

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP





---

## Forord

Dette er en masteroppgave som er skrevet i forbindelse med avslutningen av mitt fem år lange studium i Skogfag. Som skogfagstudent har jeg vært student ved Instituttet for naturforvaltning (INA) som er en del av Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) på Ås.

Etter en fem uker lang sommerjobb hos Bergene Holm avd. Haslestad ble jeg tilbudt å skrive min masteroppgave for dem. Dette takket jeg ja til, da jeg har hatt et ønske å skrive en oppgave for en bedrift, helst noe innenfor treindustrien. Temaet for oppgaven har passet meg bra, og jeg håper at Haslestad kan bruke resultatene som fremkommer av denne oppgaven.

Det må rettes en stor takk til mine veiledere ved INA, professor Birger Eikenes og professor Geir Isak Vestøl. Jeg må også takke produksjonsleder ved Haslestad, Håvard Omholt. De har alle vært til stor hjelp. Jeg må også takke de ansatte på sagalinja som har lagt ting til rette for meg mens jeg har samlet inn rådata, og Kaja Haugen Rydningen for design av Figur 8-12.

Universitetet for miljø- og biovitenskap

Ås, 14. mai 2013

Brede Rogstadkjærnet

---

## Sammendrag

Bergene Holm avd. Haslestad er et relativt stort sagbruk i norsk sammenheng som produserer det meste innenfor trelast. Der har man observert en betydelig andel planker med vankant på midten. Dette er et problem fordi det fører til at de enten må kløves til mindre bord eller vrakes. Formålet med denne studien var å redusere denne andelen plank med vankant.

Datagrunnlaget består av ca 1000 tømmerstokker. Disse ble først målt av ei automatisk måleramme, noe som gav informasjon om fysiske trekk for hver enkelt stokk. Etter dette ble plankene fra disse stokkene visuelt bedømt om de hadde vankant på midten eller ikke.

Basert på dette datagrunnlaget kom det frem at avsmalning og pilhøyde er de to forklaringsvariablene som i størst grad påvirker sannsynligheten for vankant. Økende avsmalning reduserer, mens økende pilhøyde øker sannsynligheten for vankant. I tillegg ble det også vist at med økende lengde og relativ diameter så reduseres sannsynligheten. Alle de nevnte forklaringsvariablene var signifikante.

Ut fra dette ble det konstruert fire forskjellige modeller som predikerte sannsynligheten for vankant. Samtlige er basert på logistisk regresjonsanalyse. Det som skiller modellene fra hverandre er antall forklaringsvariabler. Modellene ble definert slik at ved en sannsynlighet større enn 0,50 så predikeres vankant, mens under 0,50 så predikeres ikke-vankant på plankene.

For å validere modellene ble predikert vankant sammenlignet med observert vankant. Denne valideringen viste at det er stor forskjell mellom den beste (Modell IV), og den dårligste modellen (Modell I). Den beste vil kunne redusere andelen tømmerstokker som får vankant på plankene fra 14,2 til 8,3 prosent, noe som tilsvarer en nedgang på ca 40 prosent. Den dårligste modellen vil tilsvarende kunne redusere denne andelen til 11,1 prosent, en nedgang på ca 22 prosent. Ulempen med begge modellene er at de uriktig vil estimere vankant på henholdsvis 7,1 og 3,4 prosent av totalt antall stokker.

---

## **Abstract**

Bergene Holm Dept. Haslestad is a big sawmill in the Norwegian context. The sawmill is producing all kinds of timber products. On the planks from the sawmill a significant proportion is observed with wane in the middle. This is a problem because it means that those planks either need to be cleaven into smaller boards or rejected. The purpose of this study has been to reduce the percentage of planks with wane.

The data consists of about 1000 logs. These logs were first measured by an automatic measuring frame giving information about the physical features of each log. Then the planks from these logs where visually judged for whether they had wane in the middle or not.

Based on these data, it emerged that the taper and bow height (long crook) are the two explanatory variables that mostly affect the likelihood of wane. Increasing taper reduce, while increasing bow height increases the likelihood of wane. In addition, it was also demonstrated that increasing length and relative diameter reduced the likelihood. All the aforementioned explanatory variables were significant.

From these results four different models were constructed. All of them predicted the likelihood of wane. All the models are based on logistic regression analysis, the models differ from each other only by the number of explanatory variables. The models were set up so that at a probability greater than 0.50, they would predict wane. While under 0.50 they predicted non-wane on the planks.

In order to validate the models, predicted wane were compared to observed wane. This validation showed that there is a big difference between the best (Model IV), and the weakest model (Model I). The best model will be able to reduce the proportion of logs that get wane on the planks from 14.2 to 8.3 percent. This corresponds to a decrease of about 40 percent. The poorest will model correspondingly reduce this percentage down to 11.1 percent. This is a decrease of about 22 percent. The disadvantages of both models are that they will incorrectly estimate wane on respectively 7.1 and 3.4 percent of the total number of logs.

---

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1	Bakgrunn .....	1
1.2	Bergene Holm AS.....	1
1.3	Bergene Holm Haslestad .....	2
1.4	Definisjon av enkelte faguttrykk .....	2
1.4.1	Vankant .....	2
1.4.2	Diameterklasser .....	3
1.4.3	Postning.....	3
1.5	Produksjonsprosessen.....	5
1.6	Problemstilling.....	9
<b>2</b>	<b>Teori</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Materiale</b> .....	<b>14</b>
3.1	Generell beskrivelse .....	14
3.2	Analyse av de enkelte forklaringsvariablene.....	16
3.3	Justering av datasettene .....	19
<b>4</b>	<b>Metode</b> .....	<b>21</b>
4.1	Generell statistikk .....	21
4.2	Statistisk hypotesetesting.....	22
4.3	Logistisk regresjonsanalyse .....	22
4.4	Vurdering av modellene .....	23
4.5	Validering av modellene.....	24
<b>5</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>25</b>
5.1	Hypotesetesting av de enkelte variablene.....	25
5.2	Estimering av modeller.....	28
5.3	Vurdering av modellene .....	31
5.4	Validering av modellene.....	31

---

5.5	Visualisering av utvalgte modeller .....	34
<b>6</b>	<b>Diskusjon .....</b>	<b>36</b>
6.1	Modellene .....	36
6.2	Kritikk.....	37
6.3	Videre forskning .....	38
<b>7</b>	<b>Praktisk bruk av resultatene.....</b>	<b>40</b>
7.1	Generell informasjon om bruk.....	40
7.2	Anbefalte Grenseverdier .....	43
<b>8</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>46</b>

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Ved Bergene Holm avd. Haslestad, fra nå av kalt Haslestad, har man observert en betydelig andel plank<sup>1</sup> med vankant på midten, spesielt for enkelte diameterklasser og postninger. Det antas at vankant påvirkes først og fremst av langkrok (pilhøyde), men at også diameter og avsmalning er relevante forklaringsvariabler.

Vankant på midten av planker fører enten til at de må vrakes, eller at de må splittes til mindre bord, noe som ikke er ønskelig. Måten man reduserer andelen med vankant i dag, er ved hjelp av størrelsen på diameterklassene. De er med andre ord justert slik at forekomsten av vankant blir minst mulig. Hvis man i tillegg visste ved hvilke verdier for de nevnte forklaringsvariabler vankant oppstår, er det forventet at man vil kunne redusere andelen med vankant ytterligere.

Formålet med denne studien blir dermed å komme frem til modeller som kan brukes til å forutse når vankant vil oppstå, slik at andel planker med vankant på Haslestad kan reduseres ytterligere.

## 1.2 Bergene Holm AS

Bergene Holm AS er et norsk konsern med 13 produksjonsanlegg i Norge. Hovedaktiviteten er produksjon av trelast til byggevarehandel og andre storkunder i Norge og Europa.

Konsernet ble etablert i 1946 og har hovedkontor i Larvik. Det er eid av Bergene Holm-familien (54 prosent) og Løvenskiold Vækerø (46 prosent).

Konsernet er organisert med underavdelinger som hovedsakelig består av sagbruk spredt rundt på Østlandet. Alle har individuelt resultatansvar, hvor Haslestad er ett av disse. Årlig omsetning ligger på litt over 1 milliard norske kroner, og tømmerforbruket ligger på ca 1 million kubikkmeter. Konsernet har ca 500 ansatte (Bergene Holm AS 2011; Wellberg 2007).

---

<sup>1</sup> Med planker i denne studien menes kun planker fra sentrumsuttaket. Det er ikke tatt hensyn til vankant på sidebord.



### **1.3 Bergene Holm Haslestad**

Haslestad Bruk AS ble kjøpt opp av Bergene Holm i 2012 og ble med det Bergene Holm sitt anlegg nummer 13. Inntil da hadde Haslestad vært et selvstendig sagbruk eid av familien Lindseth. Etter oppkjøpet ble bruket omdøpt til Bergene Holm avd. Haslestad.

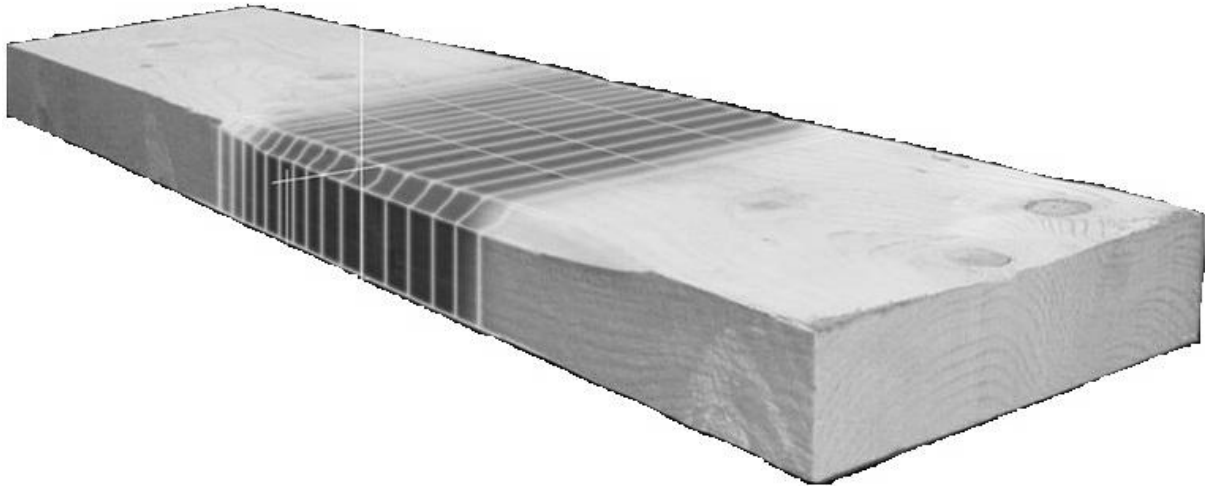
Haslestad er et relativt stort sagbruk i norsk målestokk. Årlig forbruk av tømmer vil i 2013 komme opp mot 200 000 kubikkmeter tømmer. De produserer det meste innenfor trelast. Haslestad har ca 50 ansatte, og årlig omsetning ligger på ca 200 millioner kroner. Rundt 35 prosent av volumet blir eksportert til utlandet, hovedsakelig Nederland, Tyskland, Belgia og Storbritannia (Bergene Holm AS 2011).

