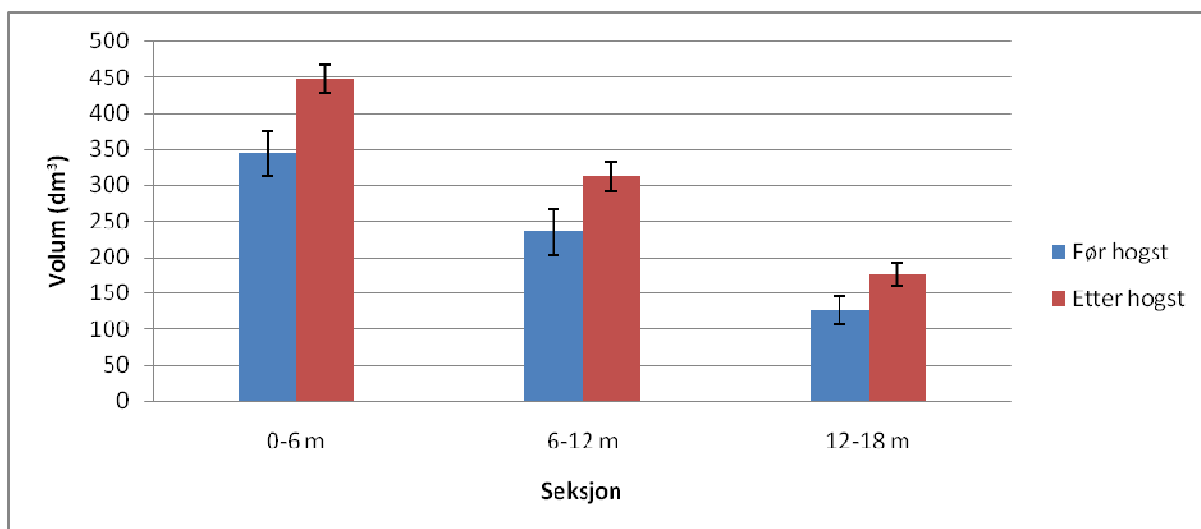
Figur 6: Årlig middeltilvekst i de ulike tredelene 15 år før og 15 år etter fristilling. Pila markerer hogsttidspunktet i 1992.

Tilveksten i de ulike tredelene var forholdsvis lik ved fristilling. Etter fristilling økte tilveksten i alle stammedelene, med unntak av ved 18 meters høyde (Figur 6). Den klart største økningen fant sted i rotenden der tilveksten etter om lag ti år var tilnærmet fordoblet i forhold til ved fristilling. Om lag ti år etter fristilling avtok tilveksten, og i de høyeste delene av treet var tilveksten etter rundt 15 år på nivået som ved fristilling. I de lavere deler av treet var tilveksten derimot fortsatt større. Tilvekstreaksjonen var signifikant høyere fra 6 meter og nedover i stammen, sammenlignet med 12 og 18 meters høyde ( $p < 0,0001$ ). Tilveksten var signifikant høyere etter hogst i alle høydene ( $p < 0,0001$ ) med unntak av ved 18 meter, der tilveksten var signifikant lavere etter hogst ( $p = 0,0119$ ). Trærne ved Sagstua hadde ingen signifikant forskjell i gjennomsnittlig tilvekst før og etter hogst ved 12 meters høyde ( $p = 0,2812$ ). Tilveksten i de ulike himmelretningene ble også undersøkt, men her var det ingen signifikante forskjeller ( $p = 0,5017$ ). Avsmalingen mellom 1,3 og 6 meter varierte fra 0,2 til 0,8 cm/m i 2008, og mellom 0,3 og 0,8 cm/m i 1992. Det var ingen signifikant forskjell mellom

avsmalingen i 1992 og i 2008 ( $p=0,1988$ ), og heller ingen forskjell mellom de to studieområdene ( $p=0,5589$ ). Forholdet mellom brysthøydediameter og høyde ( $h/dbh$ ) var 0,7 m/cm i alle bestandene ved Sagstua. I Åsbygda varierte dette forholdet mellom 0,6 og 0,7.



Figur 7: Volum og standardavvik før og etter hogst i ulike seksjoner av frøtrærne ved Sagstua.



Figur 8: Volum og standardavvik før og etter hogst i ulike seksjoner av frøtrærne i Åsbygda,

Både volum og volumøkning var betydelig større i alle seksjoner hos prøvetrærne fra Åsbygda enn i de fra Sagstua (Figur 7 & 8). Den relative volumøkningen var derimot jevnt over høyere ved Sagstua enn i Åsbygda. Spesielt i seksjonen fra 6-12 meter, der volumet økte med 53 % ved Sagstua og 33 % i Åsbygda.

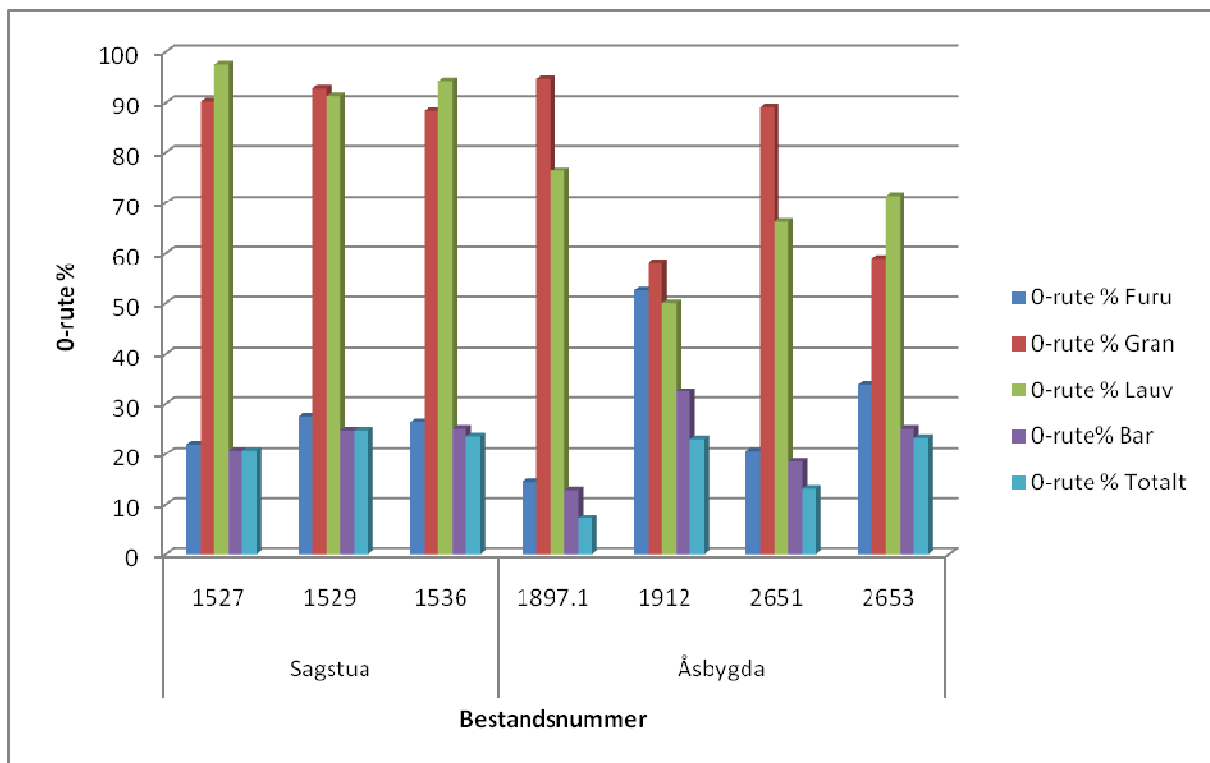
### 3.2 Foryngelsesresultat og nullruteprosent

Tabell 7 gir en oversikt over gjennomsnittshøyden av høyeste furuplante innen hver 4 m<sup>2</sup> sirkelflate, samt høydevariasjonene innenfor hvert av de sju bestandene. Høydespredningen var stor i samtlige bestand. Gjennomsnittshøyden var jevnt over større i bestandene i Åsbygda i forhold til bestandene ved Sagstua. Den største gjennomsnittshøyden ble registrert i bestand 1912 med 266 cm, men her var standardavviket stort. I andre enden finner en bestand 1527 der gjennomsnittshøyden var 150 cm, og her var standardavviket det laveste blant alle bestandene med 115 cm.

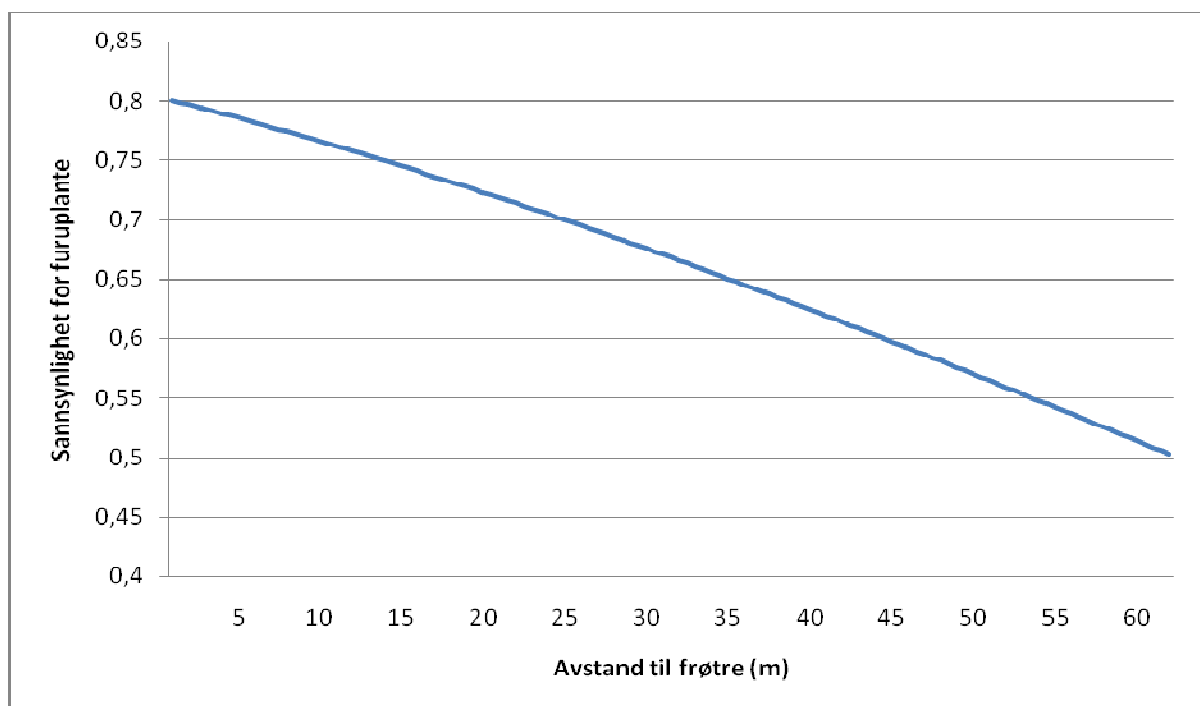
Tabell 7: Bestandsvise data for høyeste furuplante i hver 4 m<sup>2</sup> prøveflate

| Best.nr | Område  | Gj.snittlig høyde (cm) | Stand. avvik høyde (cm) | Min høyde (cm) | Max høyde (cm) |
|---------|---------|------------------------|-------------------------|----------------|----------------|
| 1527    | Sagstua | 150                    | 115                     | 11             | 480            |
| 1529    | Sagstua | 188                    | 186                     | 11             | 770            |
| 1536    | Sagstua | 159                    | 131                     | 14             | 550            |
| 1897.1  | Åsbygda | 169                    | 115                     | 24             | 450            |
| 1912    | Åsbygda | 266                    | 176                     | 17             | 570            |
| 2651    | Åsbygda | 214                    | 131                     | 16             | 480            |
| 2653    | Åsbygda | 208                    | 141                     | 21             | 580            |

Andelen nullruter for furu var relativt lav med en variasjon i nullruteprosenten fra 15- 34 % i seks av sju bestand (Figur 9). Unntaket var bestand 1912 som hadde en nullruteprosent for furu på 53 %. Dette bestandet hadde imidlertid den laveste nullruteprosent både for lauv og gran, og dermed likevel en forholdsvis lav nullruteprosent totalt sett. I bestandene ved Sagstua var andelen nullruter for lauv og gran høyere enn for bestandene i Åsbygda.



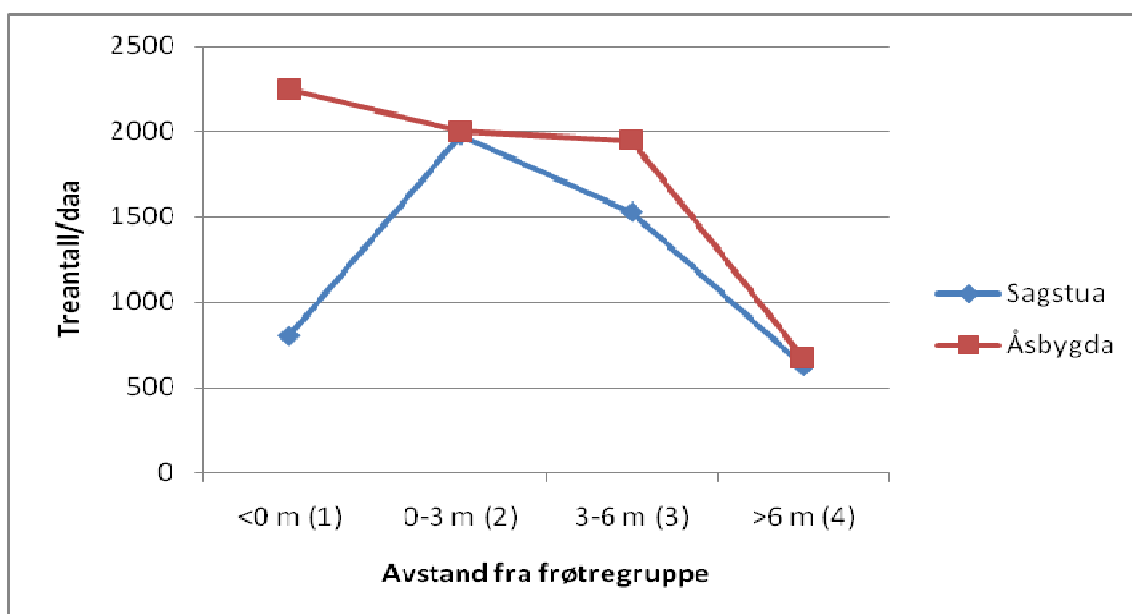
Figur 9: Nullruteprosenten i de ulike bestandene fordelt på furu, gran og lauv, barplanter totalt, og total nullruteprosent.



Figur 10: Sannsynligheten for furuforyngelse med økende avstand fra frøtre.

Det var signifikant sammenheng mellom sannsynligheten for å finne minst en furuplante i 4m<sup>2</sup> ruta og avstand til frøtre ( $p=0,0026$ ), men ikke med avstand til kant ( $p=0,4447$ ). Sannsynligheten for å få opp foryngelse i ulike avstander fra frøtre er vist i Figur 10. Den reduseres fra nærmere 80 % helt inntil frøtreet til om lag 50 % når avstanden øker til 60 meter. Kurven blir noe brattere ettersom avstanden øker. Ved 25 meters avstand (en trelengde) er sannsynligheten for foryngelse fortsatt cirka 70 %.

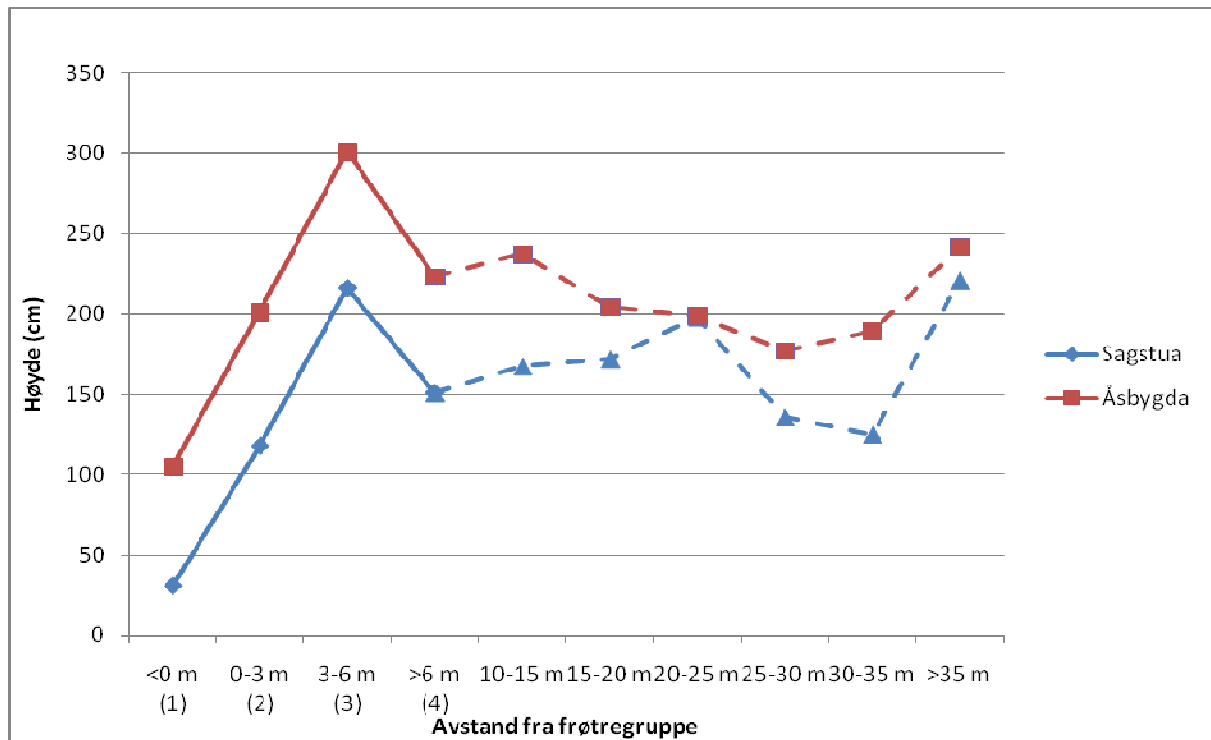
### 3.3 Frøtregruppens påvirkning på foryngelsen og vegetasjonen



Figur 11: Veid gjennomsnitt av antall furuplanter i ulike avstander fra frøtregruppe i de to områdene.