Haslestad bruker bare gran i sin produksjon av trelast. All furu som konsernet kjøper fra området rundt bruket, transporteres til Bergene Holm Larvik. Haslestad er organisert med følgende underavdelinger; tømmermåling, saglinje, trelasttørke, justerverk, høvleri og pelletsproduksjon.

### **1.4 Definisjon av enkelte faguttrykk**

#### **1.4.1 Vankant**

Vankant er et uttrykk for at trelasten ikke har skarpe hjørner, altså kant på skåren trelast som er skåret av en stokk uten at stokkens ytre rundkant er fjernet. Dette oppstår hvis man skjærer et for stort uttak av planker fra en for liten tømmerstokk. Det kan også oppstå hvis man skjærer en stokk med stor krok.



**Figur 1** Prinsipptegning av plank med vankant på midten. (Foto: <http://lesprominform.ru>)

Hvor mye vankant som aksepteres på planker, varierer. I enkelte dimensjoner aksepteres det betydelig mengder, mens i andre aksepteres det ikke i det hele tatt. Vankant oppstår som oftest i toppen av plankene. Dette er naturlig siden tømmerstokker som oftest sages med toppen først, og de får en større diameter jo lenger ned på stokken man kommer.

Vankant innenfor visse grenser har ingen påviselig innflytelse på styrken til plankene. Når det likevel må være en viss begrensning av vankant på planker, har det hovedsakelig sammenheng med at anleggsflaten blir redusert, og likeså at det blir redusert feste for spikerplater (Norsk Treteknisk Institutt 2009).

#### **1.4.2 Diameterklasser**

Det er vanlig å måle toppdiameteren<sup>2</sup> på tømmerstokker og sortere dem etter dette i såkalte diameterklasser. På Haslestad opereres det med 25 forskjellige klasser. Minste klasse går fra 116 til 129 mm, og den største går fra 426 til 600 mm. Alt tømmer som behandles på Haslestad, blir sortert i diameterklasser. Årsaken til at man gjør dette, er at det forenkler produksjonsprosessen da tømmerstokkene som havner i samme klasse, har noenlunde samme diameter. Dette er spesielt viktig på Haslestad, da de har sag med fast postning.

#### **1.4.3 Postning**

I sagbrukssammenheng er postning et uttrykk for hvilket oppsett man har på selve saga. Det er dette som bestemmer hvilket uttak av plank man får av tømmerstokkene. Med andre ord så vil

---

<sup>2</sup> Toppdiameter vil si diameteren i stokkens toppende (Norsk Virkesmåling 2012b).

dette si avstanden mellom de enkelte sagblad. Ofte finnes det mange forskjellige postninger som er aktuelle for én enkelt stokk. Et veldig enkelt eksempel på to forskjellige postninger som kan være aktuelle for samme stokk, er 2 stykk 100 x 200 eller 4 stykk 50 x 200. På Haslestad har man opptil 15 forskjellige postninger pr. diameterklasse, men det er mer vanlig med færre enn det. Diameterklasse nummer 1 har for eksempel bare én postning.



**Figur 2** Bilde av over- og underliggende sagblad. Avstanden mellom bladene er det som utgjør postningen. (Foto: Brede Rogstadkjærnet)

Det som er viktig med valget av postning er å velge den som gir de dimensjoner på plankene som er etterspurt av markedet, samtidig som den bør gi et høyt skurutbytte.

På Haslestad har man det som kalles fast postning på saga. Det vil si at avstanden mellom sagbladene er konstant og ikke justeres for hver enkelt stokk som kommer. Ønsker man en ny postning på saga må den stoppes, og man må fysisk gå inn og bytte sagblokka<sup>3</sup>. Dette er en prosess som tar ca 15 minutter.

---

<sup>3</sup> Sagblokka består av akslingen som alt festes på, foringer som styrer avstanden mellom sagbladene og selve sagbladene. Ved en omposting er blokka som oftest gjort klar på forhånd.

## 1.5 Produksjonsprosessen

Denne oppgaven tar for seg en problemstilling som bare berører tømmer-sorteringa og saglinja, og derfor vil forhold knyttet til de andre avdelingene ikke kommenteres.

Tømmer-sorteringa er den første avdelingen som handterer tømmeret etter at det har ankommet velteplassen på Haslestad. Denne prosessen driftes av Norsk Virkesmåling. Dette er en nøytral måleforening eid av selgere og kjøpere av skogsvirke i Norge. Det er de som blant annet sørger for at innmåling av volum på tømmeret og oppgjøret mellom skogeierne og industrien i Norge blir riktig (Norsk Virkesmåling 2012a).

Selve målingen foregår hovedsakelig med to metoder. Den første er stokkmåling, da passerer hver enkelt stokk forbi en person som kalles tømmermåler. Fysiske trekk slik som diameter og lengde registreres automatisk, målerens sin jobb er å korrigere dette hvis nødvendig. Han har også mulighet til å nedklassifisere stokken til massevirke eller vrake den hvis nødvendig. Dette kan være på grunn av for eksempel råte eller gankvist. Volumet til stokkene beregnes på grunnlag av lengde og diameter under bark. Lengden skal være mellom 34 og 61 dm hvis ikke annet er avtalt mellom kjøper og selger. Diameteren skal ved automatisk måling registreres 10 cm innenfor toppen av stokken og minst en retning. Ved stokkmåling skal minst 70 prosent av stokken besiktiges (Norsk Virkesmåling 2012a).

Den andre metoden er FMB, eller lassmåling som den også kalles. Her beregner man volumet av stokkene mens samtlige stokker fortsatt ligger på lastebilen. Selve måleobjektets lengde, bredde og høyde måles i cm. Målene tas som om virket er stablet i en kasse, slik at alle sider tangerer kassens kanter. Ved måling av lengde, tenker man seg at de lengste stokkene kappes av og at volumet av avkappene fyller tomrommene som skyldes de korteste stokkene. Med utgangspunkt i dette beregnes løsvolum. Fastmasseprosenten er det prosentvise forhold mellom fastvolum og løsvolum. Til støtte for skjønnet benyttes faktortabeller. Fordelen med denne metoden er at den er kjapp og kostnadseffektiv, ulempen er at den er noe unøyaktig og at det er vanskelig å korrigere for feil på enkeltstokker (Norsk Virkesmåling 2012a).

Samtidig som tømmer-sorteringa måler tømmeret, har den også en annen viktig funksjon. Etter at selve målingen er ferdig, blir hver enkelt stokk sortert i diameterklasser. Diameteren til tømmerstokkene registreres av målerammen og selve uttransporteringen foregår med hjelp av en kjerrat. Den fører stokkene ut fra målebua og kaster de av i ønsket haug, også kalt lomme.

Herfra blir tømmeret flyttet videre til riktig lunne med hjelp av en tømmermaskin. Hver enkelt diameterklasse har sin faste lunne, og her ligger tømmeret til mellomlagring frem til det skal skjæres på saga.

Siden Haslestad kjører med fast postning på saga, er det veldig viktig at tømmer-sorteringa blir riktig. Hvis den blir for unøyaktig, vil man enten få for mye vankant på trelasten, eller lavt skurutbytte. Begge deler er uønsket.

Saglinja er et tysk produsert EWD-anlegg som ble montert i 1996. Grovt sett kan linja deles opp i tre deler: inntak, sag og råsoring. I snitt kjøres linja ca 50 timer i uka, noe som gjør at omtrent annenhver uke så kjøres det to skift på linja mandag til torsdag og ett skift på fredag. Fire personer jobber til enhver tid direkte på linja, i tillegg jobber en til to personer med forebyggende vedlikehold og andre støttefunksjoner. Ukentlig kapasitet på linja ligger på ca 4700 kubikkmeter tømmer.

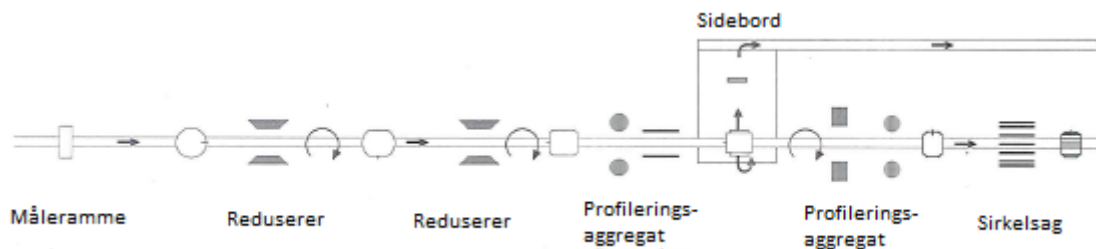
Ved inntaket legges først tømmeret på inntaksbordet med hjelp av tømmermaskinen. Ved siden av bordet sitter operatøren for inntaket. Han har ansvaret for å snu stokker slik at de kommer inn til saga med toppen først. Til å hjelpe seg med dette er det montert ei tømmerkran ved siden av inntaksbordet. Han har også ansvaret for å rotreduere de stukkene som har behov for det. Dette vil si å fjerne store utsvellinger på nedre del av stokken. Dette gjøres med hjelp av en fres. Grunnen til at man gjør dette, er at hvis utsvellingen er for stor, så får man problemer med stokken senere i saglinja.

Samme operatør har også ansvaret for barkemaskinen. Denne sørger for at all bark blir fjernet fra samtlige stokker, se Figur 3. Dette gjøres ved at fjærende kniver presses mot stokken samtidig som de roterer rundt. Dette gjør at barken skrapes av. Barken brukes senere som brensel i fyrkjelen på Haslestad. Etter barkemaskinen havner stukkene i et lite bufferlager før de sendes inn i selve saga. Ved dette punktet er det sagmesteren som overtar styringen av anlegget.



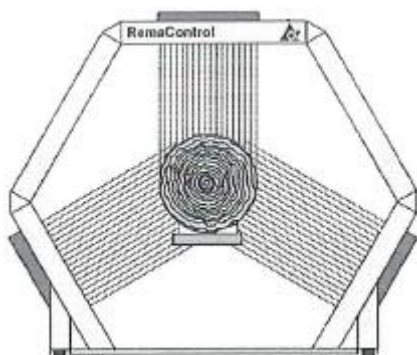
**Figur 3** Prinsipptegning av en barkemaskin. Tømmerstokken passerer knivene som presses mot og roterer rundt stokken for å skrape av barken. Barken faller ned og føres til ett lager med hjelp av et transportbånd. (Foto: <http://www.se-saws.no/> )

Selve saga er en såkalt profileringslinje, Figur 4. Slike linjer kjennetegnes ved at stokken profileres til postningens form før sidebordene skjæres av. Dette skjer i en ubrutt gjennommating, noe som gir en høy kapasitet (Norsk Treteknisk Institutt 2009).



**Figur 4** Skjematisk oversikt over saga ved Haslestad (Norsk Treteknisk Institutt 2009)

Først passerer stukkene en 3D-måleramme levert av RemaControl, se Figur 5. Den lager et 3D-bilde av hver eneste stukk, og fremstiller verdier som for eksempel diameter, lengde og avsmalning for å nevne noe. Måten den gjør dette på, er at tre måleenheter er plassert rundt stokken, hver av disse enhetene sender ut 16 laserpulser mange ganger i sekundet. Basert på dette fremstilles det nevnte 3D-bildet. Ved en banehastighet på ca 50 – 60 meter/minutt blir det ca 1 cm mellom målepunktene på stokken (Rema Control 2000).



**Figur 5** Prinsipptegning for måleramme. Tømmerstokken sees i midten av figuren, rundt den ser man de tre måleenhetene som sender ut laserpulser. (Rema Control 2000)

Etter målerammen kommer rundvrideren (Figur 6). Denne vrir de stokkene som har krok (pilhøyde) slik at de ligger med bøyen opp. Dette gjør den på grunnlag av data fra målerammen.



**Figur 6** Prinsipp tegning av en vrider. Metallhjulene på figuren vinkler seg slik at de vrir tømmerstokken til ønsket posisjon. (Foto: <http://www.se-saws.no/> )

Deretter følger første og andre reduserer, se Figur 7. Hver av disse hogger av kantene på to sider av stokkene direkte til celluloseflis. Dette gjør at stokkene nå er blitt firkantede blokker med avrundede hjørner.



**Figur 7** Prinsipp tegning av en reduserer. De store metallhjulene har form som to avkortede kjegler, huggerknivene sitter på de koniske sidene. (Foto: <http://www.se-saws.no/> )

Så kommer første profileringsaggregat. Den freser bort de avrundede hjørnene direkte til celluloseflis. Etter dette kommer første delesag som skjærer av to sidebord, vel å merke hvis man skal ta ut sidebord. Dette kommer an på hvilken postning man bruker. Skjærer man en postning som ikke har sidebord, vil stokken bare passere igjennom delesaga og eventuelt første profileringsaggregat uten at noe gjøres.

Siste del på selve saga består av andre og tredje profileringsaggregat samt sirkelsaga. Profileringsaggregatene freser bort hjørnene. Om man benytter første, andre eller begge profileringsaggregatene kommer an på postningen. Til slutt så deles resten av blokka opp i ønskede dimensjoner av selve sirkelsaga.

Som nevnt tidligere har saga på Haslestad fast postning. Det vil si at saga står fast og ikke justerer seg for hver enkelt stukk, noe som gjør at man får det samme uttaket, uavhengig av diameteren på stokken som skjæres. Det er derfor det er så viktig å sortere riktig ved tømmer sorteringa. Ulempen med dette er at det gjennomsnittlige skurutbytte kan bli noe lavt. Fordelene er at man kan kjøre med noe høyere hastighet og liten stokkluke på anlegget, noe

som gjør at produksjonskapasiteten øker. Samtidig er det lett å planlegge produksjonen da det er samme uttaket av hver eneste stokk i en gitt serie.

Etter dette sendes plankene til råsortering, og en ny operatør overtar styringen. Hovedformålet med denne sorteringen er å skille planker og bord med forskjellig dimensjon fra hverandre. Man kan også skille på kvaliteter og lengder. Ulike postninger vil gi ulike uttak. Enkelte postninger vil bare gi to like planker, mens andre postninger kan ha opp til 10 forskjellig planker og bord. For å skille de ulike dimensjonene fra hverandre, benyttes fotoceller for å måle lengde, mens laser benyttes for å måle tykkelse og bredde. Når dette er gjort så sendes plankene til riktig lomme for mellomlagring. I tillegg til å sortere på dimensjoner har man også mulighet på råsorteringa til å kappe av enden på bordene, eller man kan vrake hele bord hvis nødvendig. Selv om alle planker og bord går igjennom en mer grundig sortering senere i produksjonsprosessen, er det ønskelig å vrake det som ikke holder ønsket kvalitet her. Dette fordi rå celluloseflis, som det som vrakes hugges opp til, er bedre betalt enn tørr avkapp. I tillegg slipper man tørkekostnader på det som vrakes hvis det gjøres på råsorteringa.

Til slutt på saglinja står strøleggeren. Dette er en maskin som opereres av en mann. Den pakker like planker og bord sammen i store trelastpakker slik at de er klare for trelasttørken. Dette gjøres ved at annenhver planke i samme lag legges helt ut til hver sin side, altså høyre eller venstre. Imellom hvert lag legges det noen små biter med bord for å få luftgjennomstrømning mellom bordene inne i tørken. Ved å legge bordene helt ut til kantene klarer man å utnytte tørkene til det maksimale, samtidig som man unngår at sirkulasjonsluften inne i tørka går forbi trelastpakkene og ikke igjennom. Skjer dette, vil ikke trelasten bli skikkelig tørket.

## 1.6 Problemstilling

Som nevnt tidligere er formålet med denne studien å redusere andelen planker som må vrakes på grunn av vankant på midten av plankene, selve problemstillingen blir da som følger.

”Hvilke forklaringsvariabler beskriver sannsynligheten for vankant best, og hva er de maksimale verdiene disse kan ha uten at det oppstår vankant på midten av plankene.”



Tanken er at disse verdiene skal benyttes av tømmer-sorteringa. Hvis det der registreres en tømmerstokk med for høye verdier, så skal den nedklassifiseres minst en diameterklasse. Det er forventet at dette vil gjøre at man unngår vankant, fordi man skjærer et mindre uttak jo lenger ned i diameterklassene man kommer. Dermed øker man avstanden mellom plankene og ytterkanten til tømmerstokkene, og sannsynligheten for vankant bør dermed reduseres.

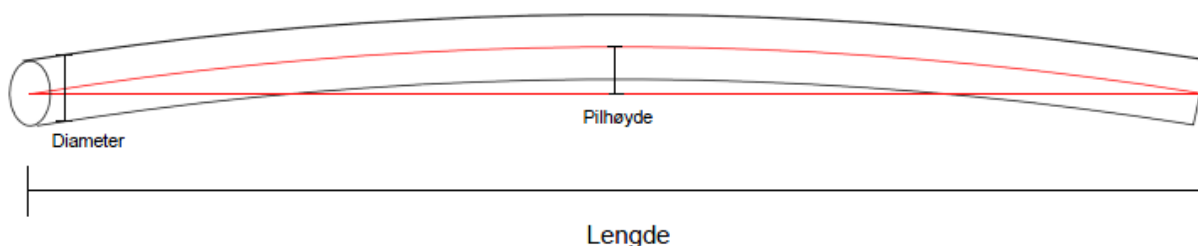
Dette vil samtidig gjøre at man må forvente et noe lavere skurutbytte for de stokkene som nedklassifiseres, men også at andelen vrak reduseres, noe som vil være med på å forbedre det økonomiske resultatet.

## 2 Teori

Så vidt jeg er kjent med er det ikke gjort noe forskning rundt problemstillingen til denne oppgaven. Det har i alle fall ikke vært mulig å finne publisert materiale via ordinære litteratursøk. Det eksisterer heller ikke noen anbefaling fra leverandøren av saglinja ved Haslestad på hvilke verdier man bør benytte. Så det som er vanlig blant sagbruk med lignende saglinje som Haslestad, er at man har tatt hensyn til vankant når man har bestemt størrelsen på de enkelte diameterklasser. Dette har man da gjort med hjelp metoden ”prøving og feiling”.

Det at det ikke finnes noe forskning rundt akkurat denne problemstillingen er ingen stor overraskelse. Problemstillingen omhandler tross alt en liten detalj rundt en type saglinje som ikke er så veldig vanlig.

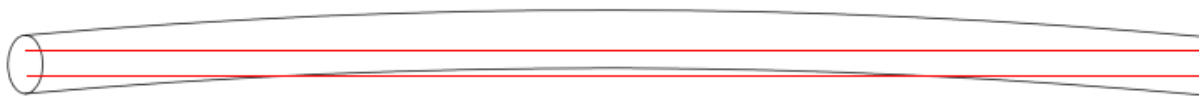
Denne studien tar utgangspunkt i at det først og fremst er diameter, avsmalning og pilhøyde som er forklaringsvariabler for vankant, men det forventes at også selve uttaket (postningen) og ovaliteten til tømmerstokken har påvirkning på vankant. Det er ikke forventet at selve lengden på stokkene påvirker sannsynligheten for vankant. For å prøve å bevise dette har det blitt laget noen prinsipptegninger av tømmerstokker med forskjellige verdier på forklaringsvariablene, se Figur 8-13.



**Figur 8** De grå strekene viser omrisset av en tømmerstokk sett fra siden. Den øvre røde linjen er senterlinja som følger kroken, den nedre er ei referanselinja som går mellom senter av endeflatene.

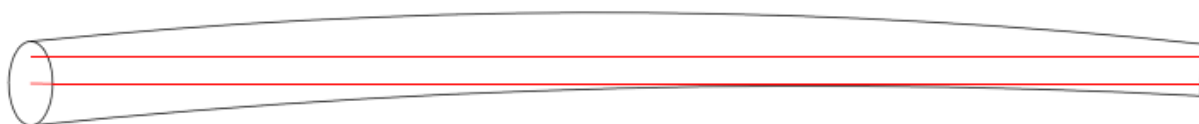
Figur 8 viser en prinsipptegning over en tømmerstokk med pilhøyde (krok). Pilhøyden på tegningen er betydelig overdrevet for å tydeliggjøre prinsippene. Senterlinja ligger midt i stokken og følger kroken. Referanselinja er ei tenkt linje mellom senter av ende flatene til stokken. Av figuren fremkommer det hvordan pilhøyde er definert samt hvor på stokken toppdiameteren måles. For mer detaljert informasjon, se tabell 1.

Figur 9 til 13 viser hvordan det er forventet at de forskjellige forklaringsvariablene vil påvirke vankant. Alle figurene er overdrevet for å vise prinsippene. De røde linjene på figurene symboliserer uttaket av plank, mens de grå symboliserer omrisset av en tømmerstokk sett fra siden.



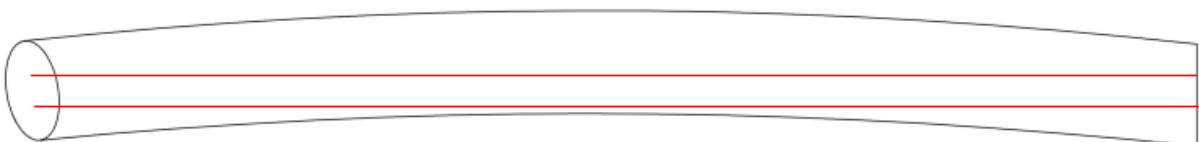
**Figur 9** De grå strekene viser omrisset av en tømmerstokk sett fra siden, de røde strekene symboliserer uttaket av trelast.

Av Figur 9 ser man at vankant på midten av plankene vil oppstå hvis pilhøyden blir for stor. Vankant er forventet å oppstå i området hvor den nederste røde linjen kommer utenfor omrisset av tømmerstokken. Det er dermed naturlig å forvente at en økende pilhøyde vil gi større sannsynlighet for vankant.