Frøtregruppens påvirkning på foryngelsen var noe ulik i de to områdene. I Åsbygda var antallet furuplanter størst innenfor frøtregruppa. Ut til seks meters avstand fra frøtregruppa var planteantallet forholdsvis stabilt, før antallet sank betydelig når avstanden økte utover seks meter (Figur 11). Ved Sagstua var trenden noe annerledes. Her var planteantallet betydelig lavere innenfor frøtregruppa. I avstand 0-3 meter fra frøtregruppa økte derimot antallet betraktelig. Når avstanden økte ytterligere var trenden jevnt avtagende med økende avstand utover, på linje med resultatet fra Åsbygda. Avstand fra frøtregruppe hadde signifikant påvirkning på planteantallet ( $p=0,007$ ). Mellom områdene var det bare signifikant forskjell i

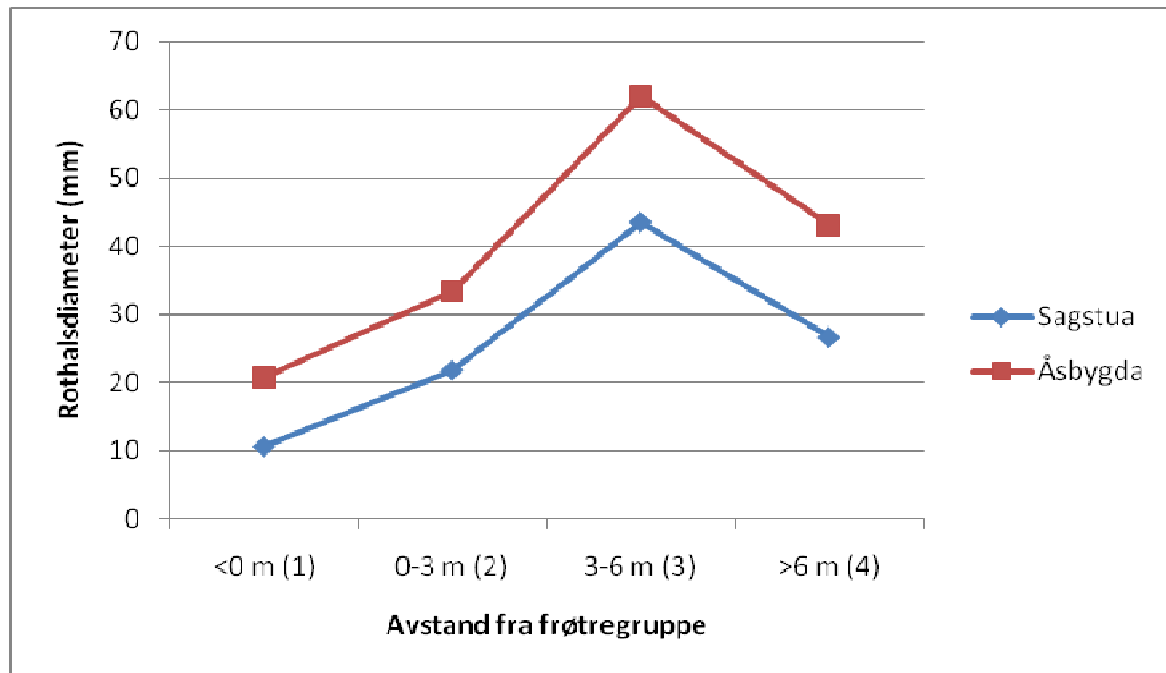
planteantallet inne i frøtregruppa ( $p=0,038$ ). For begge områdene samlet, var det signifikant høyere planteantall ved avstandene  $<0$  og 0-3 meter enn ved  $>6$  meter. Ved Sagstua var planteantallet signifikant høyere ved 0-3 meter avstand enn inne i frøtregruppa, og ved avstand  $>6$  meter. Planteantallet i Åsbygda var signifikant høyere inne i frøtregruppa enn ved avstander  $>6$  meter.



**Figur 12:** Veid gjennomsnittlig høyde på høyeste furuplantene i ulike avstander fra frøtregruppa i de to områdene. Data fra (1) til (4) stammer fra transektene lagt ut i fra sentrum av frøtregruppa. Data fra (10-15 m) til ( $>35$  m) er hentet fra linjetaksten.

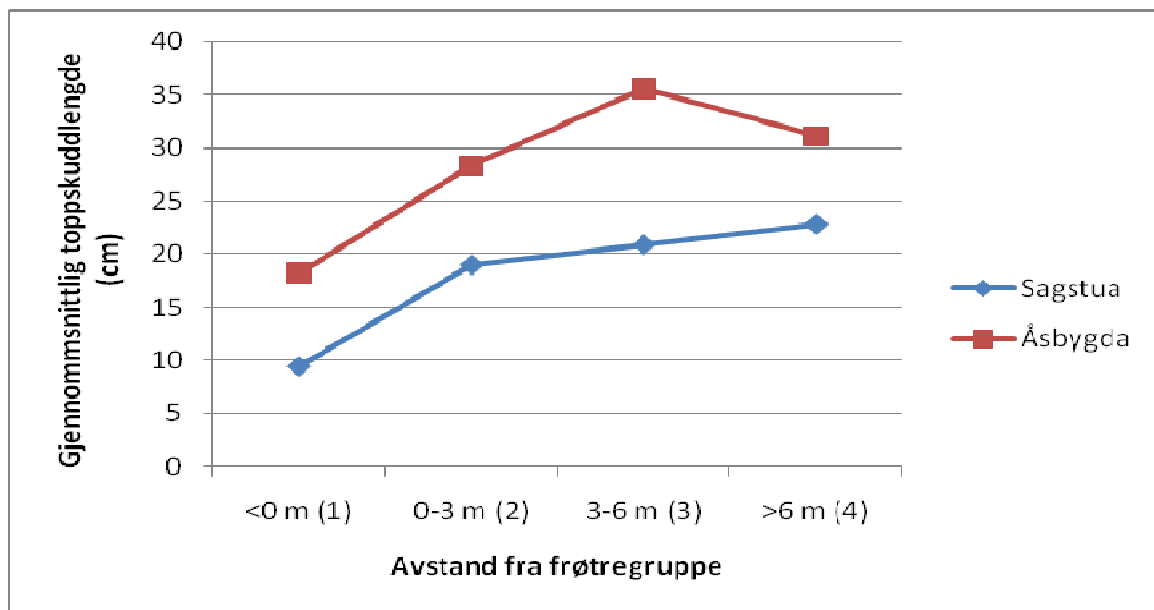
Høyden på furuplantene var i stor grad påvirket av avstanden fra gruppekanten i begge områdene (Figur 12). Grafene viser en forholdsvis lik høydeutvikling i begge områdene, men høyden i Åsbygda er forholdsvis mye større allerede ved avstand  $<0$  meter. Høyden økte gradvis med økende avstand fra gruppekanten ut til seks meter. Her nådde plantehøyden sitt maksimum i begge områdene med henholdsvis cirka 280 cm i Åsbygda og cirka 210 cm ved Sagstua. Ved avstander utover seks meter så det ut til at høyden var mer jevn i begge områdene. Det var signifikant forskjell mellom plantehøyden ved Sagstua og i Åsbygda ( $p<0,0001$ ). Plantehøyden var også signifikant påvirket av avstanden fra frøtregruppa ( $p<0,0001$ ). For begge områdene sett under ett var plantene ved avstand 3-6 meter signifikant høyere enn ved  $<0$  og 0-3 meter. Inne i gruppa var plantene signifikant lavere enn i alle avstander utenfor. Dette gjaldt også begge områdene hver for seg. Data fra linjetaksten

viste at høyden ikke var signifikant påvirket av avstand fra frøtre ( $p=0,2725$ ) eller frøbærende kant ( $p=0,1102$ ), men forskjellen mellom områdene var signifikant ( $p=0,0459$ ).



**Figur 13: Gjennomsnittlig rothalsdiameter på høyeste furuplante med ulik avstand fra frøtregruppa i de to områdene.**

Den gjennomsnittlige rothalsdiameteren hos furuplantene følger som vist i Figur 13 de samme trendene som gjennomsnittshøyden (Figur 12). Dette er ikke veldig overraskende da det som oftest er en klar sammenheng mellom rothalsdiameter og høyde på furuplantene. Forskjellen mellom områdene var signifikant ( $p=0,0017$ ). Rothalsdiameteren var signifikant påvirket av avstand til frøtregruppa ( $p=<0,0001$ ). 3-6 meter fra frøtregruppa var rothalsdiameteren signifikant større enn ved <0 meter og 0-3 meter, for områdene sett under ett. Inne i frøtregruppa var rothalsdiameteren signifikant lavere enn ved alle avstander utenfor. Ved Sagstua var rothalsdiameteren signifikant større ved 3-6 m enn <0. I Åsbygda var rothalsdiameteren signifikant lavere ved <0 m enn ved 3-6 m og >6 m.



Figur 14: Veid gjennomsnitt av de høyeste furuplantenes gjennomsnittlige toppskuddlengde (siste 3 år) i ulike avstand fra frøtregruppa i de to områdene.

Trenden i de to områdene også når det gjelder høydertilveksten, er at den generelt var høyere i Åsbygda enn ved Sagstua (Figur 14). I begge områder var det en svak, jevn økning med økende avstand fra frøtregruppa. Toppskuddlengden var signifikant større i Åsbygda enn ved Sagstua ( $p < 0,0001$ ), og var også påvirket av avstanden fra frøtregruppa ( $p < 0,0001$ ). I begge områdene sett under ett var toppskuddlengden signifikant lavere inne i frøtregruppa enn utenfor. Dette var også tilfelle for begge områdene hver for seg.



**Bilde 4: Eksempel på sterilzone inne i en av frøtregruppene.**

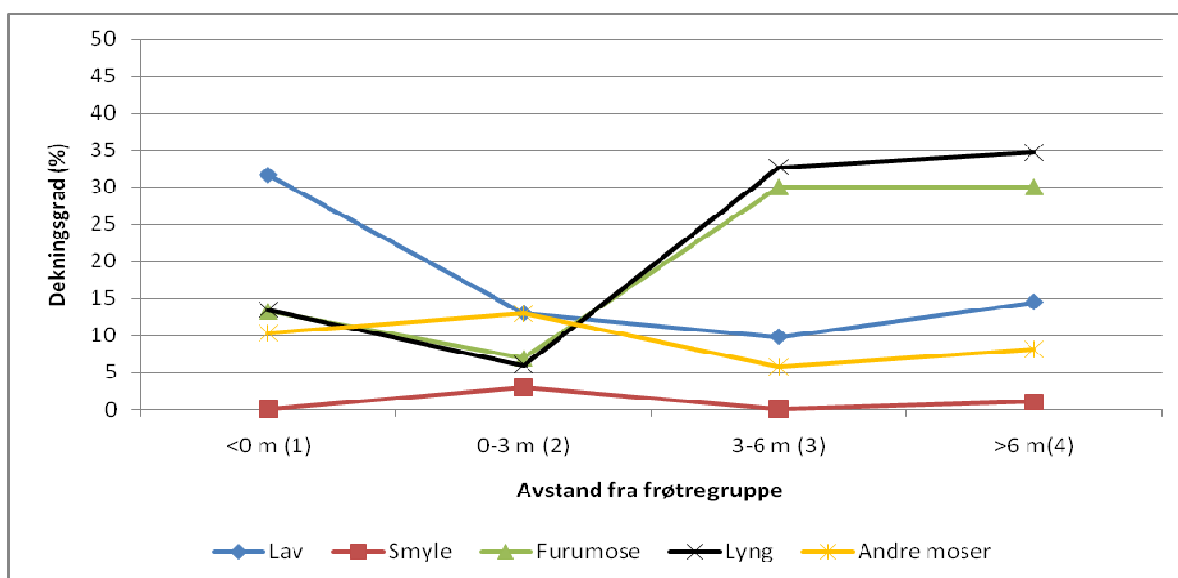
I Tabell 8 er det gitt en oversikt over de ulike artenes dekningsgrad i de sju bestandene. Vegetasjonstypen var bærlyngskog (*Vaccino- Pinetum*, *Calamagrostio lapponicae*) i alle bestandene. I feltsjiktet dominerte artene tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*) og blåbær (*Vaccinium myrtillus*) i samtlige bestand. Spesielt i bestandene ved Sagstua var det også et betydelig innslag av røsslyng (*Calluna vulgaris*). I bunnsjiktet dominerte furumose av moseartene i samtlige bestand, mens blant lavartene var det grå reinlav (*Cladonia rangiferina*) som hadde størst dekningsgrad. Særlig gjaldt dette bestandene ved Sagstua, ettersom de mest vanlige lavartene var fraværende i bestandene i Åsbygda (Lye & Watson 1968; Lid & Lid 2005; Holien & Tønsberg 2006). Bilde 4 viser et eksempel på hvordan sterilsonen inne i en av frøtregruppene hindrer veksten hos foryngelse og vegetasjon.

Tabell 8: Ulike arters dekningsgrad (%) i de sju bestandene.

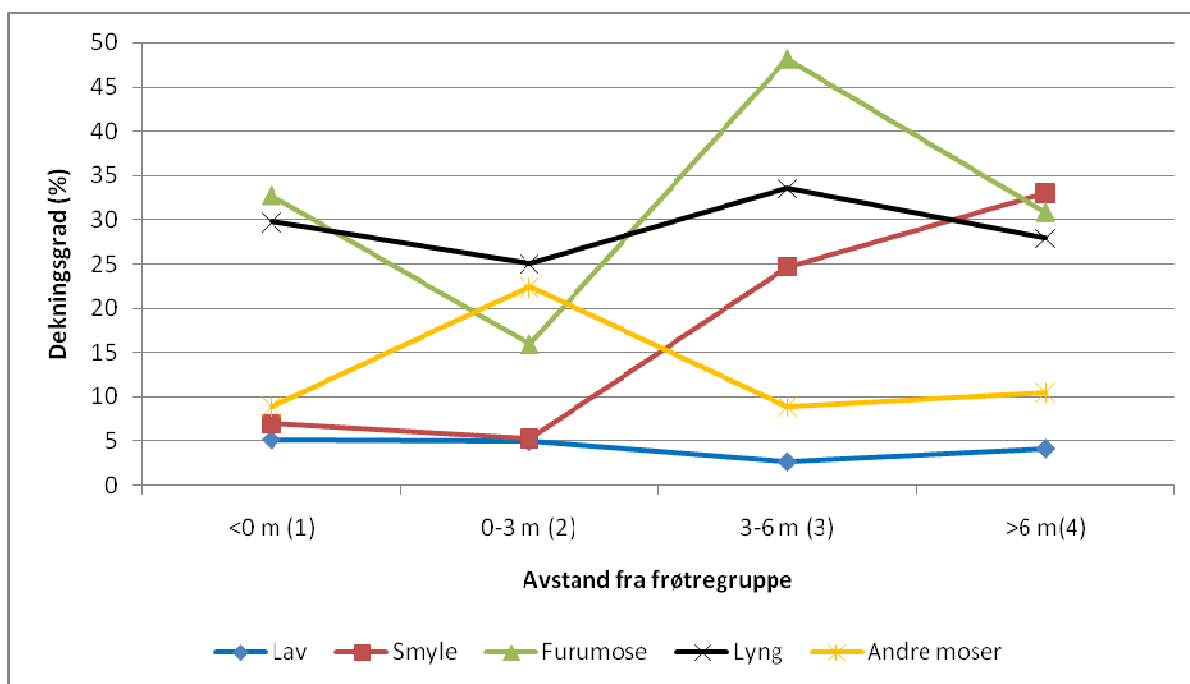
| Arter                                          | 1527 | 1529 | 1536 | 1897.1 | 1912 | 2651 | 2653 |
|------------------------------------------------|------|------|------|--------|------|------|------|
| <b>Feltsjikt</b>                               |      |      |      |        |      |      |      |
| Furu ( <i>Pinus Sylvestris</i> )               |      | 0,8  |      | 0,3    | 0,1  | 0,6  | 0,5  |
| Gran ( <i>Picea Abies</i> )                    |      |      |      |        | 0,1  |      | 0,1  |
| Tyttebær ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> )      | 9,0  | 10,5 | 8,2  | 15,8   | 16,5 | 24,5 | 15,8 |
| Blåbær ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )          | 5,3  | 6,5  | 3,0  | 7,0    | 13,6 | 7,1  | 8,8  |
| Blokkebær ( <i>Vaccinium uliginosum</i> )      | 0,1  |      |      |        |      |      |      |
| Røsslyng ( <i>Calluna vulgaris</i> )           | 2,5  | 6,2  | 8,2  | 2,5    |      | 2,6  | 1,3  |
| Krekling ( <i>Empetrum nigrum</i> )            |      |      | 0,4  |        |      |      |      |
| Bringebær ( <i>Rubus idaeus</i> )              |      |      |      | 0,2    | 0,2  |      |      |
| Stormarimjelle ( <i>Melampyrum pratense</i> )  |      |      |      |        | 0,1  |      |      |
| Hårfrytle ( <i>Luzula pilosa</i> )             |      |      |      |        | 0,2  |      |      |
| Smyle ( <i>Deschampia flexuosa</i> )           | 0,2  | 0,5  |      | 8,8    | 23,3 | 8,1  | 16,5 |
| Skogstjerne ( <i>Trientalis europaea</i> )     |      |      |      |        |      | 0,3  |      |
| Skogsnelle ( <i>Equisetum sylvaticum</i> )     |      |      |      |        |      | 0,1  |      |
| Fingerstarr ( <i>Carex digitata</i> )          |      |      |      |        |      | 0,1  |      |
| <b>Bunnsjikt</b>                               |      |      |      |        |      |      |      |
| Furumose ( <i>Pleurozium schreberi</i> )       | 10,5 | 29,9 | 14,8 | 34,1   | 35,1 | 34,3 | 25,6 |
| Sigdmose ( <i>Dicranum spp.</i> )              | 3,7  | 8,6  | 6,8  | 7,2    | 5,3  | 5,6  | 7,9  |
| Bjørnemose ( <i>Polytrichum spp.</i> )         | 0,4  |      |      | 0,8    | 0,9  | 0,2  | 0,1  |
| Etasjemose ( <i>Hylocomium splendens</i> )     | 0,1  | 4,8  | 3,9  | 4,0    | 7,2  |      |      |
| Torvmose ( <i>Sphagnum spp.</i> )              |      |      |      |        | 0,6  | 2,0  |      |
| Fjærmose ( <i>Ptilium crista- castrensis</i> ) |      |      | 0,2  | 0,6    |      | 0,5  |      |
| Lys reinlav ( <i>Cladonia arbuscula</i> )      | 4,5  | 2,6  | 2,1  | 0,2    |      |      |      |
| Grå reinlav ( <i>Cladonia rangiferina</i> )    | 26,9 | 12,3 | 8,5  | 0,2    | 0,7  |      |      |
| Islandslav ( <i>Cetraria islandica</i> )       | 0,0  | 0,3  | 9,5  | 0,2    |      |      |      |
| Kvitkrull ( <i>Cladonia stellaris</i> )        | 3,5  |      | 0,6  | 0,1    |      | 0,4  | 0,7  |
| Blomsterlav ( <i>Cladonia bellidiflora</i> )   | 0,1  |      |      |        |      |      |      |
| Begerpiggjav ( <i>Cladonia amaurocraea</i> )   | 1,3  | 4,2  | 0,8  | 1,3    | 3,8  | 3,6  | 2,3  |
| Piggjav ( <i>Cladonia uncialis</i> )           |      |      |      | 0,1    |      | 0,1  |      |
| Skogsyl ( <i>Cladonia cornuta</i> )            | 0,7  | 1,7  | 1,2  | 0,3    | 1,8  | 1,5  | 0,9  |

Dekningsgraden av ulike typer vegetasjon varierte både innenfor, og i ulike avstander fra frøtregruppene. Figur 15 og 16 viser dekningsgraden av de ulike gruppene (lav, smyle, furumose, andre moser, lyng) i de to studieområdene. Den største forskjellen mellom områdene var dekningsgraden av smyle og lav. I bestandene ved Sagstua var dekningen av smyle svært liten ved alle avstander fra frøtregruppa, mens den i Åsbygda økte betraktelig med økende avstander utenfor gruppa ( $p=0,0045$ ). Dekningsgraden av smyle var totalt sett større i Åsbygda ( $p=0,0032$ ). Den prosentvise dekningen av lav var signifikant større i bestandene ved Sagstua enn i Åsbygda ( $p=0,0156$ ). Ved Sagstua var dekningsgraden av lav innenfor frøtregruppa signifikant mye høyere enn i Åsbygda ( $p=0,0325$ ). Utenfor frøtregruppa var dekningsgraden forholdsvis jevn ved ulike avstander i begge områder. Når det gjelder

lyng var det ingen signifikant forskjell mellom områdene. I Åsbygda var dekningsgraden stort sett lik for alle avstander, mens det ved Sagstua var en betydelig økning fra tre meter og utover fra frøtregruppa ( $p=0,0077$ ). For dekningsgraden av furumose og andre moser var det ingen signifikant påvirkning av verken område ( $p=0,1488$ ), eller avstand fra frøtregruppa, men for furumose var det en tendens til økende dekningsgrad med økende avstand ( $p=0,0542$ ).



Figur 15: Prosentvis dekning av vegetasjonsgruppene ved ulike avstand fra frøtregruppe ved Sagstua.



Figur 16: Prosentvis dekning av vegetasjonsgruppene ved ulike avstand fra frøtregruppe i Åsbygda.

## 4. Diskusjon

### 4.1 Furuas vindstabilitet og risikoen for vindfellinger

Ved foryngelse av furu med frøtrær er risikoen for vindfellinger et av hovedproblemene som kan føre til at strategien mislykkes. Vindforholdene i skogen beskrives gjennom vindfrekvens, vindstyrke og vindretning (Børset 1985). I skogbruket er både herskende - og farlig vindretning viktig. Farlig vindretning er den som oftest fører til vindfall, og den er svært avhengig av topografien i området. Vindhastigheten i skogen øker ganske raskt fra jordoverflaten og oppover, men i ensjiktete bestand er vindhastigheten noenlunde konstant i det sjiktet som ligger mellom bakkenivå og trekronene. Ensiktig, sterk og vedvarende vind kan i stor grad påvirke trærnes formvekst og utvikling. Dette vil føre til at stammetverrsnittet ofte blir ovalt og at margen blir liggende eksentrisk. Stammene vil bli skjeve, og det dannes tennarved (Børset 1985). Økt vindhastighet vil også gi større press på den nedre delen av stammen, og treet vil derfor kompensere med økt vekst i de nedre delene. En annen grunn til at avsmalningen blir dårligere er at dette kan være den beste metoden for å nyttegjøre seg av den økte tilgangen på næringsstoffer treet vil få ved fjerning av konkurrerende trær (Holgøn et al. 2003). Kroneformen påvirkes både av vindretning og vindstyrke, og formes ofte sterkt av ensiktig vind. Vinden kan påvirke høydetilveksten til trærne, og undersøkelser har vist at randtrær er lavere enn trær inne i et sluttet bestand, noe som i første rekke skyldes vinden (Børset 1985).

Skogens stabilitet mot stormskader påvirkes i stor grad av egenskaper ved voksestedet som vind, jorddybde, terrengforhold og beliggenhet (Hånell & Ottosson-Löfvenius 1994; Solberg et al. 2008). Den påvirkes også til dels av egenskaper som enkelt-treets stabilitet og bestandets sosiale stabilitet. Trær med høy enkelttre- stabilitet kjennetegnes ved lavt h/d - forhold, stort rotsystem og lang krone. Bestand med høy sosial stabilitet har et lukket kronetak, samt at trærne gir gjensidig støtte til hverandre og den totale rotforankringen er stor (Solberg et al. 2008). For å gjøre bestand mer stormfaste kan en forberede trærne på fristilling allerede i ungdomsfasen gjennom avstandsreguleringer, og senere gjennom tynninger og forberedelseshogster (Örlander 1995; Solberg et al. 2008). Hånell & Ottosson-Löfvenius (1994) sine undersøkelser i skjermstillinger av gran viste at utformingen av skjermen gjennom størrelse og tetthet hadde innvirkning på antallet vindfellinger, samtidig som utformingen av nabobestand kunne påvirke antallet i stor grad.

Risikoen for vindfellinger øker med økt høyde på frø - og skjermtrær (Örlander 1995). Peltola et al. (2000) utførte forsøk med nedvinsjing av furu på podsol- jord i Finland på frosset og ufrosset mark. Resultatene viste at rotvelter forekom hyppigere på ufrosset mark, mens på frosset mark fikk samtlige prøvetrær brudd i stammen ved <10 % av trehøyden. Dette tyder på at stresset er størst i nedre deler av stammen. Betydningen av rotdybde var større enn rotvidden med hensyn på kraften som skulle til for velte trærne. Denne kraften økte ved økende diameter for en gitt høyde. Stor avsmalning hadde bedre sammenheng med brudd enn rotvelt. Undersøkelser gjort i et utvalg svenske furuskjerner (Örlander 1995), viste at 27 % av skjermtrærne ble stormfelt under en ti - års periode. Stormfellingsfrekvensen var høyest de første årene etter fristillingen, og etter fem år hadde cirka 70 % av stormfellingene skjedd. Først etter cirka ti år virket skjermtrærne å være stabiliserte. Det var ingen tydelige effekter av jordart eller markfuktighet på stormfellingsfrekvensen, men skjerner på flat mark blåste ned i større omfang enn skjerner på høyder og i kupert terreng. Det er mulig at trær i kupert områder og på høyder stormherdes allerede før fristillingen. En annen forklaring er at furuas rotsystem var grunnere på flat mark enn på høyder og i kupert terreng (Örlander 1995). Hagner (1962) konkluderte også med at vindskadene i granskjerner så ut til å bli særlig store på flate, finjordsrike og fuktige marker der trærnes rotsystem er grunt. Örlander (1995) sine forsøk viste at risikoen for vindfellinger var 50-100 % høyere i granskjerner enn i furuskjerner.

Antallet vindfall som ble registrert i de ulike bestandene i denne oppgava varierte relativt mye (Tabell 1). Det ble i registreringsarbeidet ikke tatt hensyn til de vindfelte trærnes plassering i frøtregruppene. Derfor kan det ikke fastslås om vindfallfrekvensen var større i ytterkant av frøtregruppene i forhold til inne i gruppene, eller om utformingen av frøtregruppene har hatt noen innvirkning. Med hensyn til at risikoen for vindfellinger vil kunne øke hvis nabobestand blir avvirket, er dette ikke registrert i undersøkelsene, men dette kan ha hatt innvirkning på antallet. I bestandene i Åsbygda var det ingen vindfall, med unntak av bestand 2651 som hadde 0,25 vindfellinger/dekar. Terrenget i dette bestandet var relativt flatt, og marka var noe mer fuktig enn i de tre andre bestandene. Samtidig var arealet på bestandet klart større enn de andre, noe som kan ha medført at fristillingen har gitt økt vindhastighet. Ved Sagstua varierte antallet vindfall med 0,16 vindfellinger/dekar i bestand 1527, til 1,0 vindfellinger/dekar i bestand 1529 og 1536. Ettersom disse to bestandene ligger høyere i terrenget, og på mer åpne

plataer enn 1527 som ligger mer beskyttet for vinden, vil den sørlige herskende vindretningen kunne hatt større påvirkning. Frøtrærne i bestandene ved Sagstua hadde både noe høyere h/d-forhold og gjennomsnittlig kortere kroner enn de i Åsbygda. Dette tyder på at stabiliteten til enkelt- treet var dårligere i bestandene ved Sagstua, og det kan være en forklaring på den høyere vindfellingsfrekvensen.

#### **4.2 Frøtrærnes diameter- og volumtilvekst etter fristilling**

Sammenlignet med tilveksten i 15-årsperioden før hogst, økte tilveksten i 15-årsperioden etter hogst i gjennomsnitt med over 60 % (Figur 3). Den største diameter-tilveksten ble registrert fem-ti år etter fristillingen. I denne perioden var tilveksten hos frøtrærne i flere av bestandene mer enn fordoblet i forhold til nivået før fristillingen. Dette samsvarer med flere undersøkelser som er gjort på fristilling av frøtrær av furu i Norden. Niemistö et al. (1993) sine undersøkelser fra Finland viste at økningen i tilvekst hos frøtrærne startet omtrent tre år etter fristilling, og i løpet av 15 år økte volumtilveksten per år nærmest til det dobbelte. Fremming & Økseter (2003) studerte tilvekst hos furu i Østerdalen. De fleste frøtrærne hadde hatt en stor tilvekstøkning i en 15 års periode med toppverdier for årringbredder på 2-2,8 mm/år i femårsperioder. Etter denne fristillingsreaksjonen hadde tilveksten oftest gått tilbake til verdiene før fristilling fulgt av en langsomt synkende tendens ned til 0,2-0,5 mm/år de siste ti år for fem av seks trær. Karlsson (2006) sine undersøkelser av furu på lavproduktiv mark i Midt- Sverige, viste at etter fristillingshogst økte de fristilte frøtrærne diameter-tilveksten i brysthøyde med 300 % på fire år sammenlignet med ikke fristilte kontrolltrær.

For samtlige bestand, med unntak av bestand 1912, var tilveksten 15 år etter hogst fortsatt større enn tilveksten ved fristilling i 1992. Dette indikerer en langvarig positiv effekt på diameter-tilveksten. Ettersom det ikke er foretatt klimakorreksjoner vil dette ha kunnet påvirket tilveksten fra år til år. Et vekslende klima vil påvirke tilveksten både i det enkelte år og ofte gjennom en lengre periode (Skoklefall 1995), ettersom diameter-tilveksten er sterkt korrelert med årets klima, dvs. sommertemperaturen. Når trærne vokser på svært grunn jord, som i enkelte av bestandene som ble undersøkt i denne oppgaven, er diameter-tilveksten svært følsom overfor klimatiske faktorer (Børset 1985). Den store tilvekstøkningen hos frøtrærne i gruppene etter hogst antas allikevel hovedsakelig å være en reaksjon på fristillingen. I reaksjonsdyktig skog ser det derfor ut til at frøtrærne kan overholdes i lang tid uten at

vitaliteten svekkes. Med økende høyde og tetthet på foryngelsen må en imidlertid anta at enkelttrærnes tilvekst etter hvert reduseres (Skoklefald 1995). Den sterke tilvekstøkningen opphørte etter om lag 10-12 år i våre undersøkelser, noe som underbygges av Nyblom (1927) sine resultater hvor den sterke tilvekstreaksjonen hos frøtrærne opphørte etter 12-13 år.

Hogstinnngrepet førte til en rask tilvekstreaksjon som startet for fullt cirka tre år etter fristilling. Hvis en sammenligner de to områdene (Tabell 6) vil en se at den gjennomsnittlige tilveksten etter fristilling har vært noe større i de fire bestandene i Åsbygda. Antallet frøtrær i de registrerte gruppene varierte fra 3-14 trær. Likevel var det gjennomsnittlige frøtreantallet i de to områdene forholdsvis likt, men noe høyere i bestandene ved Sagstua (Tabell 3). Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i tilvekst i forhold til antallet frøtrær per gruppe. Vi kunne ikke påvise store forskjeller i boniteten mellom de to områdene, men det var mer grunnlendt og betydelig mer steinrikt i bestandene ved Sagstua. Forskjellen i tilvekstreaksjon samsvarer med Hagners (1962) undersøkelser. Han fant at furu på dårlig mark fikk en svakere reaksjon enn furu på god mark, og at stammetettheten og trærnes alder var av mindre betydning. Trær med god tilvekst og kondisjon før fristilling reagerte raskere, samt at høydetilveksten hos skjermtrærne etter fristilling var liten.

Den gjennomsnittlige volumøkningen per tre varierte mellom områdene (Figur 5). Bestandene i Åsbygda besto av grovere frøtrær, og volumet er derfor naturlig nok høyere i disse bestandene. Etter drøyt fem års fristilling er det vanlig at volumtilveksten hos frøtrærne fordobles, jamført med hvordan tilveksten var før fristilling (Karlsson & Örlander 2004). Den prosentvise volumøkningen var forholdsvis lik mellom områdene (30- 32 %), noe som tilsier at tilvekstøkningen ikke avhenger av trestørrelsen. I de ulike trehøydene var volumøkningen størst i Åsbygda, men den relative volumøkningen var høyere ved Sagstua, særlig i seksjonen fra 6-12 meter. Frøtrærne i disse bestandene reagerte med å få en tilvekstøkning i de øvre delene av stammen. Ettersom datamaterialet kun består av ti ulike trær med stor individuell spredning med hensyn på volum i ulike seksjoner, vil resultatene knyttet til relativ volumøkning være usikre.

Diametertilveksten i de ulike trehøydene var forholdsvis lik ved avvirkningstidspunktet (Figur 6). Den største tilvekstøkningen ble funnet i nedre del av stammen. Denne tilveksten avtok etter cirka ti år, men var 15 år etter hogst fortsatt betydelig større enn gjennomsnittet ved

fristilling. For trehøyden 18 meter, ble det funnet en tilvekstreduksjon etter fristilling. Tilveksten ved 12 meters høyde hadde kun en liten økning etter fristilling, for så å reduseres igjen. Tilveksten i 12 og 18 meters høyde var etter 15 år tilbake på nivået før hogst. Ved fristilling vil krona øke kvist- og barvolumet. Dette fører til økt vekt og tetthet, som igjen fører til større påvirkning av vind. For at frøtreet skal kunne redusere muligheten for vindfall krever dette økt stabilisering. Treet kompenserer dermed med sterkere tykkelsesvekst i de nederste stammedelene. Først når krona har nådd sitt maksimum i utvikling kan man forutsette en relativt større diametertilvekst i de øvre delene av stammen (Nyblom 1927; Kneeshaw et. al 2002). Andersson & Fries (1979), Niemistö et al. (1993) og Peltola et al. (2002) sine resultater hos frøtrær av furu viste også at diametertilvekstøkningen var mest tydelig i de lavere delene på treet, og betydelig større i den nederste delen. I følge Niemistö et al. (1993) sine undersøkelser var det antallet frøtrær og temperatursummen som hadde størst påvirkning på diametertilveksten til det enkelte frøtre. Karlsson (2006) fant at fem år etter fristilling var diameteren i seks meters høyde signifikant stimulert av fristillingen. Den maksimale kronediameteren var også signifikant større fem år etter fristilling på de fristilte trærne. Holgèn et al. (2003) undersøkte diameterøkningen ved ulike trehøyder hos skjermstillinger i gran. Her ble også diameterøkningen redusert med økende høyde oppover i treet. Økningen i 40 og 60 % av trehøyden var signifikant lavere enn i de tre lavere høydene. Det var gjennomsnittlig lavere diameterøkning ved 60 % av trehøyden etter fristilling enn før behandlingen. Diameterøkningen startet tre år etter fristilling, og fortsatte minst sju år etter fristilling.

Karlsson, K. (2000) og Mäkinen & Isomäki (2004) fant i sine tynningsforsøk i henholdsvis Sverige og Finland en økt avsmaling mellom 1,3 og 6 meter i stammen etter sterke tynninger. Denne økningen var imidlertid liten. Vi fant ingen signifikant økning i avsmaling i denne seksjonen fra 1992 til 2008. Grunnen til at vi ikke fant noen forskjell kan være det store intervallet mellom målingene. Som nevnt over starter vekstøkningen etter fristilling først i nedre deler av stammen, men vil etter hvert øke også oppover i stammen.