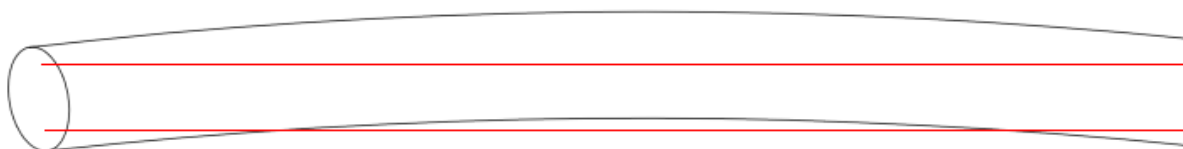
**Figur 10** De grå strekene viser omrisset av en tømmerstokk sett fra siden, de røde strekene symboliserer uttaket av trelast.

Figur 10 har samme pilhøyde og det samme uttaket (postningen) som Figur 9. Forskjellen mellom disse er at Figur 10 har stor avsmalning. Av denne figuren kan man se at det ikke lenger forventes vankant på midten av plankene. Dette fordi uttaket ikke havner utenfor omrisset av tømmerstokken. Dette gjør at man kan forvente at hvis avsmalningen er stor nok, vil dette kunne kompensere for pilhøyde.



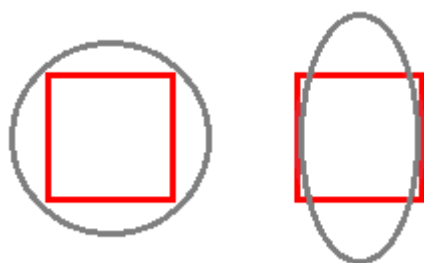
**Figur 11** De grå strekene viser omrisset av en tømmerstokk sett fra siden, de røde strekene symboliserer uttaket av trelast.

Av Figur 11 ser man en tømmerstokk med samme pilhøyde og uttaket som Figur 9. Forskjellen mellom disse er at Figur 11 har en større diameter. Av figuren ser man at uttaket holder seg innenfor omrisset av tømmerstokken hele veien. Dette vil da si at hvis diameteren er stor nok, altså at stokken er blant de største i klassen, så vil den kunne kompensere for pilhøyde på lik linje som avsmalning.



**Figur 12** De grå strekene viser omrisset av en tømmerstokk sett fra siden, de røde strekene symboliserer uttaket av trelast.

Figur 12 har samme pilhøyde, avsmalning og diameter som Figur 11. Forskjellen mellom disse er at uttaket (postningen) er større for Figur 12. Av figuren ser man dermed at det nå forventes vankant, da uttaket nå havner utenfor omrisset av tømmerstokken. Stort uttak vil dermed øke sannsynligheten for vankant.



**Figur 13** Prinsipptegninger av to tømmerstokker med henholdsvis liten- og stor ovalitet. De grå strekene viser omrisset av tømmerstokker sett fra enden, de røde strekene symboliserer uttaket av trelast.

Figur 13 viser en prinsipptegning over hvordan ovaliteten<sup>4</sup> til tømmerstokken påvirker vankant. På grunn av måten diameteren på ovale stokker beregnes på (gjennomsnittet av største og minste målte diameter), kan disse to teoretisk registreres med samme diameter. Noe som gjør at selv om uttaket av plank er likt, så kan vankant forekomme. Dette ser man av figuren ved at uttaket av plank holder seg på innsiden av omrisset av tømmerstokken på tegningen til venstre, mens den havner utenfor omrisset på tegningen til høyre. Noe som vil si at liten ovalitet gir liten sannsynlighet for vankant, mens en økende ovalitet gir økende sannsynlighet.

Av dette kan det trekkes den slutning at man forventer økt sannsynlighet for vankant med økende pilhøyde, samtidig som økende diameter og avsmalning mest sannsynlig vil redusere sannsynligheten. Uttaket av plank forventes også å påvirke mengden av vankant, da store uttak vil øke sannsynligheten for nettopp vankant. Det samme gjelder for ovale stokker, altså at økende ovalitet vil gi økende sannsynlighet for vankant.

<sup>4</sup> Forskjellen mellom største og minste diameter på målestedet.

### 3 Materiale

#### 3.1 Generell beskrivelse

Hoveddatasettet som modellene er basert på, består av ca 1000 observerte stokker. 650 av disse tilhører diameterklasse 12 (dia: 232-241 mm), mens resten tilhører klasse16 (dia: 270-283 mm).

For klasse 12 ble postningsnummer 112516 benyttet, denne postningen gav følgende dimensjon (råmål).

- 4 stykk 39,5 x 155,0
- 2 stykk 20,2 x 104,5
- 2 stykk 26,4 x 104,9

Beregnet skurutbytte for denne klassen er 55 prosent.

For klasse 16 ble postning nummer 116216 benyttet, noe som gav følgende dimensjon (råmål) på trelasten.

- 4 stykk 39,5 x 207,6
- 2 stykk 26,4 x 156,5
- 2 stykk 20,2 x 130,5

Skurutbytte er beregnet til 58 prosent.

Ved alle observasjoner var stokkluken ca 150 cm. Banehastigheten under registrering for klasse 16 var 47 meter/min, mens for klasse 12 var den 51 meter/min. Dataene er samlet inn ved Haslestad i januar og februar 2013.

I tillegg er det samlet inn data fra ca 900 stokker som ble benyttet til validering av modellene. Disse tilhører tømmerklasse 6 (dia: 177-183). Disse ble samlet inn i mars 2013. Postingen som ble benyttet mens disse dataene ble samlet inn, var nummer 106318. Dette gav følgende dimensjoner på trelasten (råmål)

- 2 stykk 26,4 x 104,5
- 2 stykk 45,8 x 155,0

Skurutbytte for denne klassen er beregnet til 50 prosent.

Årsaken til at det er nettopp disse tre diameterklassene som utgjør datagrunnlaget, er først og fremst fordi dette er tre klasser som Haslestad mener er blant de verste med tanke på mengden vankant. Mangel på disponibel tid er hovedårsaken til at datagrunnlaget ikke strekker seg over flere diameterklasser.

At klasse 6 ble brukt til validering av modellene er noe tilfeldig, men det er som nevnt en klasse hvor man mener at problemet med vankant er omtrent på samme nivå som for klasse 12 og 16. Selv om det beregnede utbytte er noe lavere for denne klassen kontra de to andre, så ansees ikke dette for et stort problem. Det er helt vanlig å observere synkende skurutbytte med en synkende diameter, dette fordi skurutbytte er en relativ størrelse. Det antas altså at klasse 6 ville kunne egne seg til validering.

Datasettene kan deles inn i to hoveddeler. Første del er de dataene som automatisk samles inn av målerammen som står ved inngangen til saga. Denne samler som nevnt tidligere inn data for hver eneste stokk som passerer den og lagrer dataene kronologisk. Disse dataene består av blant annet: diameter, lengde, pilhøyde, avsmalning og stokkluke.

Andre del av datasettet består av observasjoner av hver enkelt stokk etter at den har passert hele saga. Her ble det gjort en skjønnsmessig visuell vurdering av om plankene hadde vankant på midten av sentrumsuttaket eller ikke. Verdien 0 vil si at planken har vankant, mens 1 vil si at den er uten vankant. Vankant ble bare registrert på sentrumsutbyttet.

I praksis ble innsamlingen av data gjort ved at målerammen ble aktivert samtidig som registreringen av vankant begynte. For å få samsvar mellom de to hoveddelene med data ble hver enkelt stokk telt manuelt og gitt et nummer, og de stokkene hvor man registrerte vankant ble notert. Dette nummeret ble dermed sammenstilt med numrene på stokkene fra målerammen.

Ulempen med å samle inn dataene med denne metoden er at definisjonen av vankant er basert på manuell observasjon av stokkene. Dette gjorde det vanskelig å klassifisere graden av vankant. Samtidig var det en fare for tellefeil under registreringene, noe som vil føre til feil i dataene. Fordelen med å gjøre innsamlingen på denne måten er at den daglige produksjonen ved Haslestad ikke ble forstyrret i nevneverdig grad, noe som var et viktig poeng.

Målerammen på tømmer-sorteringen er av noe nyere type i forhold til den som står på saga, men prinsippene rundt dem er mer eller mindre de samme. Det forventes ikke noe problem rundt selve metodene til de to målerammene. Det som kan skape noe usikkerhet rundt målingene, er at målerammen på tømmer-sorteringen måler stokkene med barken, mens den på saga måler uten. Målerammen på tømmer-sorteringen trekker fra barktykkelsen med å basere seg på målinger fra steder på stokkene hvor barken har falt av. Det kan se ut som om denne metoden er noe unøyaktig, antakeligvis er dette årsaken til at man observerer så mange tømmerstokker med for liten diameter i diameterklassene (Rema Control 2006b).

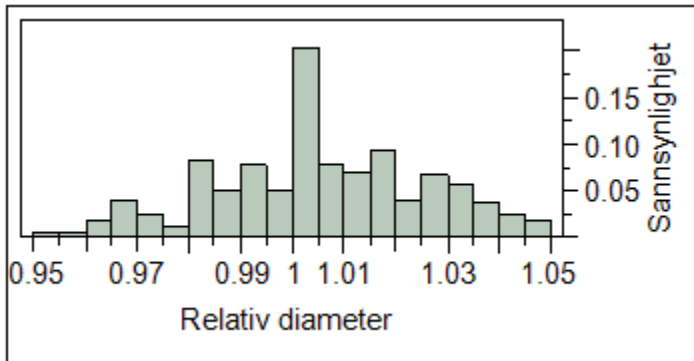
### 3.2 Analyse av de enkelte forklaringsvariablene

For å kunne beskrive forklaringsvariablene, og for å kunne sammenligne de forskjellige datasettene med hverandre, ble det gjort en utregning av blant annet gjennomsnitt og standardavvik for de fire forklaringsvariablene relativ diameter, avsmalning, pilhøyde og lengde. Av tabell 1 ser man hvordan de enkelte forklaringsvariablene er definert samt hvordan de måles.

**Tabell 1 Oversikt over hvilke forklaringsvariabler som er benyttet samt hvordan de er definert (Rema Control 2000).**

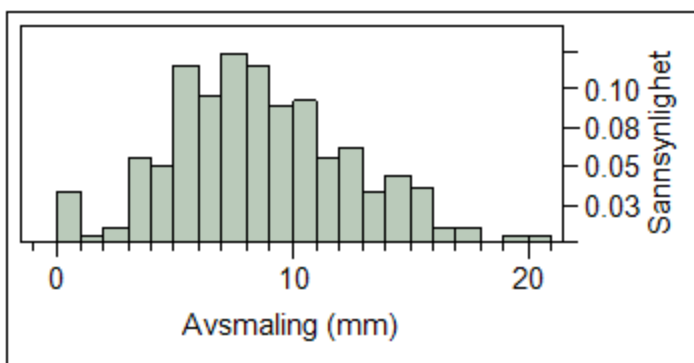
<b>Forklaringsvariabler</b>	<b>Forklaring</b>
Diameter (InmDia)	Registreres fra 5 til 15 cm fra toppen av stokken. Verdien beregnes av snittet til alle målingene i intervallet. Oppgis i mm. Kalles også innmålingsdiameter
Avsmalning (TAvm)	Gjennomsnittlig avsmalning i mm/meter fra toppen til midten av stokken. Kalles også for toppavsmalning. Uttrykket avsmalning i denne sammenheng er noe upresist, siden stokkene sages med toppen først er "diameterendring" et bedre uttrykk.
Pilhøyde (Pilhøyde)	Et uttrykk for krok. Definert som største avstand mellom stokkens beregnede senterlinje og ei rett referanselinje mellom stokkens endeflater. Oppgis i millimeter
Lengde	Bestemmes av pulsgiverne og fotocellene. Til den registrerte verdien adderes parameteren Stokklengde-korreksjon. Hvis styreskår oppdages, trekkes lengden av styreskåret fra total lengden. Oppgis i centimeter.