#### **4.3 Foryngelsesresultatet i bestandene**

Muligheten for naturlig foryngelse av furu varierer med vegetasjonstypen, og mellom landsdeler innen hver vegetasjonstype. Grunnen til dette er at vegetasjonstypene får noe

forskjellig utforming i ulike klimaområder, og at frøproduksjonen og frøkvaliteten også vil variere med klimaet (Solbraa 2001). Bestandets geografiske beliggenhet har stor betydning, ettersom frøproduksjonen avtar med økende breddegrad og høyde over havet (Hagner 1962). Et vanlig problem er at et for lite antall av frøene spirer på grunn av dårlig frøkvalitet, særlig i de nordlige områdene av Skandinavia (Karlsson 2006). Hagner (1962) sine undersøkelser av furuforyngelse på ulike boniteter og høydelag i Sverige, viste at planteoppslaget var tre ganger så høyt i bestand på 300 m.o.h. i forhold til bestand på 500 m.o.h., når antallet skjermtrær per dekar var det samme. Bestandene i denne oppgaven ligger på cirka 300 m.o.h. og har bærlyngskog som vegetasjonstype. Bærlyngskog er ansett som en vegetasjonstype der det er lett å få opp naturlig foryngelse av god kvalitet (Larsson & Søgne 2003).

De sju bestandene i denne oppgaven ble markberedt 0-5 år etter foryngelseshogsten. I følge Skogsfrøverket sine data var det gode frømodningsforhold ved avvirkningstidspunktet i 1992 (Skogsfrøverket 2009). I motsetning til gran har ikke furu like utpregete frøår, og den vil kunne produsere noe frø hvert år. I lavlandet Østafjells er denne frøproduksjonen i mange tilfeller tilstrekkelig for forynging av skogen (Børset 1985). Siden vår undersøkelse ble gjort såpass lang tid etter markberedning, var det vanskelig å kvantifisere effekten av markberedningen som ble utført. Likevel vil det være interessant å diskutere hvordan markberedningen kan ha påvirket foryngelsen på et tidligere stadium. De bestandene som ble markberedt 1992 vil kunne ha hatt stor effekt av de gode frømodningsforholdene dette året. Dette kan være en del av forklaringen på den veldig lave nullruteprosenten som ble funnet bestand 1897.1.

I kjølige klimaområder (temperatursum <1000 døgngrader), og i bestand med tykk råhumus, er markberedning ofte nødvendig for å sørge for en tilstrekkelig mengde planter, samt for å bedre plantetilveksten. Også på gode boniteter med betydelig konkurranse fra annen vegetasjon blir resultatet ofte dårlig uten markberedning (Hagner 1962; Hyppönen et. al 2005). Markberedning fremmer rask foryngelse, noe som fører til at det nye bestandet vil bestå av relativt få aldersklasser. Dette vil igjen redusere høydespredningen i det nye bestandet (Karlsson & Nilsson 2005). Hagner (1962) sine forsøk på tørre marktyper i Sverige viste at markberedningsflekkene var helt gjenvokst etter ni - ti år. Spiringsprosenten i markberedningsflekkene forandret seg med tiden etter markberedning fra cirka 30 % i år 1, til cirka 10 % i år 5 (Hagner 1962; Karlsson & Orlander 2000). Furufrøet faller om våren og

forsommeren, dette gjør det mulig for furufrø å overleve en forsommertørke ettersom det faller såpass sent (Børset 1985). På finjordsfattige jordtyper der tørkeperioder fører til vannbrist i markberedningsflekkene, vil plantene ha vanskeligheter med å slå rot, og foryngelsesresultatet vil bli dårlig selv om frøproduksjonsforholdene er gode (Hagner 1965). I forhold til granfrøene som faller mens det ofte er snø, har furufrøene kortere spredningsdistanse, men frøene kan spres mer enn 100 meter fra frøkilden (Korsmo 2002). På steder hvor frøproduksjon er en begrensende faktor, vil markberedning på høsten i den tredje eller fjerde vegetasjonsperioden etter fristilling muligens være en bedre generell regel enn å gjøre det så fort som mulig etter fristilling. En bør imidlertid være oppmerksom på både de årlige variasjonene i frøproduksjon og fristillingseffekten (Karlsson, C. 2000).

Ved naturlig foryngelse av furu er det viktig å velge frøtrær av god kvalitet ettersom disse overfører bedre arvelige egenskaper enn trær av dårligere kvalitet (Finkeldey & Ziehe 2004). Frøtrær med god kvalitet øker også mer i verdi under foryngelsesperioden enn trær av dårligere kvalitet (Karlsson & Örlander 2004). Karlsson, C (2000,2006) sine forsøk i Sverige hos furu på lave og midlere boniteter viste at fristilling hadde en positiv effekt på antallet kongler per tre både tre og fem år etter behandling. Disse frøtrærne produserte om lag fire-fem ganger så mye kongler som de ikke fristilte kontrolltrærne. Fristillingen førte til at en større andel av konglene var lokalisert i de lavere delene av krona. Dette kan forklares med den økte tilgangen på lys etter fristillingen. Forsøk i svenske furuskjerner viste at mindre enn 20 % av lyset ovenfor trekronene nådde en plante i tett skog (500 stammer/ha), jamført med 40 % i skjermstilling (150 stammer/ha) (Erefur 2007). Antallet kongler økte også i de to øverste meterne av krona, men ikke i så stor grad som i de lavere delene. Fristilling hadde ingen effekt på antallet frø per konge, men frøvekten per tre økte etter fristilling (Karlsson 2006). Frøvekten var lavere i de to øverste meterne av krona enn lavere i krona, mens posisjonen i krona hadde ingen klar effekt på antallet levedyktige frø per konge (Karlsson, C. 2000). Variasjonen i kongleproduksjon mellom enkelte trær var betydelig. Trehøyde, lengde på grønn krone, og trealder ga ingen signifikant korrelasjon med kongleproduksjonen (Karlsson, C. 2000)

Ved å ta utgangspunkt i Tabell 5 som viser foryngelsesresultatet med hensyn på nullruteprosenten, indikerer dette full eller god tetthet av furuforyngelse i seks av de syv undersøkte bestandene. Alle bestandene med unntak av 1912 hadde en nullruteprosent for

furu som varierte mellom 15 og 34 % (Figur 9). Nullruteprosenten for furu i bestand 1912 var 53 %. Totalt sett var nullruteprosenten også i dette bestandet kun noe over 20 %, grunnet et større innslag av gran og lauv sammenlignet med de andre bestandene. Braathe (1953) fant at en nullruteprosent på 40 % gir en produksjon på cirka 85 % av normalproduksjon for gran. Ved å anta lignende sammenheng for furu vil våre resultater indikere godt bortimot normal produksjon. I Skoklefald (1995) sine undersøkelser hos furu på bærlyngmark varierte nullruteprosenten mellom 6-18 % i markberedte felt. Dette tilsier at markberedning i bærlyngskog er en god metode for å sikre lave nullruteprosent.

Gjennomsnittlig tetthet av frøtrær i de bestandene vi undersøkte var cirka to trær/dekar. Bèland et al. (2000) gjorde undersøkelser av foryngelsesresultat hos furu med ulike skjermtettheter på gode boniteter Sør-Sverige. Det ble funnet en nullruteprosent (1m<sup>2</sup>) på cirka 10 % ved 20 trær/dekar, og cirka 20 % ved 16 trær/dekar fire år etter markberedning. Årsaken til forskjellen mellom de to tetthetene er sannsynligvis at høyere tetthet gir større frøfall, i tillegg til tregere gjengroing av markberedningsflekkene. Dette tyder på at det er nødvendig med høyere tetthet av frøtrær for å oppnå tilfredsstillende foryngelse på gode boniteter. I vårt tilfelle er det vanskelig å si noe mer konkret om frøtettheten/gruppetetthetens påvirkning på det totale foryngelsesresultatet, men 11-16 år etter markberedning ser det ut til å være tilfredsstillende. Med bakgrunn i det lave antall grupper/dekar (0,16-0,40), synes gruppene å produsere atskillig mer frø, og spre disse over et større areal, enn enkeltstående trær.

Den gjennomsnittlige plantehøyden varierte noe også utover ti meter fra frøtregruppene i begge områder (Figur 12). Tabell 7 viser også at høydespredningen var veldig stor i alle bestandene med standardavvik mellom 115 og 186 cm. Skoklefald (1995) sine undersøkelser på gjenvekst av furu, viste at stor høydespredning var karakteristisk for alle de undersøkte frøtrestillingene. Han fremhever furuas hyppige frøår og ulike vekstvilkår for planter med samme alder som sannsynlige årsaker til den store høydespredningen. Markberedning vil kunne redusere denne høydespredningen (Karlsson & Nilsson 2005), men i vårt tilfelle var høydespredningen stor selv med markberedning.

Det ble ikke funnet noen signifikant effekt av avstand til kant på verken plantehøyde eller sannsynligheten for å finne minst en furuplante i prøveflata (4 m<sup>2</sup>). Dette var noe

overraskende, men kan henge sammen med forholdsvis store avstander til kant. Avstanden fra prøveflatene til frøbærende kant varierte mellom 5 og 162 meter med et gjennomsnitt på cirka 60 meter. Det er mulig at flere av bestandene rundt de undersøkte har blitt hogd i foryngelsesperioden, og dermed kan ha hatt større innflytelse på et tidligere stadium. Siipilehto (2006) fant at bestandskantens konkurranseeffekt på foryngelsen strakk seg ut til cirka halve lengden av de dominerende kanttrærne. Man regner med at furu sprer tilfredsstillende mengde frø innenfor en radius på en og en halv trelengde (Børset 1985). Med utgangspunkt i dette virker det logisk at avstanden til kant ikke gav signifikant effekt.

#### **4.4 Frøtrærnes påvirkning på foryngelsen og vegetasjonen**

Antallet furuplanter i de ulike avstandene fra frøtregruppene viste litt forskjellige trender i de to områdene. I bestandene i Åsbygda var antallet størst inne i gruppa og ut til seks meter for deretter å synke. I bestandene ved Sagstua var antallet klart lavere inne i frøtregruppa enn 0-6 meter utenfor. Her var antallet størst 0-3 meter fra frøtregruppa og sank jevnt med økende avstander. Undersøkelser gjort i Sverige på furuas frøspredning viste at frøfallet var ti ganger større inne i en frørestilling enn 20-30 meter fra bestandskanten (Børset 1985). I følge Nygaard & Skoklefald (2007) er fuktigheten den mest begrensende faktor for spiring og planteetablering hos furu. Det jevnt over høyere antall frøtrær per gruppe ved Sagstua (Tabell 3) kan ha ført til dårligere fuktighetsforhold inne gruppa og dermed være årsaken til den store forskjellen. Dette så også ut til å spille inn på dekningsgraden av lav ved Sagstua. Her var dekningsgraden signifikant større inne i frøtregruppa enn utenfor. Grunnen til dette kan være at det har gått lenger tid siden forrige radikale forstyrrelse i nærheten av tregruppene (Elfving & Jakobsson 2006). Steijlen et al. (1995) fant i et forsøk med sådd furu signifikant høyere frøspiring og planteantall i lavdominert vegetasjon enn der furumose var dominerende, samt at dødeligheten var høyere der furumosen dominerte. Det fallende planteantallet utover seks meter kan, i tillegg til å være et resultat av avtakende frøtilgang, henge sammen med høy dekningsgrad av furumose. Furumose er et dårlig spiresubstrat og kan samtidig ha en allelopatisk effekt (Rice 1984). Det lavere planteantallet faller også sammen med økende andel lyng og smyle som kan utkonkurrere furuplantene (Figur 15 & 16), (Karlsson & Nilsson 2005; Nygaard & Skoklefald 2007). Skoklefald (1995) og Bèland et al. (2000) fant i sine undersøkelser av furuplantenenes fordeling i ulike avstander fra enkelte frøtrær, en synkende trend i planteantallet fra seks meter og utover. Skoklefald (1995) fant også stor variasjon i

planteantallet nærmest frøtrærne, og det så ut til at vegetasjonstypen kunne være årsaken til dette. Dette svarer godt til våre observasjoner, men motstridende resultater er funnet i flere nordiske undersøkelser. For eksempel fant Karlsson & Örlander (2000), Valkonen et al. (2002), Elfving & Jakobsson (2006) og Siipilehto (2006)- ingen signifikant effekt av avstanden. Niemistö et al. (1993) og Erefur et al. (2008) fant derimot betydelig færre planter nær frøtrærne.

Det ser ut til at frøtregruppene har større innflytelse på plantenes vekst enn på planteantallet. Våre resultater viser at både høyden, diameteren og toppskuddlengden øker med økende avstand fra frøtregruppa ut til seks meter. Dette er naturlig da rotkonkurransen fra frøtrærne avtar med økende avstand fra stammen (Hagner 1962). Andre nordiske undersøkelser av det enkelte frøtres påvirkning på planteveksten (Valkonen et al. 2002; Elfving & Jakobsson 2006; Siipilehto 2006; Ruuska et al. 2008), har også kommet til lignende resultater. I disse undersøkelsene ble det funnet at frøtrærne hadde klar negativ innvirkning på foryngelsens vekst ut til fem - ti meter fra frøtreet. Erefur et al. (2008) fant at tilstedeværelsen av en skjerm ikke hadde innflytelse på høydetilveksten til furuplantene de fire første årene, men at effekten var større senere når foryngelsen trengte mer ressurser. Sterilsoneeffekten skyldes at de gjenstående trærne dominerer det øverste jordlaget fullstendig fem - sju meter fra stammen (Björkman & Lundberg 1971). Elfving & Jakobsson (2006) fant at størrelsen på sterilsonen økte med synkende bonitet. I vår undersøkelse var boniteten i de to områdene forholdsvis lik, men sterilsoneneffekten så ut til å være noe større i bestandene ved Sagstua. Grunnen til dette kan være at jordsmonnet var mer grunnlendt, steinrikt og fattig i dette området. Markberedningstidspunktet kan også være en årsak til at plantene var mindre ved Sagstua. Her ble alle bestand markberedt i 1997, altså 3-5 år senere enn i Åsbygda. Dette medfører at flesteparten av plantene sannsynligvis er yngre og dermed ligger noe etter i utviklingen.

I de undersøkte bestandene kan plantetettheten anses å være tilfredsstillende selv godt utover seks meter fra frøtregruppa. Derimot vil frøtregruppens påvirkning på plantenes vekst antakelig føre til at arealet i gruppa, og en sone med omlag tre meters radius rundt gruppa, blir uten tilfredsstillende foryngelse dersom frøtrærne ikke tas ut. Ruuska et al. (2008) konkluderte med at sonen nærmere enn to meter fra stammen på gjenstående frøtre ikke var brukbar for tømmerproduksjon. Med tanke på skader på foryngelsen ved uttak av frøtrærne bør disse tas ut når foryngelsen er cirka 50 cm høy. Dette må imidlertid vurderes opp mot

målsettingen om optimal tetthet og fare for elgbeiting. Furuplanter kan ødelegges av elgen inntil de har nådd en høyde på rundt fire meter (Solbraa 2001). Ut i fra våre registreringer forekommer elgbeiting i studieområdene i noen grad. Det blir derfor en avveining om en skulle ha avvirket frøtrærne når foryngelsen var lav, eller om risikoen for elgbeiting var så stor at en måtte vente. Tidspunkt for uttak av frøtrær bør også vurderes med hensyn til frøtrærnes verditilvekst, og i vårt tilfelle vil det kunne være aktuelt å avvirke frøtrærne innen kort tid, ettersom tilveksten i frøtrærne er på vei tilbake til nivået ved fristilling (Figur 3).

#### **4.5 Driftstekniske fordeler og ulemper**

Ved etablering av frøtrestillinger vil driftkostnadene bli noe høyere sammenlignet med snaufletehogst (Solbraa 2001). Grunnen til dette er at prestasjonen til hogstmaskinen synker ved reduksjon av antall uttatte trær per dekar, utvelgelse av frøtrær, samtidig som de gjenstående trærne utgjør en hindring for hogstmaskinen ved avvirkning. Fjeld (1992) sine forsøk på hvordan skjermtettheten virker inn på tidsforbruket ved mekanisert hogst i forhold til snaufletehogst, viste en økning i tidsforbruket fra 24 % i glissen skjermstillingshogst (uttak 45 trær/dekar), til 49 % i tett skjermstillingshogst (uttak 36 trær/dekar). Ved å sette igjen frøtrærne i grupper vil prestasjonen øke fordi avvirkningen vil bli mer lik en snaufletehogst ettersom hogstmaskinene kun behøver å flytte rundt tregruppene. Det er også grunn til å anta at ved avvirkning av frøtregruppene vil prestasjonen til hogstmaskinen øke sammenlignet med uttak av enkeltstående frøtrær.

Problemet med avvirkning av gjenstående frøtrær i forhold til snaufletehogst er at noe av foryngelsen vil bli skadet ved avvirkning av frøtrærne. Det er derfor viktig at denne andelen minimeres (Eliasson et al. 2003). Eliasson et al. (2003) undersøkte sannsynligheten for brudd hos granplanter ved ulike høyder på foryngelsen og ved ulike temperaturer. Resultatene viste at lave temperaturer og økt høyde på foryngelsen førte til større sannsynlighet for brudd i plantene. Det bør derfor unngås å avvirke frøtrær ved temperaturer under -15 °C. Samtidig bør en unngå å kjøre i områder med høy foryngelse, men heller velge steder med lavere planter, som derfor har mer fleksible stammer (Eliasson et al. 2003). Uttaket av frøtrærne bør gjøres på vinterføre når marka er snødekket. Småplantene er da godt beskyttet under snøen, og presset fra opparbeidet virke og bar vil dermed ikke bli altfor stort (Børset 1986). Westerberg & Berg (1994) sine registreringer av skadeprosenten på foryngelsen ved avvirkning av frøtrær

med hogstmaskin og utkjøring med lassbærer, viste at over 50 % av foryngelsen var skadet etter avvirkningen. Skadeprosenten økte med økende antall avvirkete frøtrær, ettersom dette førte til mer kjøring, og mer virke som kunne skade foryngelsen. Høyden på foryngelsen hadde ingen klar sammenheng med skadeprosenten, men foryngelse over 80 cm hadde større skadeprosent (Westerberg & Berg 1994). Avvirkningen av frøtrærne bør derfor normalt skje når foryngelsenes høyde er ca. 50 cm (Karlsson & Örlander 2004). Ved avvirkning av frøtregrupper vil en hogstmaskinkjører med god kompetanse kunne felle og opparbeide frøtrærne inne i sterilsonen. Dette vil redusere skadene på foryngelsen, i forhold til hogst av enkeltstående frøtrær. Dette vil føre til økt tilgang på nitrogen for foryngelsen i sterilsonen etter nedbryting av barmasse.