Resultatene er i første omgang basert på datasettet til klasse 12 og 16, det ble altså i første omgang ikke skilt mellom disse klassene når beregningene ble gjennomført. Dette kommer først seinere i dette kapitlet. Da kommer også en analyse av valideringssettet.



**Figur 14 Fordeling av relativ diameter. Y-aksen viser sannsynligheten for utfallene.**

Relativ diameter<sup>5</sup> hadde ett snitt på 1,008 med et standardavvik på 0,02. Laveste verdi som ble registrert var 0,95, mens høyeste var 1,05. Rent teoretisk så burde man ikke observere stokker med en relativ diameter under 1, fordi relativ diameter tar utgangspunkt i de nedre grensene i diameterklassene. Årsaken til at man likevel observerer et betydelig antall med verdi under en, er rett og slett fordi tømmerstokker sorteres feil på tømmer-sorteringen.

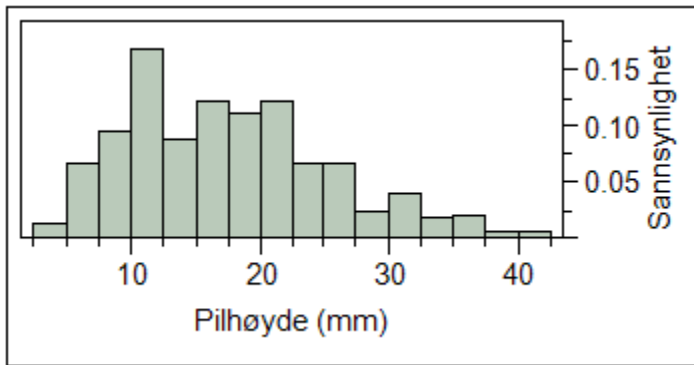


**Figur 15 Fordeling av avsmalning. Y-aksen viser sannsynligheten for utfallene.**

Avsmalning har et snitt på 8,7 mm/meter og et standardavvik på 3,7. Den maksimale verdien som ble observert var 20, men den minste var 0. Dette er i samsvar med etablert kunnskap. Norsk Virkesmåling bruker 10 mm/meter som standard for avsmalning (Norsk Treteknisk Institutt 2009).

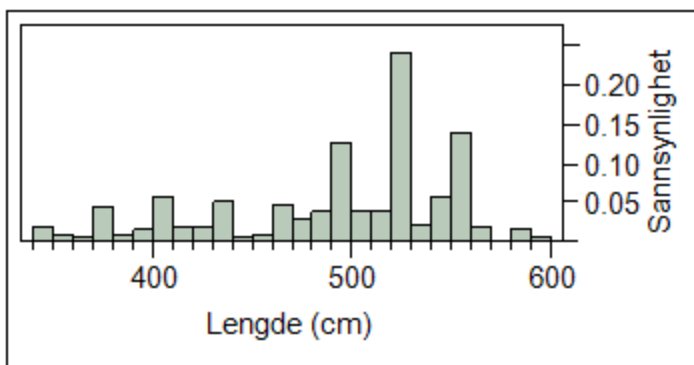
<sup>5</sup> Definert som faktisk diameter delt på nedre diametergrense i den aktuelle diameterklassen. Se kapittel 4.1 for mer informasjon.





**Figur 16** Fordeling av pilhøyde. Y-aksen viser sannsynligheten for utfallene.

Pilhøyde har ett snitt på 15,8 mm. Standardavviket til denne er 7,6. Høyeste verdi som er observert er 42, mens minste er 2.



**Figur 17** Fordeling av lengde. Y-aksen viser sannsynligheten for utfallene.

Lengden på stokkene fordeler seg jevnt utover, det er med andre ord ingen direkte systematikk i hvordan lengden på stokkene fordeler seg. Snittet ligger på 499 cm, med et standardavvik på 57. Høyeste observert verdi er 596 cm, mens minste er 345 cm.

Hvis man kjører de samme analysene på datasettet og samtidig skiller mellom de to diameterklassene, får man omtrent det samme resultatet. Denne tendensen kan man se av tabell 2. Her ser man gjennomsnittverdiene for forklaringsvariablene relativ diameter, avsmalning, pilhøyde og lengde. Tabellen viser også de samme beregningene for valideringssettet.

**Tabell 2** Viser gjennomsnittsverdiene for relativ diameter, avsmalning, pilhøyde og lengde fordelt på klassene 12 og 16, begge (12 og 16) samt klasse 6 som ble brukt til validering av modellene.

Klasse	Relativ diameter	Avsmalning	Pilhøyde	Lengde
12	1,007	8,8	15,9	496
16	1,008	8,6	15,8	504
Begge (12 og 16)	1,008	8,7	15,8	499
6 (validering)	1,005	8,9	15,0	478

Av tabell 2 ser man at gjennomsnittsverdiene varierer veldig lite. For eksempel kan man se at relativ diameter ligger mellom 1,005 og 1,008, noe som utgjør en forskjell på ca 1 prosent. Denne tendensen ser man også for avsmalning og pilhøyde, det er ikke stor variasjon mellom gjennomsnittverdiene. Selv om det ikke fremkommer av tabellen, så ble det også observert en liten variasjon i standardavviket mellom klassene for samtlige variabler.

For å bevise påstanden ovenfor ble det utført en enveis variansanalyse på gjennomsnittsverdiene til de fire forklaringsvariablene. Av denne analysen kom det frem at det ikke er noen signifikant forskjell mellom relativ diameter, avsmalning og pilhøyde ( $p$ -verdi  $> 0,05$ ).  $H_0$  kan dermed ikke forkastes.

For lengde er det heller ingen signifikant forskjell mellom klasse 12 og 16, men det er en signifikant forskjell mellom disse to og klasse 6 ( $p$ -verdi  $< 0,05$ ).  $H_0$  forkastes dermed i dette tilfelle.

Av dette kan det konkluderes at det ikke er en signifikant forskjell på verdiene til forklaringsvariablene mellom klasse 12, 16 og 6, med unntak av lengde.

### 3.3 Justering av datasettene

Hoveddatasettet består som nevnt av ca 1000 observasjoner fra diameterklasse 12 og 16. Problemet med dette var at bare ca 10 prosent av disse hadde registrert vankant. Dette gjorde at de første modellene som ble konstruert, kunne predikere nesten bare ikke-vankant og allikevel oppnå en veldig høy forklaringsgrad. Noe som ble sett på som lite hensiktsmessig. Derfor ble datasettet redusert til 266 observasjoner, hvor 70 av disse hadde registrert vankant. De resterende 196 uten vankant ble tilfeldig utplukket.

Enkelte uteliggere ble også fjernet fra datasettet. Det gjelder blant annet stokker med pilhøyde over 40 mm og stokker med en avsmalning over 25 mm/m. I tillegg ble stokker som hadde en relativ diameter under 0,95 og over 1,05 fjernet.

Datasettet som ble brukt til validering, ble samlet inn med samme metode som de andre datasettene. Dette datasettet besto av ca 900 stokker. Under valideringen av modellen ble enkelte uteliggere fjernet etter samme prinsipper som for hoveddatasettet.

## 4 Metode

### 4.1 Generell statistikk

For å få en oversikt over forklaringsvariablene ble blant annet gjennomsnitt (aritmetisk) og standardavvik beregnet. Disse beregningene ble blant annet benyttet for å bestemme intervallene for når det er aktuelt å kjøre modellene.

Gjennomsnitt ( $\bar{x}$ ) regnes ut ved å summere alle verdiene og dele på antall verdier, og uttrykkes som:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{Formel 1})$$

Hvor  $n$  er antall observasjoner mens  $x_i$  er de ulike observasjonene (Løvås 2005). Det ble testet om gjennomsnittene var forskjelling fra hverandre med en enveis variansanalyse med signifikansnivå ( $\alpha$ ) på 5 %. Hypotesene ble formulert på følgende måte:

$H_0$ : Gjennomsnittverdiene ( $\bar{x}$ ) er like

$H_1$ : Ikke alle gjennomsnittverdiene ( $\bar{x}$ ) er like

Standardavviket ( $\sigma$ ) er et mål for spredning av verdiene blant observasjonene i et datasett. Den er definert som kvadratroten av variansen og er definert med følgende formel:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Formel 2})$$

Der  $n$  er antall observasjoner,  $x_i$  er enkeltobservasjoner,  $\bar{x}$  er gjennomsnittlig verdi (Løvås 2005).

Variabelen relativ diameter ( $D_{rel}$ ) ble benyttet for å beskrive hvor stort uttak man skjærer fra hver enkelt tømmerstokk. Stokker med toppdiameter nær nedre grense vil ha større sannsynlighet for vankant. Relativ diameter er definert på følgende måte.

$$D_{rel} = \frac{D}{D_{ref}} \quad (\text{Formel 3})$$

Hvor  $D$  er diameteren til hver enkelt stokk, og  $D_{ref}$  er den nedre diametergrensen i den diameterklassen som stokken tilhører.

## 4.2 Statistisk hypotesetesting

Statistisk hypotesetesting er en metode for å skille mellom observasjoner som muligens har oppstått ved en tilfeldighet og observasjoner som det er lite sannsynlig å observere hvis nullhypotesen ( $H_0$ ) er sann. En standard null-hypotese sier at det ikke er forskjell mellom gruppene. I denne studien ble  $H_0$  og  $H_1$  definert på følgende måte;

$H_0$ : Forekomsten av vankant er uavhengig av variabelen.

$H_1$ : Det er en sammenheng mellom variabelen og forekomsten av vankant.

Eksempler på variabler som ble testet er pilhøyde og avsmalning. Selve testingen ble utført med hjelp av programmet JMP(SAS Institute Inc. 2010).

For å kunne forkaste  $H_0$  ble signifikantnivået satt til 0,05 (5 prosent), noe som vil si at sannsynligheten for å gjøre en type I feil er mindre enn 0,05. Type I og type II feil er definert på følgende måte.

Type I feil: Feilaktig avvisning av  $H_0$ .

Type II feil: Feilaktig godkjenning av  $H_0$ .

P-verdiene som estimeres beskriver altså sannsynligheten for type I feil. Ved å teste på et 0,05 nivå så vil det i praksis si at man er 95 prosent sikker på at  $H_0$  ble riktig forkastet eller ikke (Løvås 2005).