Prestasjonene ved markberedning varierer med antall frøtrær, samt tettheten. Fjeld (1994) undersøkte flekkmarkberedning i skjermstillinger av varierende tetthet. Hans resultater viste at tettheten av flekker ble redusert med økende tetthet i skjermstillingen. Spesielt brede lassbærere hadde problemer med å manøvrere i tette skjermer. Skadene på trær og rotsystem økte også ved tettere skjermer, men ved å unngå å markberede nærmere trærne enn 1,5-2 meter, vil skadene kunne reduseres betraktelig. Tidsforbruket per hektar var derimot ofte lavere i skjermstillinger enn på snauflater. Grunnen til dette var at tidsforbruket ble redusert ettersom arealer inni skjermstillingene ikke kunne markberedes på grunn av skjermtettheten (Fjeld 1994). Ved å sette igjen frøtrærne samlet i grupper, vil en kunne kjøre mer effektive drag, ettersom en ikke behøver å ta hensyn til frøtrær som står spredt på hogstflata. Dette vil også kunne redusere skadevirkningen markberedningen vil kunne ha på rotsystemet, og på de gjenstående frøtrærne.

#### **4.6 Ulike feilkilder**

Arealet av de ulike bestandene var oppgitt i skogbruksplanen. I enkelte tilfeller viste dette arealet seg og ikke stemme, ettersom det i noen bestand var tilplantet med gran i deler av bestandene. Ved å bruke GPS med sporlogg ble arealet korrigert. Det kan selvfølgelig være en viss feilmargin i GPS'en avhengig av antallet satellitter og kvaliteten på mottakeren. Erfaringsvis vil denne i åpent lende være veldig liten, og mer nøyaktig i forhold til bruk av manuelt kart. I bestand 1912 var det foretatt ungskogpleie høsten før våre registreringer. Dette gjorde registreringsarbeidet noe mer komplisert, men det gjorde seg allikevel å gjennomføre.

Høyden på den nedkappede foryngelsen lot seg høydemåles liggende på bakken, mens bestemmelsen av andelen nullruter ble bestemt ved å telle antall stubber av hvert treslag i hver sirkelflate.

Bonitetsbestemmelsen i bestandene ble utført som nevnt i (2.2). Ved bruk av bonitetskurvene etter Tveite & Braastad (1981) måtte kurvene ekstrapoleres grunnet høy alder på en stor andel av frøtrærne. Dette gjorde beregningene mer unøyaktige. Boniteringen med støtte i nomogram ga tilnærmet samme resultat, samtidig som resultatene stemte bra overens med boniteten oppgitt i skogbruksplanen.

Under registreringene i frøtrestillingene ble det benyttet elektronisk utstyr (Vertex og elektronisk klave). Selv om ustabil vær kan føre til at utstyret gir større feilmargin, vil det nok være personen som utfører målingene som vil gi den største feilkilden. I forhold til høydemåling med Vertex og klaving med elektronisk klave vil feil bruk av instrumentet kunne gi en systematisk feil. Ved å bruke utstyret riktig vil denne feilen kunne elimineres. Målestengene som ble brukt ved utlegging av prøveflater og til høydemålinger er kontrollmålt før registreringene. Den tilfeldige feilen som slår ut i begge retninger er mer vanlig i registreringer som dette. Ved boring i brysthøyde (1,3 m) vil det kunne forekomme unøyaktigheter, men ettersom dette gir utslag i begge retninger, vil ikke dette ha påvirket resultatet i større grad. Diameteren i brysthøyde ble kryssklavet i to retninger for å øke nøyaktigheten på målingene. Dette er mer tidkrevende, men ved økende ovalitet på stammene vil det gi mer unøyaktigheter i materialet med kun en måling. Lengden på kronen ble målt fra den høyden det var minst to friske kvister, men det kan være feilkilder i disse målingene. Det samme gjelder målingene av kroneradiusene som kun blir en skjønnsmessig vurdering av hvor stor radius lengste friske kvist har. Allikevel vil en kunne anta at med et forholdsvis stort datamateriale som dette, vil den tilfeldige feilen bli utjevnet. Når en registrerer toppskuddlengden de siste tre år er det faktorer som fører til at resultatet ikke alltid blir nøyaktig. Problemet med elgbeiting er kjent for mange, men i bestandene som ble registrert hadde ikke dette vært et stort problem så langt. Grunnen til det er nok først og fremst at foryngelsen i nærhetene av gruppene var såpass lav at toppskuddet ikke var beitet ennå. På foryngelsen ellers i bestandene ble det registrert som merknad hvis den høyeste planten innenfor sirkelflaten var beitet. Hvis beitingen var av såpass stort omfang at en annen plante var høyere, ble denne registrert som høyest i stedet.

Å foreta boring rett inn i margen ved brysthøyde kan i enkelte tilfeller by på problemer. Enkelte av borprøvene som ikke inneholdt årringprøver helt inn til margen, ble derfor korrigert for manglende årringer med metoden nevnt under (2.4) før analysen i Windendro. Dette for å unngå en systematisk feil på alderen til frøtrærne. Frøtrærne ble boret i tilfeldig retning, men det kunne her ha blitt boret systematisk i en himmelretning for at alle borprøvene skulle være mest mulig like. Analysen av årringprøvene og stammeskivene ble gjort ved hjelp av en skanner. Det ble gitt opplæring i bruken av dette utstyret av personell fra Skog og Landskap før arbeidet ble påbegynt. Skanneren ga først et forslag på avgrensingen av den enkelte årring, samt et totalantall. Dette forslaget var aldri helt korrekt, både fordi skanneren foreslo årringer som ikke var riktige, og fordi den kunne overse åpenbare årringer. Derfor måtte mange av årringgrensene bestemmes manuelt. Muligheten for å overse årringer eller velge for mange årringer var absolutt til stede. Ettersom det på stammeskivene ble registrert årringer i fire himmelretninger kunne en sammenligne årringantallet i de ulike retningene, og dermed finne feil hvis antallet var ulikt. Dermed ble muligheten for store feil redusert.

## 5. Konklusjon

- Nullruteprosenten i samtlige bestand indikerer full eller god tetthet av foryngelse, og at skogproduksjonen dermed vil være tilnærmet normal.
- Frøtrærne i samtlige sju bestand viste en betydelig økning i diametertilvekst etter fristilling. I de fleste bestand var tilveksten 15 år etter fristilling fortsatt høyere enn ved fristilling. Økningen var størst i stammens nedre deler, og prøvetrærne viste ingen tydelige tegn på dårligere stammeform.
- Frøtregruppene har en hemmende effekt på foryngelsens vekst innenfor gruppa, og i en radius på omlag tre meter utenfor. Dette arealet vil sannsynligvis bli uten tilfredsstillende foryngelse hvis frøtrærne ikke tas ut.
- Antallet vindfellinger i de ulike bestandene varierte fra 0-1 tre/dekar. Ut i fra denne undersøkelsen virker det å sette igjen frøtregrupper ved naturlig foryngelse av furu å være en god løsning i vindutsatte områder på bærlyngtypen.

## 6. Litteratur

- Andersson, O. & Fries, J. (1979). Ett exempel på tillväxten hos fröträd av tall. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidsskrift, 77 (2): 112-122.
- Bèland, M., Agestam, E., Ekö, M., P., Gemmel, P. & Nilsson, U. (2000). Scarification and Seedfall affects Natural Regeneration of Scots Pine Under Two Shelterwood Densities and a Clear-cut in Southern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 15: 247-255.
- Björkman, E. & Lundeberg, G. (1971). Studies of root competition in a poor pine forest by supply of labeled nitrogen and phosphorus. Studia forestalia suecica, 94: 16 s.
- Braathe, P. (1953). Undersøkelser over utviklingen av glissen gjenvekst av gran. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen, 12: 209-301.
- Braathe, P. (1966). Registrering av gjenvekst 1962-64. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen, 21: 85-170.
- Brukermanual Vertex II høydemåler. (2008). Lokalisert 20.06. 2008 på [http://www.haglofcg.com/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=51&Itemid=125&lang=en](http://www.haglofcg.com/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=51&Itemid=125&lang=en).
- Børset, O. (1985). Skogøkologi. Landbruksforlaget, Oslo. 494 s.
- Børset, O. (1986). Skogskjøtselens teknikk. Landbruksforlaget, Oslo. 455 s.
- Elfving, B. & Jakobsson, R. (2006). Effects of retained trees on tree growth and field vegetation in *Pinus sylvestris* stands in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 21: 29-36.
- Eliasson, L., Lageson, H. & Valinger, E. (2003). Influence of sapling height and temperature on damage to advance regeneration. Forest Ecology and Management, 175: 217-222.
- Elonen, P. (1971). Particle-size analysis of soil. University of Helsinki. Dr. agric. Thesis. 122 s.

- Erefur, C. (2007). Miljöpåverkan och konkurrens vid föryngring av tall och gran under skärm. Fakta Skog nr 1/07. 4 s.
- Erefur, C., Bergsten, U. & de Chantal, M. (2008). Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilization. *Forest Ecology and Management*, 255: 1186-1195.
- Finkeldey, R. & Ziehe, M. (2004). Genetic implications of silvicultural regimes. *Forest Ecology and Management*, 197: 231- 244.
- Fitje, A. (1996). Emner om skogregistrering: endret jan. 1996. Landbruksbokhandelen, Ås. 134 s.
- Fjeld, D. (1992). Snauhogst og skjermstillingshogst - en sammenligningsstudie av tidsforbruk ved mekanisert hogst. *Aktuelt fra Skogforsk* nr. 11-92. 20 s.
- Fjeld, D. (1994). Patch scarification in shelterwood stands of varying stand density. Norges landbrukshøgskole, Doctor Scientiarum Theses 4. Ås. 134 s.
- Fremming, O.-R. & Økseter, P. (2003). Tilvekst hos ulike trekategorier av furu (*Pinus sylvestris*) som ikke er bestandsanlagt i Nord- Østerdal. Sluttrapport til Fylkesmannen i Hedmark, Landbruksavdelingen, 1.12.2003. 48 s.
- GisLink karttjenester. (2009). Kart over Romedal Allmenning. Lokalisert 16.04.2009 på <http://www.gislink.no/gislink/>.
- Hagner, S. (1962). Naturlig föryngring under skärm: En analys av föryngringsmetoden, dess möjligheter och begränsningar i mellannorrländskt skogsbruk. *Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut*, Stockholm. 52 (4). 256 s.
- Hagner, S. (1965). Om fröproduktion, fröträdsval och plantuppslag i försök med naturlig föryngring. *Studia forestalia suecica*, 24: 1-80.
- Holgèn, P., Söderberg, U. & Hånell, B. (2003). Diameter increment in *Picea abies* shelterwood stands in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18: 163-167.
- Holien, H. & Tønsberg, T. (2006). Norsk lavflora. Tapir akademisk forlag, Trondheim. 224 s.

- Hyppönen, M., Alenius, V. & Valkonen, S. (2005). Models for the establishment and height development of naturally regenerated *Pinus sylvestris* in Finnish Lapland. Scandinavian Journal of Forest Research, 20: 347-357.
- Hånell, B. & Ottosson-Löfvenius, M. (1994). Windthrow after shelterwood cutting in *Picea abies* peatland forests. Scandinavian Journal of Forest Research, 9: 261-269.
- JMP. (2002). Statistics and Graphics Guide. 5. edition: SAS Institute Inc, USA. 707 s.
- Karlsson, C. (2000). Seed production of *Pinus sylvestris* after release cutting. Canadian Journal of Forest Research, 30: 982-989.
- Karlsson, C. (2006). Fertilization and release cutting increase seed production and stem diameter growth in *Pinus sylvestris* seed trees. Scandinavian Journal of Forest Research, 21: 317-326.
- Karlsson, C. & Örlander, G. (2000). Soil scarification shortly before a rich seed fall improves seedling establishment in seed tree stands of *Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research, 15: 256-266.
- Karlsson, C. & Örlander, G. (2004). Naturlig förnygring av tall. Skogsstyrelsen, Jönköping. Rapport nr 4/04. 77 s.
- Karlsson, M. & Nilsson, U. (2005). The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. Forest Ecology and Management, 205: 183-197.
- Karlsson, K. (2000). Stem Form and Taper Changes After Thinning and Nitrogen Fertilization in *Picea abies* and *Pinus sylvestris* Stands. Scandinavian Journal of Forest Research, 15: 621-632.
- Kneeshaw, D., Williams, H., Nikinmaa, E. & Messier, C. (2002). Patterns of above- and below-ground response of understory conifer release 6 years after partial cutting. Canadian Journal of Forest Research, 32: 255-265.
- Korsmo, H. (2002). Skogens foryngelse - Biologiske og økologiske forutsetninger. Høgskolen i Gjøviks rapportserie nr 1-02. 135 s.

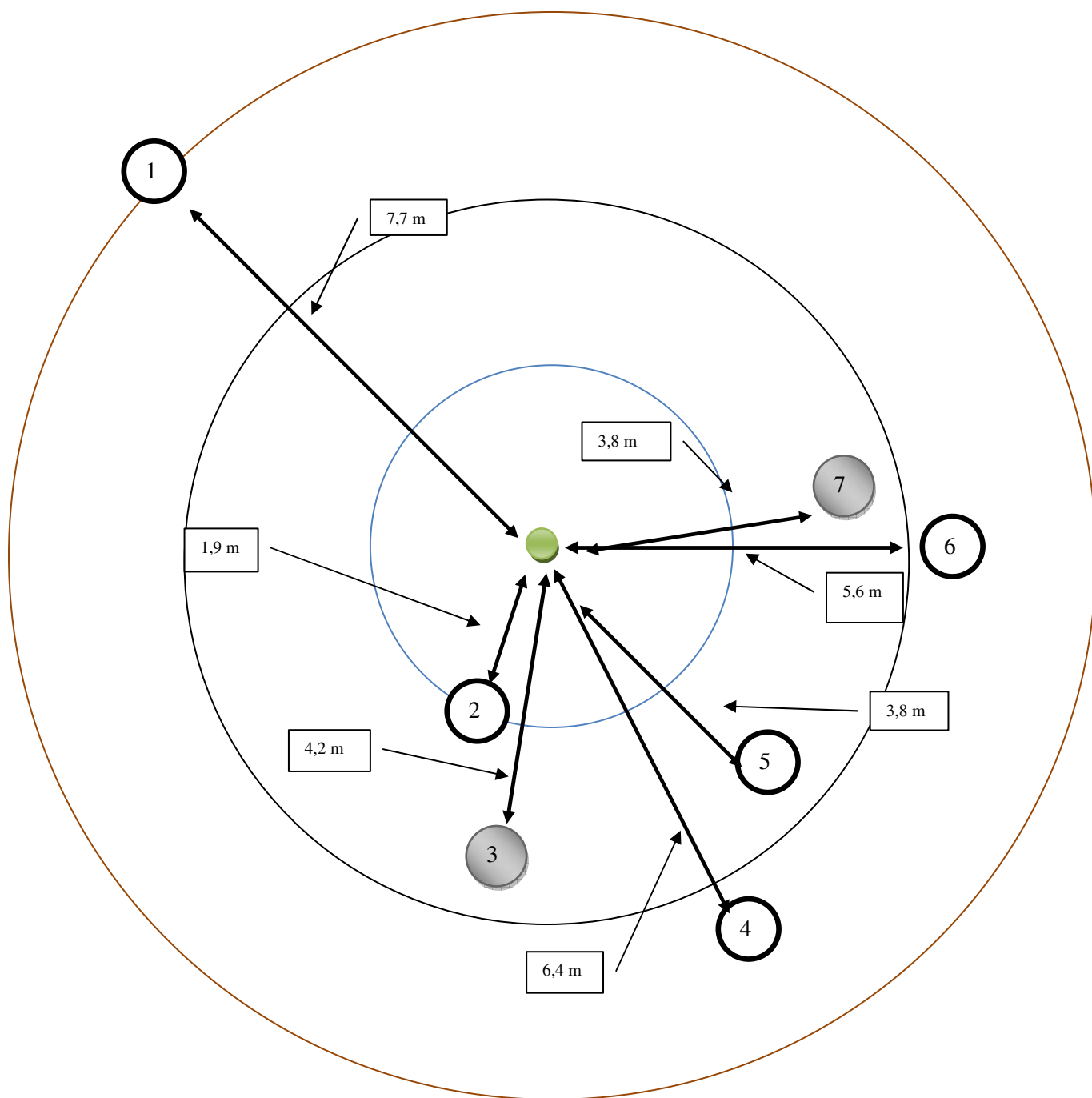
- Larsson, J. Y. (2000). Veiledning i bestemmelse av vegetasjonstyper i skog. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, Ås. 29 s.
- Larsson, J. Y. (2002). Notat om registreringsmetode for humusform. Upublisert notat. 3 s.
- Larsson, J. Y. & Søgne, S. M. (2003). Vegetasjon i norsk skog- vekstvilkår og skogforvaltning. Landbruksforlaget, Oslo. 256 s.
- Levende Skog Standarden. (2009). Lokalisert 14.03.2009 på <http://www.levendeskog.no/sider/tekst.asp?side=324&submeny=Levende%20Skog%20standarden&niv2=&menuid=239>.
- Lid, J. & Lid, D. T. (2005). Norsk flora. Samlaget, Oslo. 1230 s.
- Lye, K. A. & Watson, E. V. (1968). Moseflora. Universitetsforlaget, Oslo. 140 s.
- Mäkinen, H. & Isomäki, A. (2004). Thinning intensity and long-term changes in increment and stem form of Scots pine trees. Forest Ecology and Management, 203: 21-34.
- Met. (2009a). Klimaet i Norge om 50 år. Lokalisert 25.03. 2009 på <http://regclim.met.no/>.
- Met. (2009b). Klimastatistikk, Meteorologisk institutt. Lokalisert 16.02. 2009 på [http://retro.met.no/observasjoner/hedmark/normaler\\_for\\_kommune\\_415.html?kommune](http://retro.met.no/observasjoner/hedmark/normaler_for_kommune_415.html?kommune).
- Met. (2009c). Klimaet på Østlandet, Meteorologisk institutt. Lokalisert 16.02. 2009 på [http://retro.met.no/met/klima\\_norge/Ostlandet.html](http://retro.met.no/met/klima_norge/Ostlandet.html)
- Nermo, J. (2008). Foryngelsesstrategi for Romedal - og Stange Almenninger 1996, powerpoint presentasjon 2008. 15 s.
- NGU. (2009). Løsmassekart. Norges geologiske undersøkelse. Lokalisert 26.02.2009 på <http://www.ngu.no/kart/losmasse>.
- Niemistö, P., Lappalainen, E. & Isomäki, A. (1993). Growth of Scots pine seed bearers and the development of seedlings during a protracted regeneration period. Folia Forestalia 826, Helsinki. 26 s.
- Nilsen, P. & Larsson, J. Y. (1992). Bonitering av skog ved hjelp av vegetasjonstype og egenskaper ved voksestedet. Rapport fra Skogforsk nr 22/92. 43 s.