## 4.3 Logistisk regresjonsanalyse

For å konstruere modeller som kunne forklare når vankant oppstår, ble det benyttet en logistisk regresjonsanalyse med hjelp av programmet JMP. Dette er en metode som analyserer sammenhengen mellom en diskontinuerlig avhengig variabel med et sett med kontinuerlige

forklaringsvariabler. Selve tilpasningen ble gjort med hjelp av ”maximum-likelihood” estimering. Denne metoden estimerer verdiene på parameterne slik at treffprosenten til modellen maksimeres. Utvelgelsen av forklaringsvariablene ble gjort med en stegvis utvelgelse.

Funksjonen begrenser seg mellom verdiene 1 og 0. Jo høyere verdi, desto større sannsynlighet for et bestemt utfall. I dette tilfelle vil det si sannsynligheten for vankant. Den generelle formelen for funksjonen er:

$$P(x) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n)}} \quad (\text{Formel 4})$$

Hvor  $P(X)$  er sannsynligheten for vankant,  $\beta_0$  er konstantleddet og  $\beta_n$  er parameterens estimat til de forskjellige forklaringsvariablene  $X_n$  og  $e$  er grunntallet til den naturlige logaritmen.

Parameterestimatene ( $B_n$ ) beregnes av JMP og fastsettes til den verdien som gir modellen størst total forklaringsgrad. Som kategori ble det bare benyttet to verdier, altså vankant eller ikke vankant. Hvor verdien 0 vil si med vankant, mens verdien 1 vil si uten vankant.

#### 4.4 Vurdering av modellene

For å vurdere hvor godt modellene beskriver datasettet de er basert på, ble determinasjonskoeffisienten ( $R^2$ ) benyttet. Dette er forholdet mellom forskjellen til de reduserte negative log-likelihood-verdiene, og den begrenser seg mellom 0 og 1. Jo høyere verdi, desto bedre er modellen (SAS Institute Inc. 2010).

Root Mean Square Error (RMSE) er en annen metode for å vurdere modeller. RMSE er kvadratroten av middelkvadratfeilen. Det er ønskelig at denne variasjonen er så liten som mulig (SAS Institute Inc. 2010).

Missklassifiseringsraten er andel av responskategoriene i modellen som ikke er klassifisert likt som det som faktisk ble observert. Begrenser seg mellom 0 og 1. Bør være så liten som mulig (SAS Institute Inc. 2010).

## 4.5 Validering av modellene

Valideringen av samtlige modeller ble gjort med å sammenligne predikert med observert vankant. Resultatet av valideringen er oppsatt som kontinuitetstabeller<sup>6</sup>. Siden modellene tar utgangspunkt i to kategorier<sup>7</sup>, så vil valideringen gi fire mulige utfall:

- Predikert og observert med vankant
- Predikert og observert uten vankant
- Predikert med, men observert uten vankant
- Predikert uten, men observert med vankant

Kontinuitetstabellene viser antall tømmerstokker som har havnet i de forskjellige utfallene. Under valideringen ble samtlige modeller gitt grenseverdien  $P(\text{vankant}) = 0,50$ . Noe som vil si at hvis sannsynligheten for vankant oversteg 0,50 så ble plankene fra tømmerstokkene definert med vankant, og hvis sannsynligheten var under 0,50 ble de definert uten.

---

<sup>6</sup> En metode for å presentere resultatene av en validering.

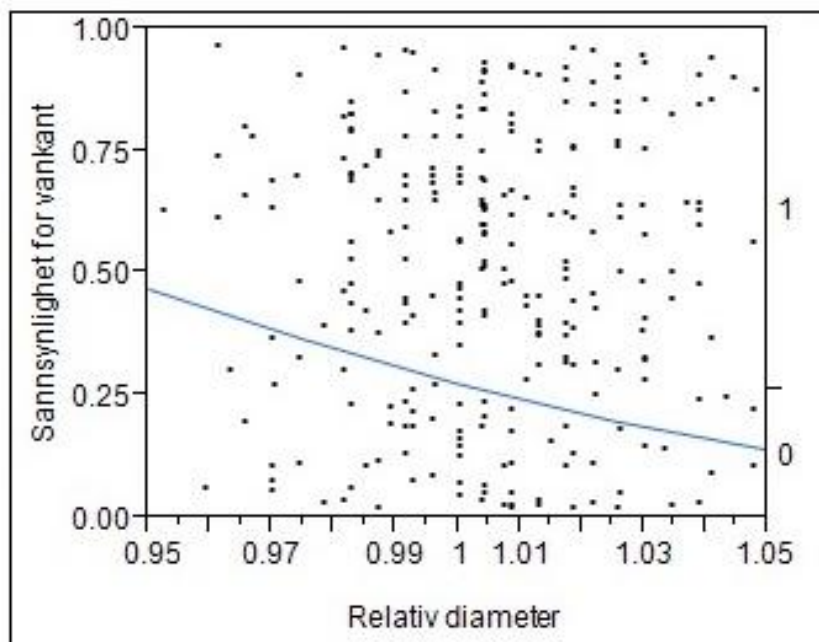
<sup>7</sup> Plankene som sages ut av tømmerstokkene, ble definert enten med- eller uten vankant.

## 5 Resultater

### 5.1 Hypotesetesting av de enkelte variablene

Først ble det kjørt statistisk hypotesetesting for variablene relativ diameter, avsmalning, pilhøyde og lengde. Dette for å vurdere om de har en signifikant påvirkning på sannsynligheten for vankant eller ikke.

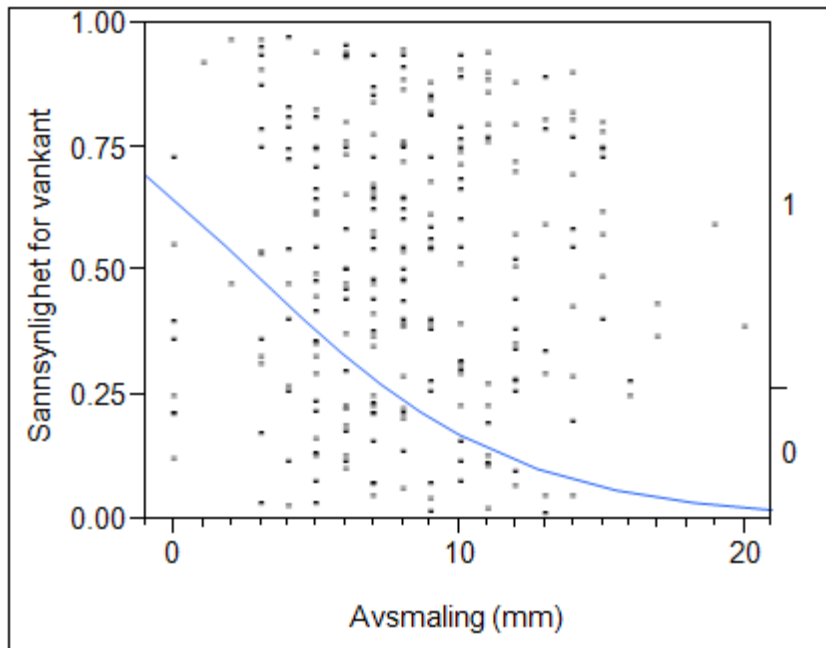
Figur 18-21 viser sannsynligheten for vankant. Langs X-aksene finner man de forskjellige forklaringsvariablene, mens Y-aksene viser sannsynligheten for utfallene (vankant eller ikke-vankant). Kurvene viser modellert sannsynlighet for å få vankant. Punktene på figurene er enkeltobservasjoner, dessverre kommer det ikke frem av figuren hvilke observasjoner som er definert med- og uten vankant.



**Figur 18 Sammenhengen mellom relativdiameter og sannsynligheten for vankant.**

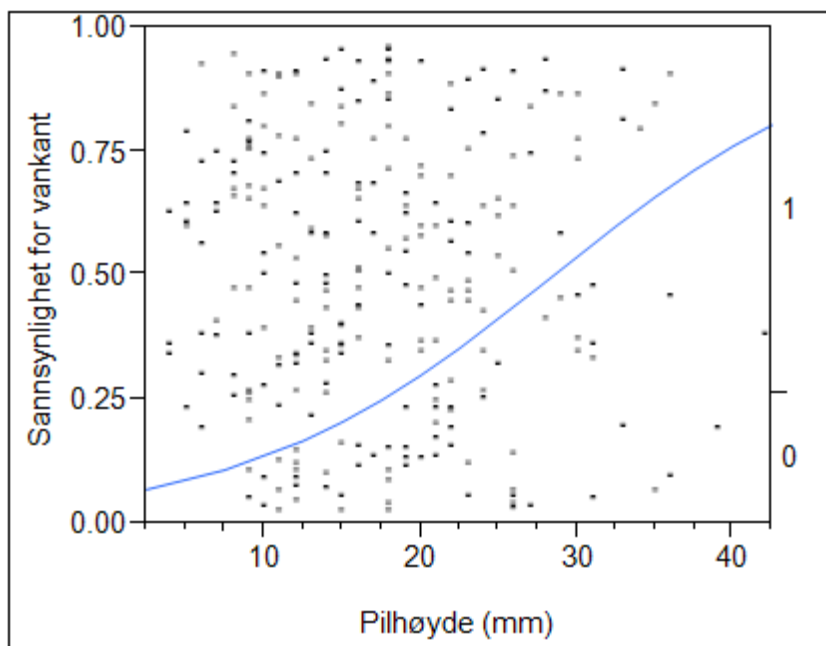
Av Figur 18 ser man at en økende relativdiameter reduserer sannsynligheten for vankant. Dette er som forventet. Relativ diameter er en signifikant forklaringsvariabel, med p-verdien 0,0186.  $R^2$  for relativ diameter er 0,02, mens RMSE er 0,44.





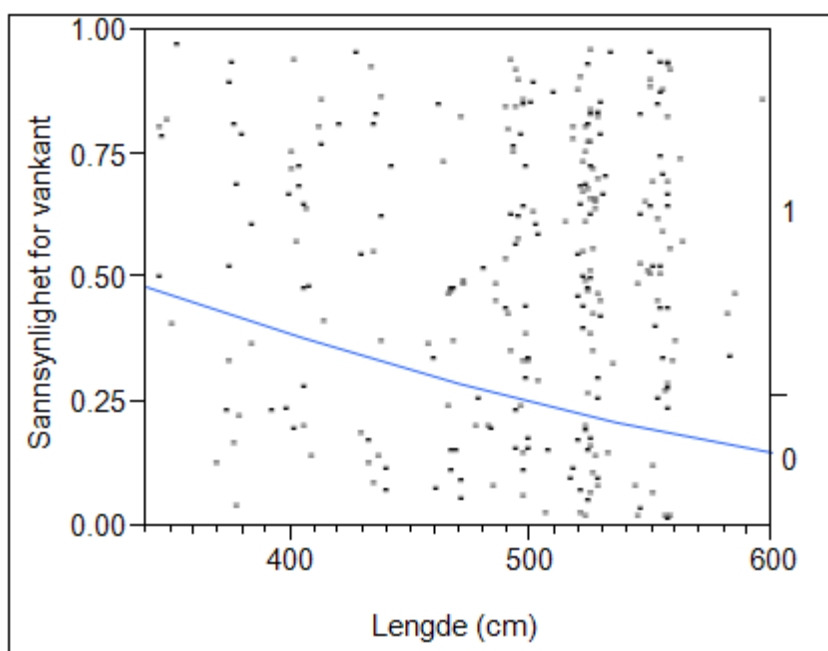
**Figur 19** Sammenhengen mellom avsmalning (mm/m) og sannsynligheten for vankant.