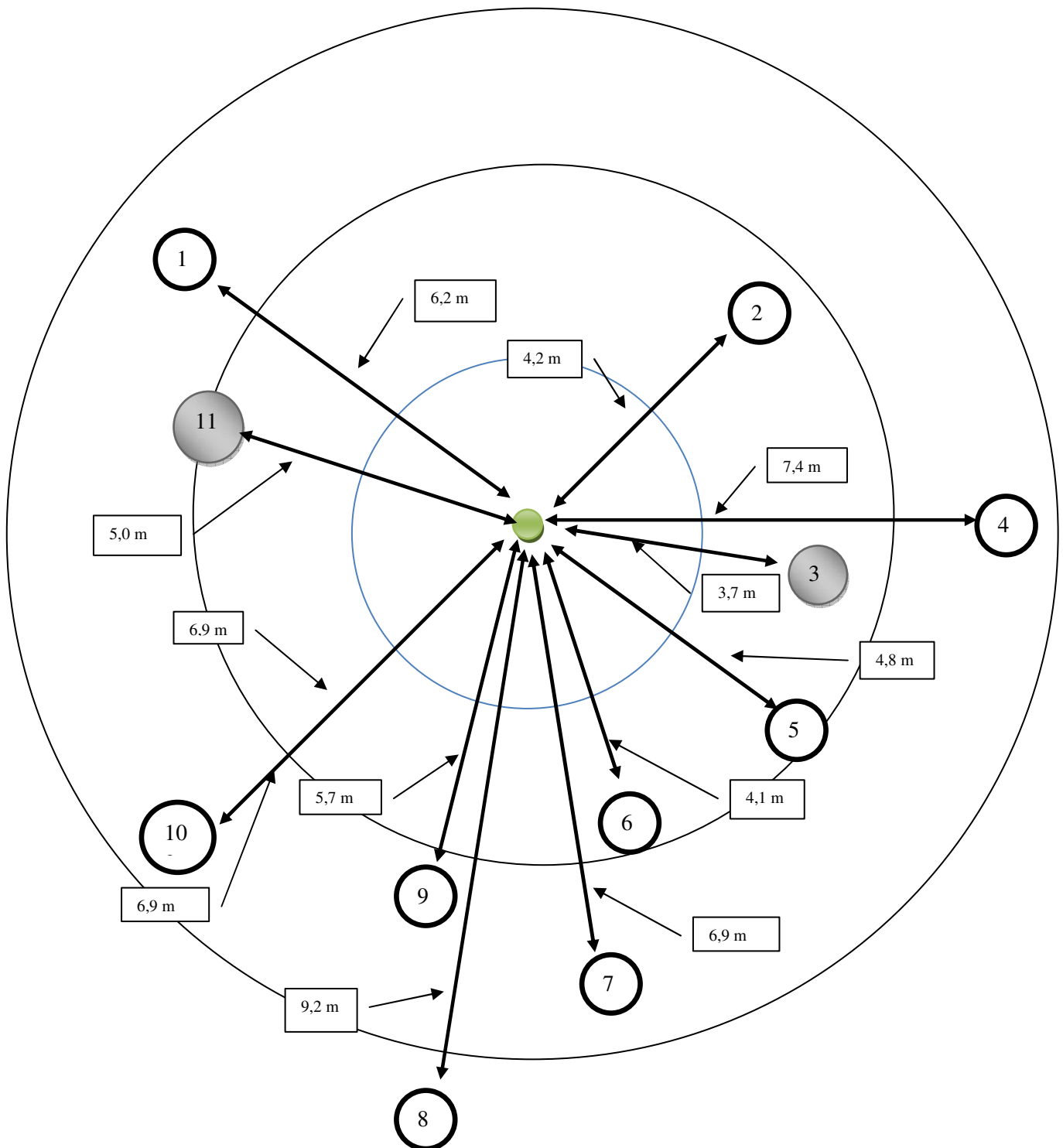
- Nyblom, E. (1927). Formförändring hos helt friställda träd. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift, Stockholm, 25: 51-61.
- Nygaard, P., H. & Skoklefald, S. (2007). Naturlig foryngelse av furu. Forskning fra Skog og landskap 03/2007. Lokalisert 15.01.2009 på [http://www.skogoglandskap.no/filearchive/naturlig\\_furu\\_forskning-3-07.pdf](http://www.skogoglandskap.no/filearchive/naturlig_furu_forskning-3-07.pdf).
- Peltola, H., Kellomäki, S., Hassinen, A. & Granander, M. (2000). Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. Forest Ecology and Management. 135: 143-153.
- Peltola, H., Miina, J., Rouvinen, I. & Kellomäki, S. (2002). Effect of early thinning on the diameter growth distribution along the stem of Scots pine. Silva Fennica, 36: 813-825.
- Rice, E. L. (1984). Allelopathy. Academic Press, Orlando. 422 s.
- Ruuska, J., Siipilehto, J. & Valkonen, S. (2008). Effect of edge stands on the development of young *Pinus sylvestris* stands in southern Finland. Scandinavian Journal of Forest Research, 23: 214-226.
- Siipilehto, J. (2006). Height distributions of Scots pine sapling stands affected by retained tree and edge stand competition. Silva Fennica, 40: 473-486.
- Skogsfrøverket. (2009). Summarisk oversikt over år med god frøsetting. Lokalisert 17.02.09 på <http://www.skogfroverket.no/Web/Informasjon/Artikler/Gode%20froar.htm>.
- Skoklefald, S. (1995). Naturlig gjenvekst i frøtrestillinger av furu. Rapport fra Skogforsk nr 3/95. 27 s.
- Solberg, S., Harstveit, K., Blennow, K., Olofsson, E., Heggem, E., S. & Timmermann, V. (2008). Storm og skogskader: risiko for stormskader i skog, og betydningen av skogbehandlingen. Forskning fra Skog og Landskap, 1/08. 22 s.
- Solbraa, K. (2001). Skogskjøtsel: teknisk fagskole: fordypningsområde skogskjøtsel. Gan forlag, Oslo. 206 s.
- SSB. (2009). Statistikkbanken. Lokalisert 14.03.2009 på [http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default\\_FR.asp?Productid=10.04&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=10](http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?Productid=10.04&PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/MenuSelP.asp&SubjectCode=10).

- Steijlen, I., Nilsson, M. C. & Zackrisson, O. (1995). Seed regeneration of scots pine in boreal forest stands dominated by lichen and feather moss. *Canadian Journal of Forest Research*, 25: 713-723.
- Sveistrup, T. E. (1984). Retningslinjer for beskrivelse av jordprofil. Det Norske jord- og myrselskap, Oslo. Jord og myr nr 2: 30-76.
- Tveite, B. & Braastad, H. (1981). Bonitering for gran, furu og bjørk. *Norsk Skogbruk* nr 4: 17-22.
- Valkonen, S., Ruuska, J. & Siipilehto, J. (2002). Effect of retained trees on the development of young Scots pine stands in Southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 166: 227-243.
- Westerberg, D. & Berg, S. (1994). Avverkning av överståndare: försöksmetod för att bestämma prestation, kostnad och skador på föryngringen. Redogörelse från Skogforsk nr 10-94. 26 s.
- Örlander, G. (1995). Stormskador i sydsvenska tallskärmar. *Skog & Forskning* nr 3-95: 52-56.

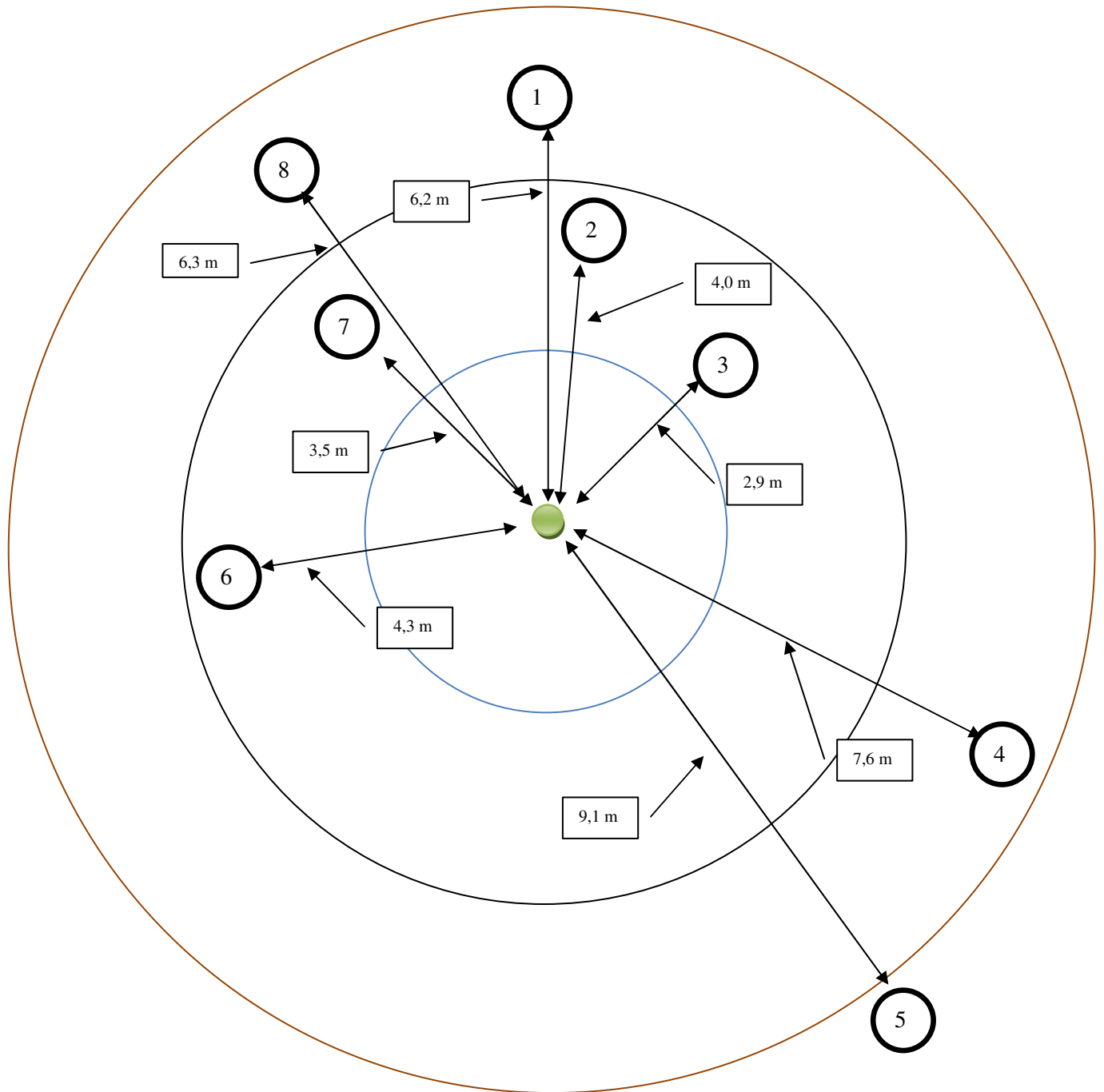
## Vedlegg 1. Oversikt over frøtrærnes plassering i de ulike gruppene.

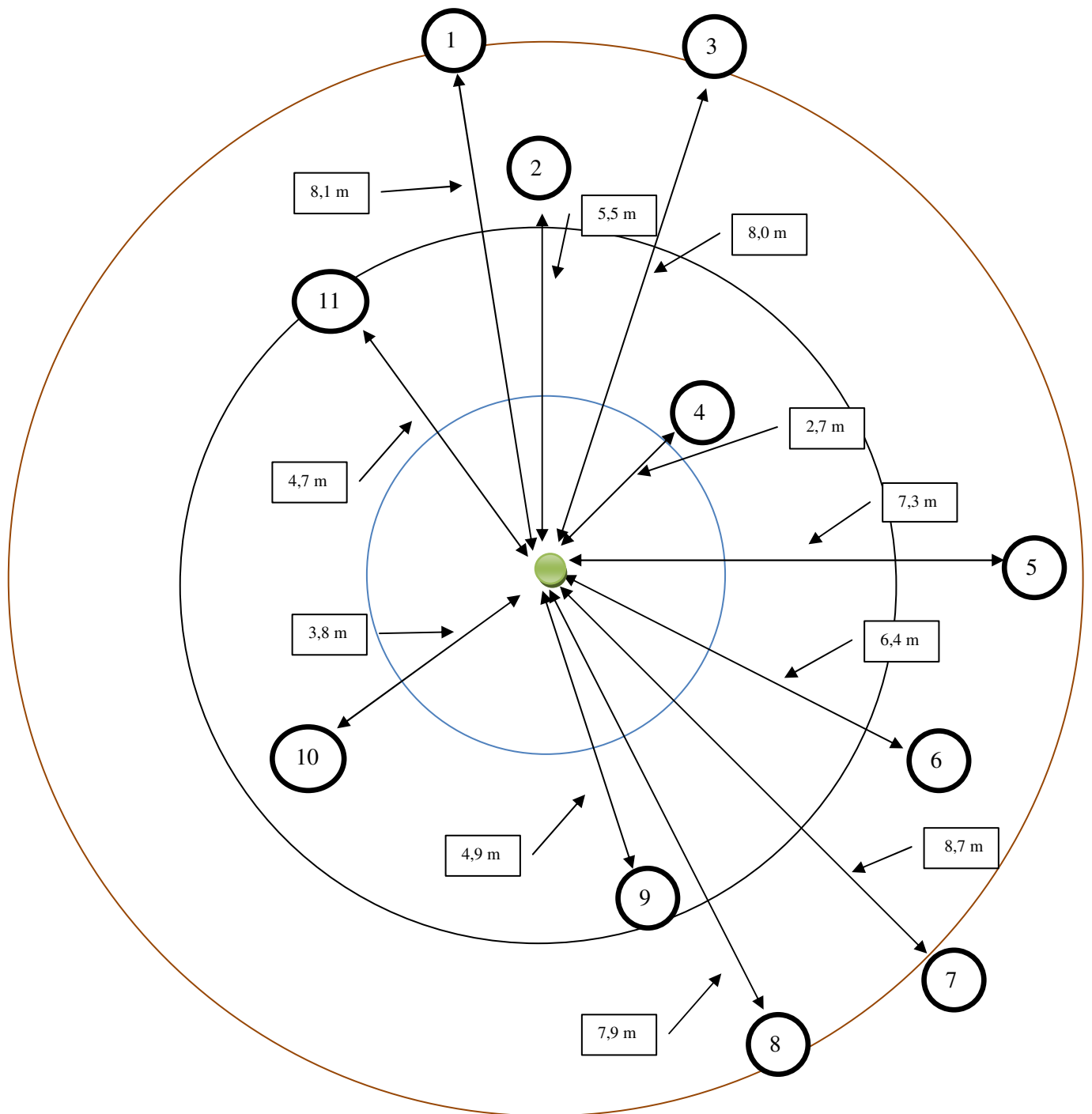
Bestand 1527, gruppe 1



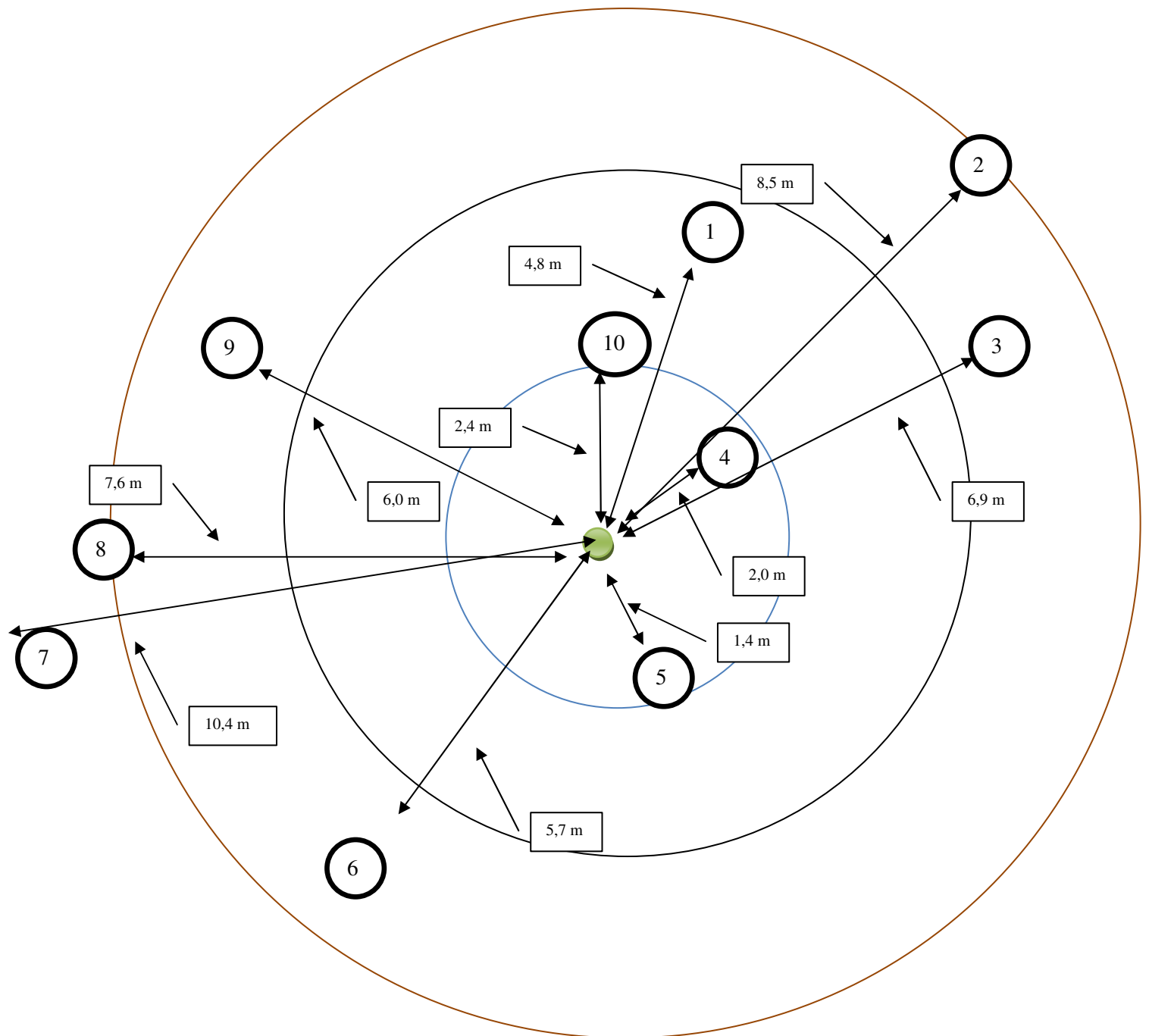


Bestand 1529, gruppe 1

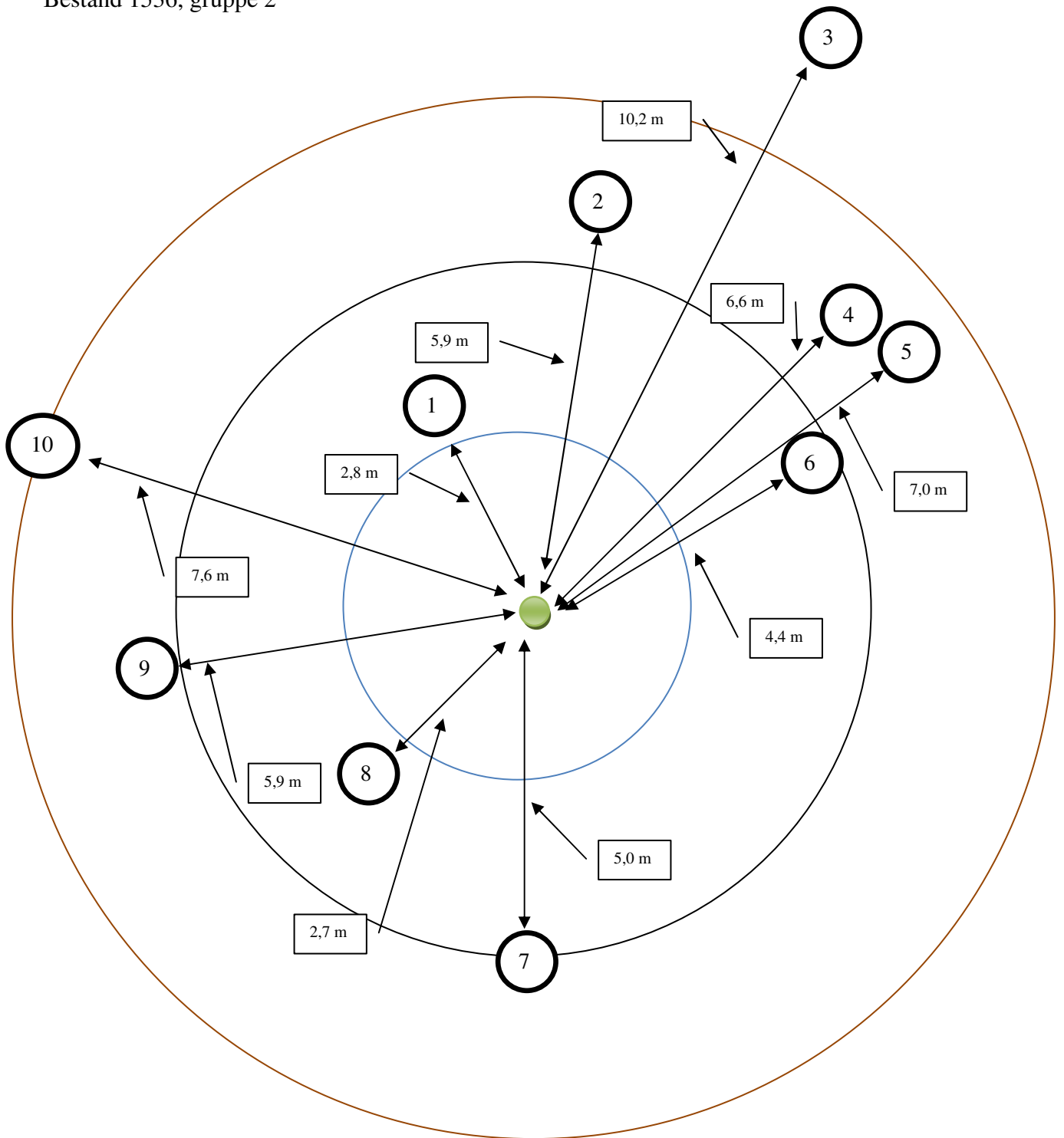




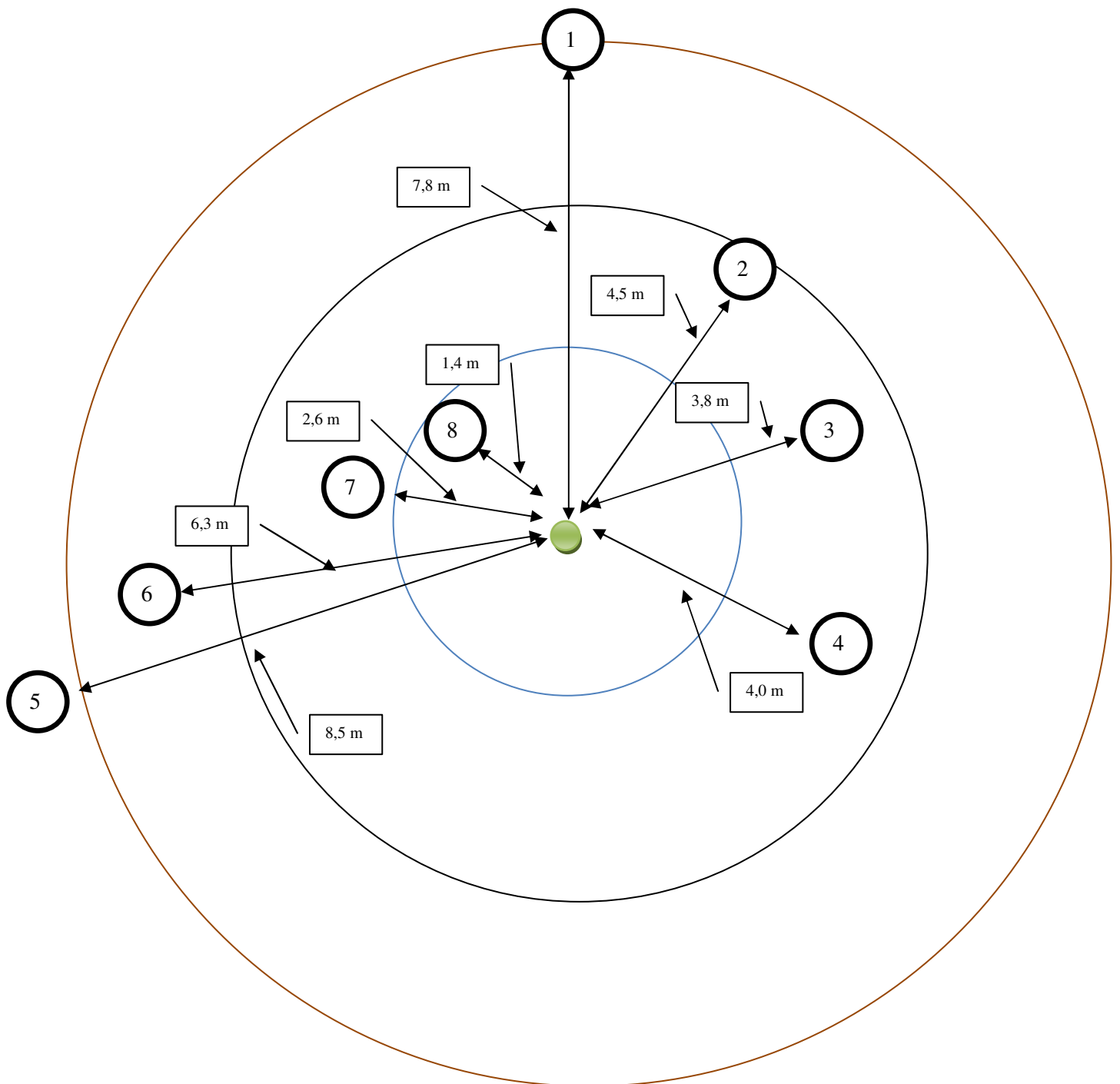
Bestand 1536, gruppe 1



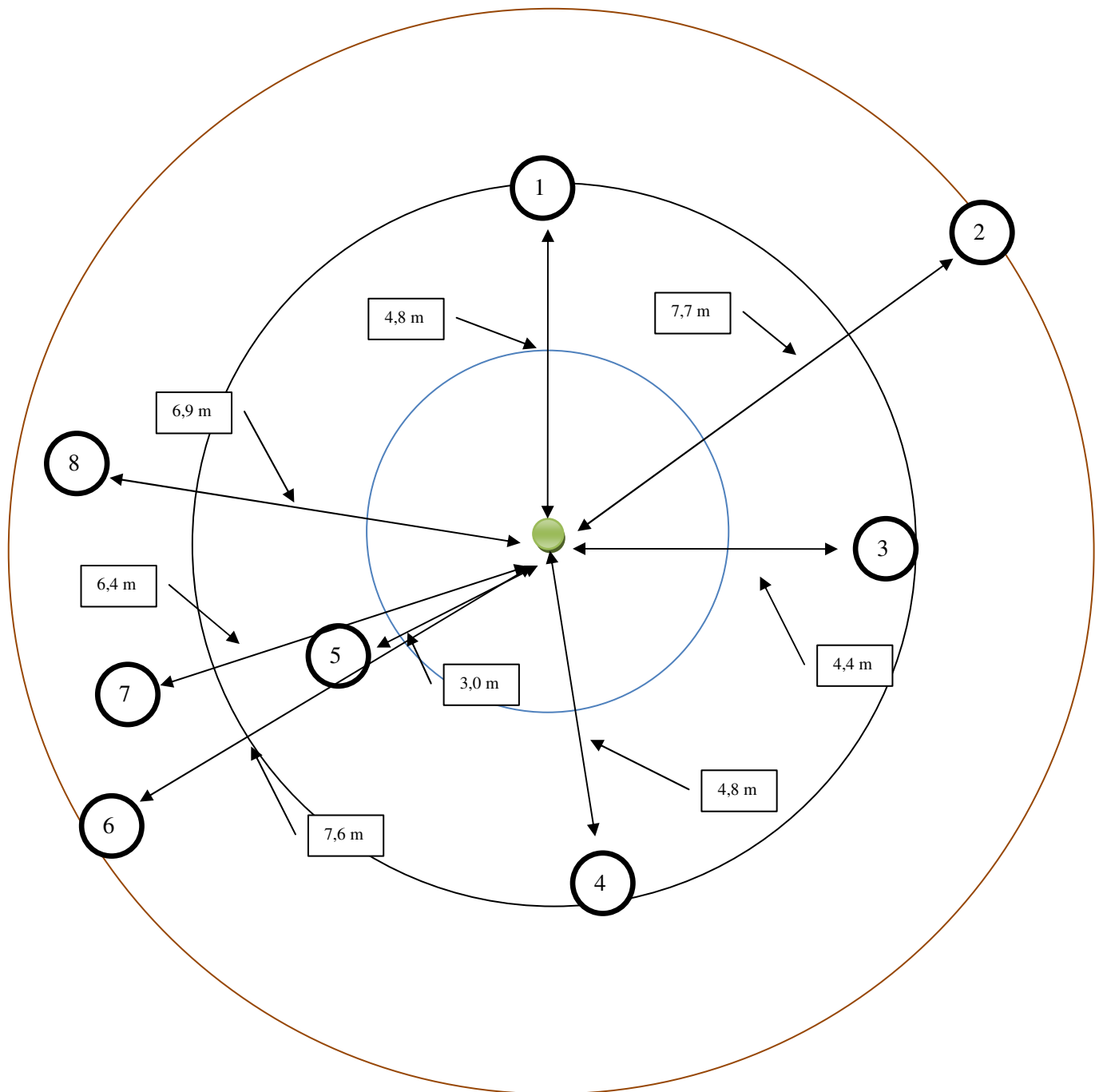
Bestand 1536, gruppe 2



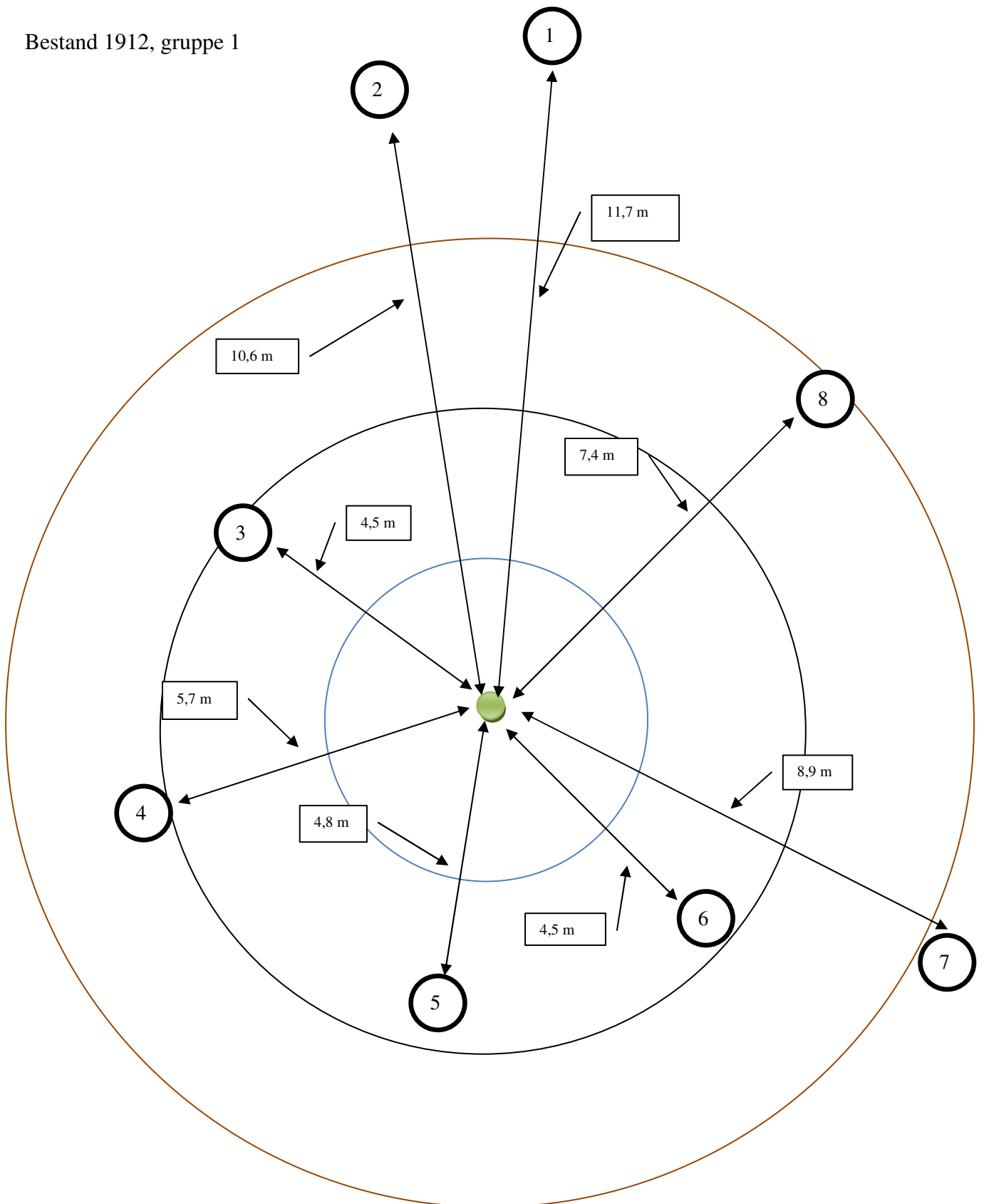
Bestand 1897.1, gruppe 1