Av Figur 19 ser vi at en økende avsmalning gir redusert sannsynlighet for vankant. Dette er som forventet. Avsmalning er en signifikant forklaringsvariabel med p-verdi på  $<0,0001$ . Man kan også se av figuren at med en avsmalning over 15 er sannsynligheten for vankant veldig liten. Samtidig har avsmalning en  $R^2$  på 0,09 og en RMSE på 0,42.



**Figur 20** Sammenhengen mellom pilhøyde (mm) og sannsynligheten for vankant.

Figur 20 viser at med økende pilhøyde så øker sannsynligheten for vankant. Dette er som forventet. Man kan også se av figuren at pilhøyde er den forklaringsvariabelen som gir størst utslag på sannsynligheten for vankant i det analyserte materialet. Med 0 i pilhøyde er sannsynligheten tilnærmet null, mens den øker til ca 0,75 med en pilhøyde på 40 mm. Videre så ser man at det er ved en pilhøyde på ca 10 og oppover at sannsynligheten for vankant virkelig begynner å bli betydelig. Pilhøyde er en signifikant forklaringsvariabel med en p-verdi på  $<0,0001$ . For pilhøyde ligger  $R^2$  på 0,09 og RMSE på 0,41.



**Figur 21 Sammenhengen mellom lengde (cm) og sannsynligheten for vankant.**

Figur 21 viser sammenhengen mellom lengde og sannsynligheten for vankant. Av figuren ser man at økende lengde gir redusert sannsynlighet for vankant. Lengde er en signifikant forklaringsvariabel med p-verdi på 0,0064.  $R^2$  for lengde er 0,02 mens RMSE er 0,43.

At lengde i seg selv har påvirkning på vankant er ikke som forventet, årsaken til dette er mest sannsynlig at lengde har en korrelasjon med relativ diameter. For å belyse dette ble det lagd en multipel modell som hadde lengde og relativ diameter som forklaringsvariabler. Begge disse ble signifikante, og man kan dermed konkludere med at det mest sannsynlig ikke er noe stort problem med kolinearitet.

Av Figur 18-21 kan det dermed slutes at avsmalning, pilhøyde, lengde og relativ diameter alle er signifikante variabler ved estimering av vankant. Det fremkommer også av figurene at forklaringsvariablene påvirker sannsynligheten for vankant i samsvar med teorien (kapitel 2).

Det er dermed naturlig å benytte seg av disse i konstruksjonen av en modell som kan forutsi sannsynligheten for vankant.

Man kan også se at det er pilhøyde og avsmalning som oppnår høyest forklaringsgrad for vankant blant de fire forklaringsvariablene. De oppnår begge en  $R^2$  på 0,09. Dette er betydelig høyere enn de to andre som har  $R^2$  på ca 0,02. Samtidig er det bare pilhøyde og avsmalning som har en p-verdi på mindre enn 0,0001, de to andre ligger betydelig høyere.

Hvis man skiller på de to diameterklassene i datasettet og kjører samme analyse som ovenfor, ser man mye av de samme resultatene. Blant annet er tendensene som man observerte ovenfor den samme. Altså at med økende relativ diameter, avsmalning og lengde så reduseres sannsynligheten for vankant, mens med en økende pilhøyde så øker sannsynligheten.

Samtidig observeres det at det er noe forskjell på  $R^2$  for pilhøyde om man skiller mellom diameterklassene.  $R^2$  er 0,07 for klasse 12, mens den er 0,15 for klasse 16. Mens den som nevnt tidligere så var den 0,09 for begge samlet.

For avsmalning er forskjellen mellom de to klassene noe mindre.  $R^2$  for avsmalning for klasse 12 er 0,08. Mens for klasse 16 er den 0,10. Noe som er omtrent samme verdi som når man kjører begge diameterklassene sammen, da ble  $R^2$  som nevnt tidligere 0,09. Samtlige av forklaringsvariablene er signifikante.

Tester man valideringssettet med samme metode, ser man også de samme tendensene. Altså at med en økende relativ diameter, avsmalning og lengde så reduseres sannsynligheten for vankant, mens med en økende pilhøyde så øker sannsynligheten. Samtlige forklaringsvariabler er også der signifikante.

## 5.2 Estimering av modeller

For å komme frem til en optimal modell for å predikere vankant ble det konstruert flere modeller. Metoden logistisk regresjonsanalyse ble benyttet for samtlige (se kapittel 4.3). Forskjellen mellom de enkelte modeller begrenser seg til hvilke forklaringsvariabler som er benyttet.

For å komme frem til hvilke forklaringsvariabler som skulle inngå i de enkelte modeller, ble litt forskjellige strategier brukt, men det har vært et gjennomgående krav at samtlige forklaringsvariabler skal være signifikante.

Modell I ble konstruert for å være en modell med få forklaringsvariabler, noe som vil gjøre den enkel å bruke i praksis. Forklaringsvariablene som ble benyttet i Modell II ble valgt fordi det er disse man på forhånd forventer har størst påvirkning på vankant. For å komme frem til Modell III ble først samtlige forklaringsvariabler som var tilgjengelig i studien benyttet. Deretter ble de forklaringsvariablene som viste seg ikke å være signifikante fjernet. For Modell IV ble samme strategi benyttet som for Modell III, men her ble det i tillegg åpnet for å krysse variabler.

Modellene er listet opp i tabell 3-6. Forklaringsvariablene og parameterestimaterne er gitt i henhold til formel 4.

**Tabell 3 Modell I. Tabellen viser de ulike forklaringsvariablene som er benyttet, parameterestimaterne ( $\beta$ ) for disse samt standardavviket og p-verdien til hver enkelt (merkingen bak p-verdiene betyr at de er signifikante på et 5 prosent nivå).**

<b>Forklaringsvariabel</b>	<b>Parameterestimat</b>	<b>Standardavvik</b>	<b>P-verdi</b>
Intercept	-1,30	0,51	0,0110*
Avsmaling (mm)	-0,23	0,05	<,0001*
Pilhøyde (mm)	0,11	0,02	<,0001*

Av tabell 3 kommer forklaringsvariablene, standardavvik og p-verdi til Modell I. Begge forklaringsvariablene er signifikante (P-verdi < 0,05). Det relative standardavviket til forklaringsvariablene pilhøyde og avsmalning er henholdsvis på 18 og 22 prosent. For intercept er denne verdien på 39 prosent.

**Tabell 4 Modell II. Tabellen viser de ulike forklaringsvariablene som er benyttet, parameterestimaterne ( $\beta$ ) for disse samt standardavviket og p-verdien til hver enkelt (merkingen bak p-verdiene betyr at de er signifikante på et 5 prosent nivå).**

<b>Forklaringsvariabel</b>	<b>Parameterestimat</b>	<b>Standardavvik</b>	<b>P-verdi</b>
Intercept	24,02	8,87	0,0067*
Avsmaling (mm)	-0,25	0,05	<,0001*
Pilhøyde (mm)	0,11	0,02	<,0001*
Relativ diameter	-25,10	8,79	0,0043*

Av tabell 4 ser man estimatene til de fire forklaringsvariablene for Modell II. Man kan også se av tabellen at samtlige av variablene er signifikante ( $P$ -verdi  $< 0,05$ ). Standardavviket til de enkelte variablene kommer også av tabellen. For intercept og  $D_{rel}$  er det relative standardavviket ca 35 prosent, mens det er på henholdsvis 20 og 18 prosent for avsmalning og pilhøyde.

**Tabell 5 Modell III.** Tabellen viser de ulike forklaringsvariablene som er benyttet, parameterestimatene ( $\beta$ ) for disse samt standardavviket og  $p$ -verdien til hver enkelt (merkingen bak  $p$ -verdiene betyr at de er signifikante på et 5 prosent nivå).

Forklaringsvariabel	Parameterestimat	Standardavvik	P-verdi
Intercept	28,39	9,28	0,0022*
Avsmalning (mm)	-0,26	0,05	<,0001*
Pilhøyde (mm)	0,11	0,02	<,0001*
Relativ diameter	-25,96	8,10	0,0038*
Lengde (cm)	-0,007	0,002	0,0143*

Tabell 5 viser estimatet for de fem forklaringsvariablene til Modell III. Av tabellen kommer også standardavviket og  $p$ -verdien til hver enkelt variabel. Samtlige forklaringsvariable er signifikante ( $P$ -verdi  $< 0,05$ ). Det relative standardavviket til forklaringsvariablene avsmalning og pilhøyde er ca 19 prosent, mens for de resterende er det ca 30 prosent.

**Tabell 6 Modell IV.** Tabellen viser de ulike forklaringsvariablene som er benyttet, parameterestimatene ( $\beta$ ) for disse samt standardavviket og  $p$ -verdien til hver enkelt (merkingen bak  $p$ -verdiene betyr at de er signifikante på et 5 prosent nivå).

Forklaringsvariabel	Parameterestimat	Standardavvik	P-verdi
Intercept	33,77	10,01	0,0007*
Avsmalning (mm)	-0,28	0,05	<,0001*
Pilhøyde (mm)	0,11	0,02	<,0001*
Relativ diameter	-31,26	9,59	0,0011*
Lengde (cm)	-0,007	0,003	0,0158*
(Relativ diameter-1,01)*(Lengde-493,25)	-0,40	0,16	0,0110*

Tabell 6 viser estimatene til de fem forklaringsvariablene for Modell IV. Samtlige av forklaringsvariablene er signifikante ( $P$ -verdi  $< 0,05$ ). Den ene variabelen består av en krysning mellom variablene relativ diameter og lengde. Også i denne modellen ligger det relative standardavviket rundt ca 20 prosent for avsmalning og pilhøyde, og ca 30 prosent for de øvrige forklaringsvariablene.

### 5.3 Vurdering av modellene

For å kunne sammenligne modellene og komme med en vurdering av hvilken modell som er best egnet, ble samtlige modeller vurdert med hjelp av determineringsfaktoren ( $R^2$ ), root mean square error (RMSE) og misklassifiseringsraten (MCR).

**Tabell 7 viser determineringsfaktoren ( $R^2$ ), root mean square error (RMSE) og misklassifiseringsraten (MCR) for modell I-IV.**

Modell	$R^2$	RMSE	MCR
I	0,18	0,39	0,23
II	0,21	0,39	0,22
III	0,23	0,38	0,21
IV	0,25	0,37	0,21

Tabell 7 er en sammenstilling av vurderingene av Modell I-IV. Den viser  $R^2$ , RMSE og MCR for samtlige modeller. Av tabellen ser man at det er Modell IV som har høyest  $R^2$  med 0,25 og at det er Modell I som har den laveste verdien på 0,18. Som nevnt tidligere er det ønskelig at denne verdien er så stor som mulig (SAS Institute Inc. 2010).