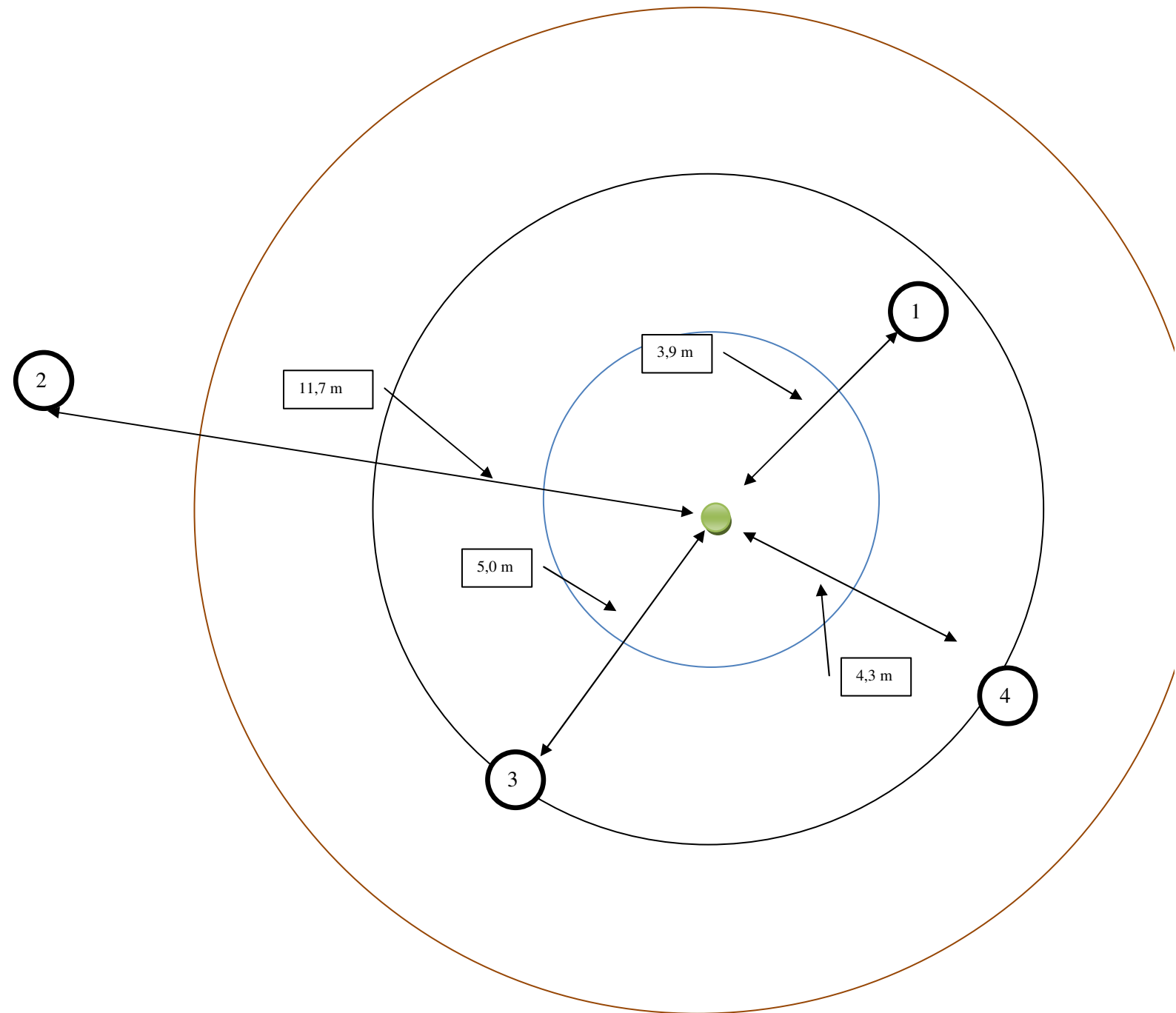
Bestand 1897.1, gruppe 2



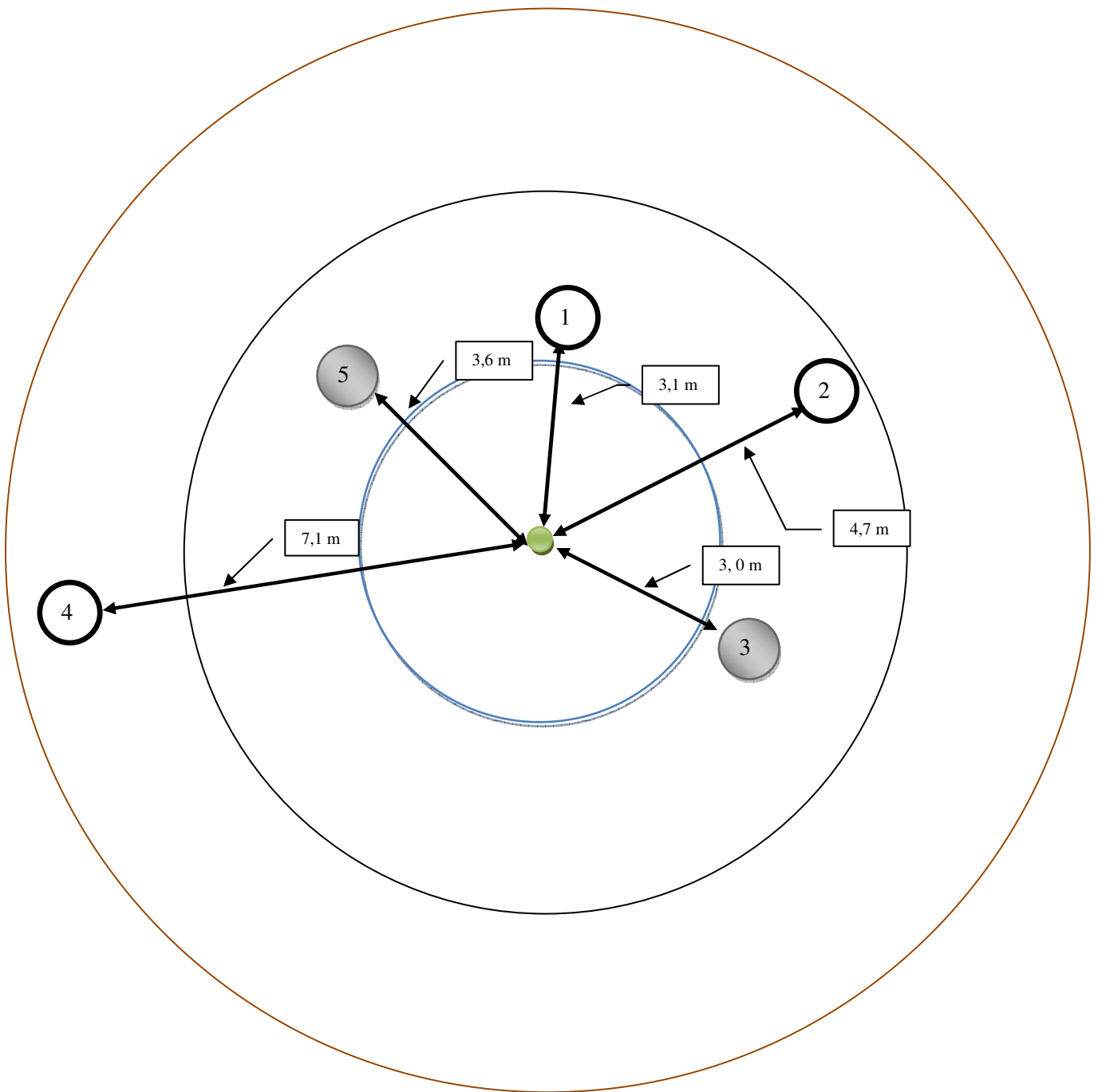
Bestand 1912, gruppe 1

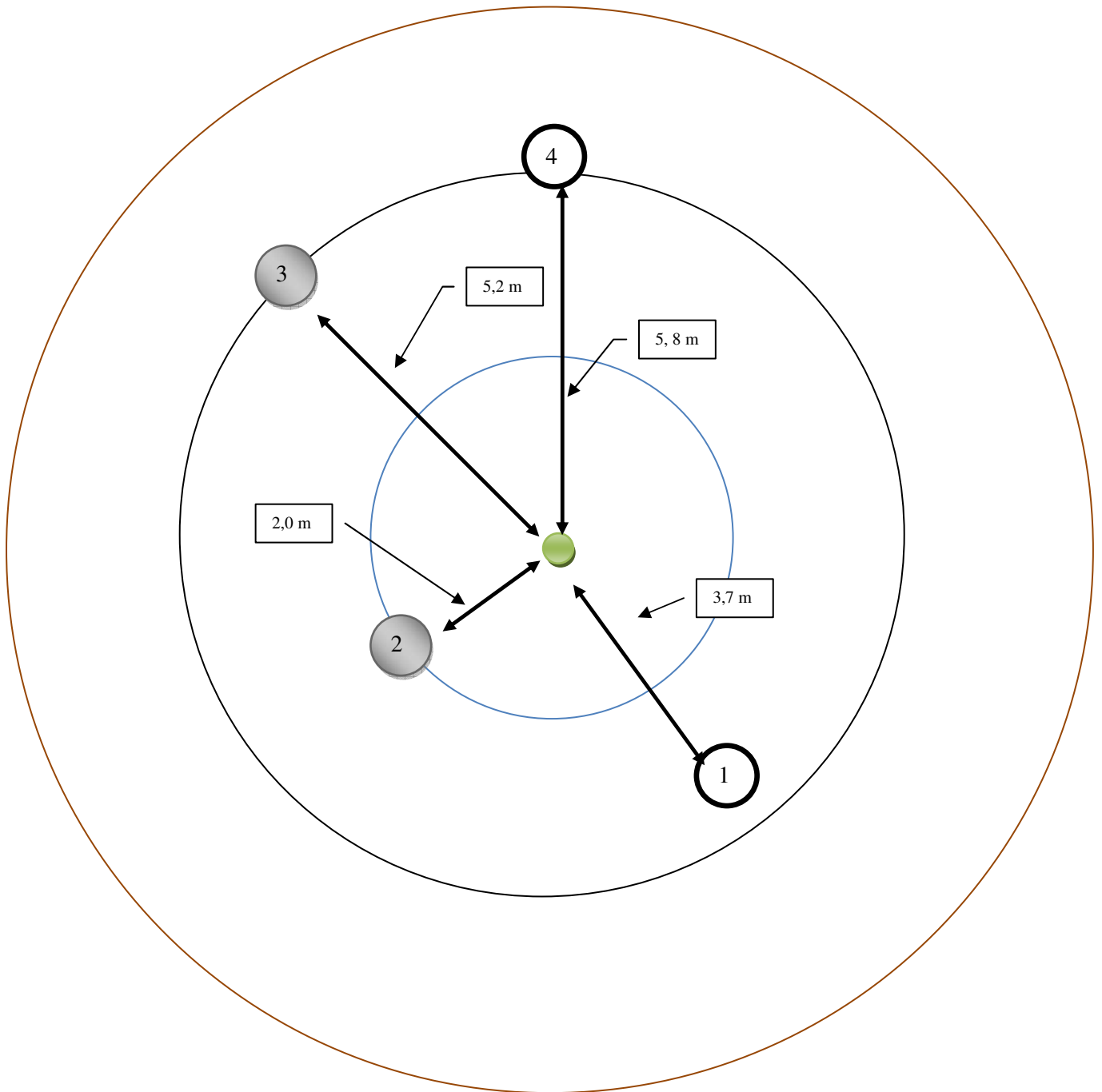


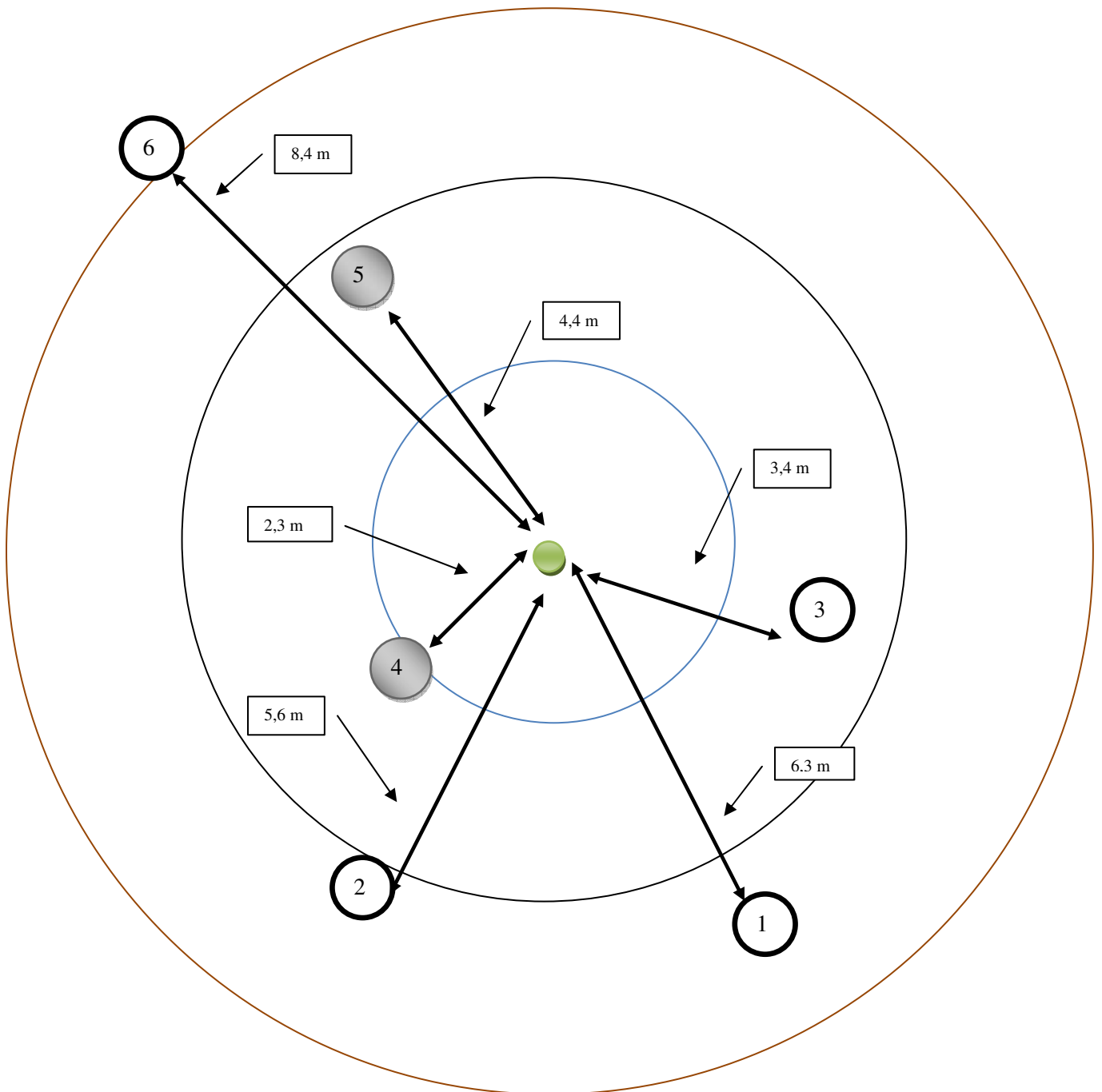
Bestand 1912, gruppe 2



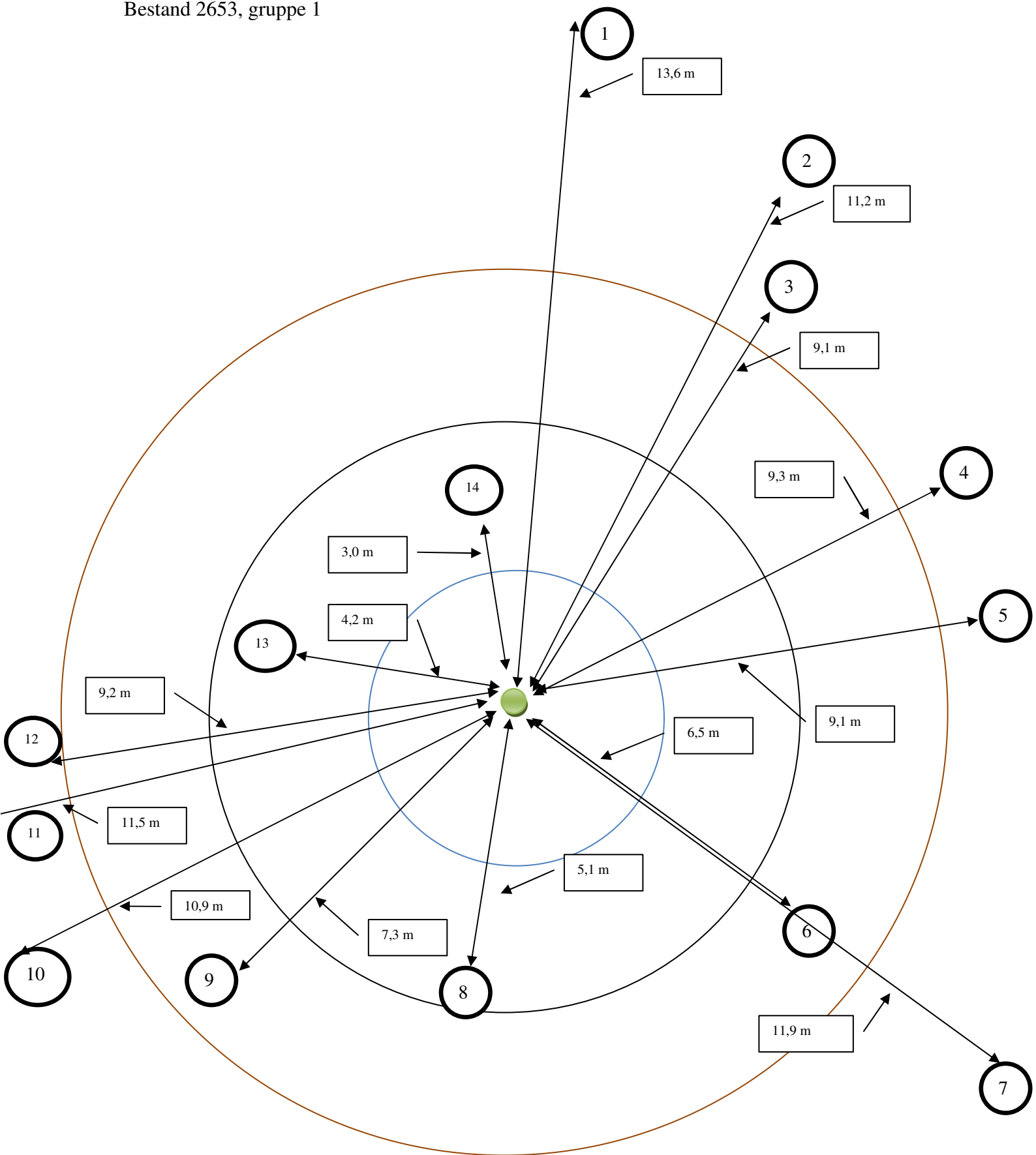
Bestand 2651, gruppe 1







Bestand 2653, gruppe 1



Bestand 2653, gruppe 2