Man kan også se av samme tabell at det samme mønsteret gjentar seg når man bruker RMSE for å vurdere modellene. Modell IV har laveste verdi med 0,37 mens Modell I har høyeste med 0,39. Det er ønskelig at disse verdiene er så små som mulig (SAS Institute Inc. 2010).

Ser man på MCR raten er det derimot Modell III og Modell IV som kommer best ut med en verdi på 0,21. Modell I kommer også her dårligst ut med en verdi på 0,23. MCR bør være så liten som mulig (SAS Institute Inc. 2010).

Et annet viktig poeng som kommer av tabell 7, er at det ikke er en veldig stor forskjell på forklaringsgraden til modellene.  $R^2$  varierer mellom 0,18 og 0,25. Samtidig begrenser MCR seg mellom 0,210 og 0,229, noe som ikke utgjør en veldig stor spredning. På grunnlag av dette kan man trekke den slutning at det ikke er en veldig stor forskjell på forklaringsgraden mellom modellene.

### 5.4 Validering av modellene

For å validere modellene ble samtlige testet på ett eksternt datasett. Dette datasettet er beskrevet i kapittel 3 og består av 903 observasjoner. Valideringen ble som nevnt tidligere

gjort med å sammenligne predikert med observert vankant. Tabell 8-11 viser antall tømmerstokker som har havnet i de forskjellige utfallene.

**Tabell 8 Kontinuitetstabell for Modell I. Verdiene som fremkommer er antall observasjoner.**

Observed	Uten vankant	33	742
	Med vankant	28	100
		Med vankant	Uten vankant
		Predikert	

Tabell 8 viser resultatet av valideringen av Modell I. Av tabellen ser man at denne modellen er dårligere enn de andre modellene. Dette er som forventet. Man ser at modellen korrekt predikerte 28 stykker med vankant og 742 uten. Noe som gir en total treffprosent<sup>8</sup> på 85. Det var 100 stokker hvor det ble observert vankant som modellen ikke predikerte riktig. Samt at det også var 33 stokker hvor modellen uriktig predikerte vankant på stokker som ikke hadde det.

**Tabell 9 Kontinuitetstabell for Modell II. Verdiene som fremkommer er antall observasjoner.**

Observed	Uten vankant	37	738
	Med vankant	40	88
		Med vankant	Uten vankant
		Predikert	

Ut fra tabell 9 ser man at Modell II korrekt predikerte 40 stykker med vankant og 738 uten. Dette gir en total treffprosent på 86,2. Samtidig var det 88 stokker hvor det ble observert vankant, men hvor modellen ikke predikerte riktig. Det var også 37 stokker hvor modellen uriktig predikerte vankant på stokker som ikke hadde det.

<sup>8</sup> Total treffprosent er definert som sum riktig predikert med- og uten vankant, delt på total antall observasjoner.

**Tabell 10** Kontinuitetstabell for Modell III. Verdiene som fremkommer er antall observasjoner.

Observed	Uten vankant	76	723
	Med vankant	52	52
		Med vankant	Uten vankant
		Predikert	

Av tabell 10 kommer det at Modell III predikerte korrekt 52 stykker med vankant og 723 uten. Dette gir en total treffprosent på 86. Samtidig var det 52 stkker hvor det ble observert vankant, men hvor modellen predikerte uten. Det var også 76 stkker hvor modellen uriktig predikerte vankant på stkker som ikke hadde det.

**Tabell 11** Kontinuitetstabell for Modell IV. Verdiene som fremkommer er antall observasjoner.

Observed	Uten vankant	64	711
	Med vankant	53	75
		Med vankant	Uten vankant
		Predikert	

Av tabell 11 ser man at Modell IV prediker korrekt 53 stykker med vankant og 711 uten. Noe som gir en total treffprosent på 85. Samtidig var det 75 som faktisk hadde vankant, og som modellen ikke klarte å predikerte riktig. Det var også 64 stkker hvor modellen uriktig predikerte vankant på stkker som ikke hadde det.

For lettere å kunne sammenligne valideringen av de ulike modellene, ble det beregnet relative verdier basert på tabell 8-11. Ut fra dette ser man at Modell I vil kunne redusere andelen stkker hvor vankant oppstår, med ca 22 prosent. Modell II vil kunne redusere med 31 prosent. Modell III med 40 prosent, og Modell IV vil kunne redusere andelen med 41 prosent.

Av totalt antall stkker vil dette si en reduksjon fra 14,2 prosent til 11,1 prosent for Modell I. For Modell II tilsvarer dette en reduksjon til 9,7 prosent, mens den reduseres til 8,4 prosent for Modell III, og 8,3 for Modell IV. En nedgang på henholdsvis 3,1- 4,4-5,8 og 5,9 prosentpoeng.

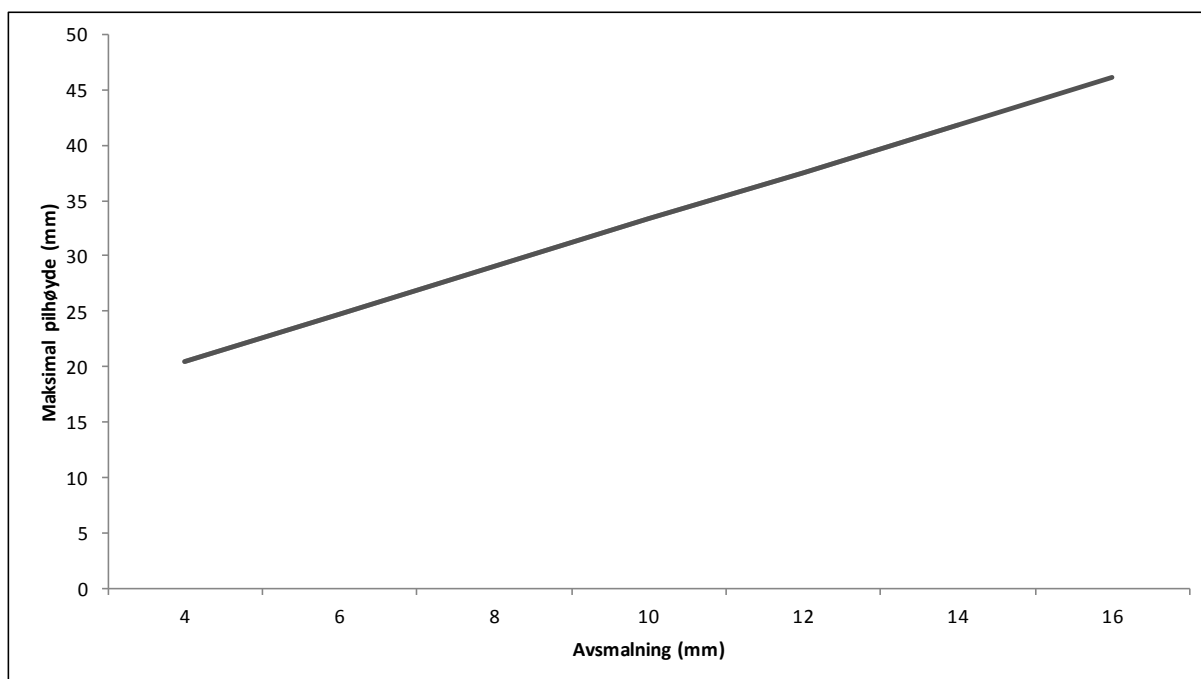


Utfordringen med samtlige modeller er at de alle uriktig estimerer vankant på en del stokker. For Modell I dreier det som om ca 3,7 prosent, for Modell II ca 4,1 prosent, Modell III 8,4 prosent og for Modell IV 7,1 prosent av totalt antall tømmerstokker.

## 5.5 Visualisering av utvalgte modeller

Årsaken til at det bare er Modell I og II som er visualisert i Figur 22 og 23, kommer av praktiske årsaker. Det blir nemlig veldig komplisert å visualisere modeller med flere enn tre forklaringsvariabler.

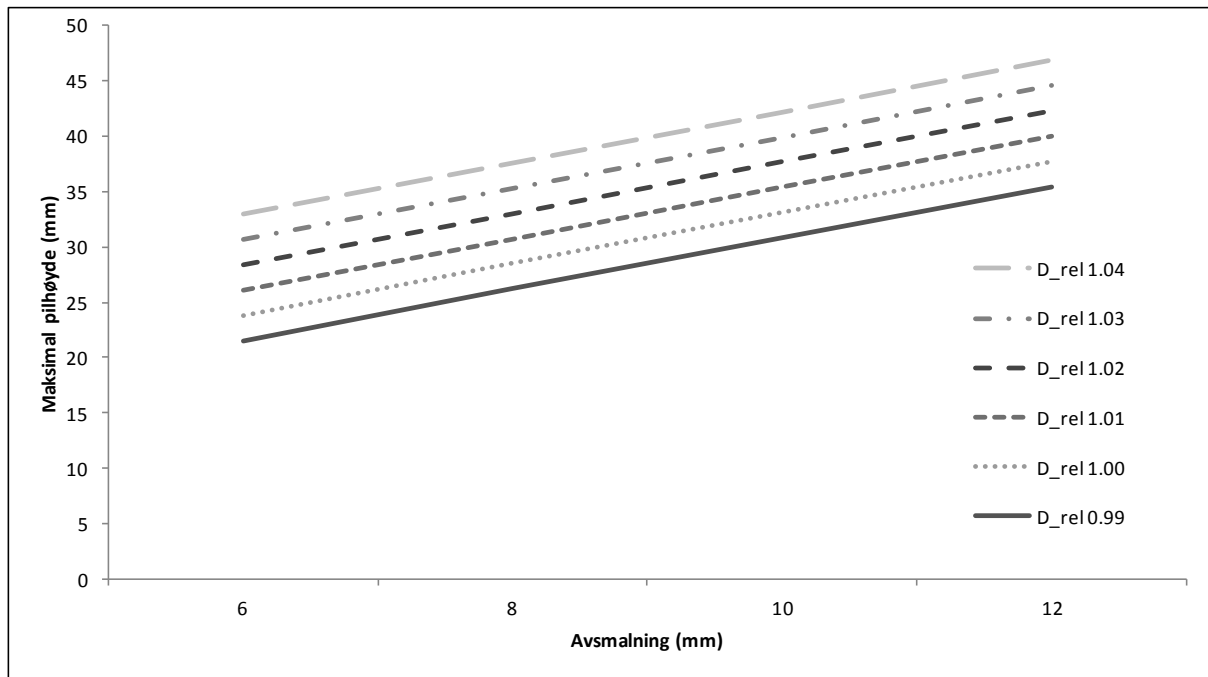
Verdiene som fremkommer av visualiseringen (Figur 22 og 23) er de maksimale verdiene som forklaringsvariablene kan ha, uten at det forventes vankant. Altså  $P(\text{vankant}) = 0,50$ .



**Figur 22 Visualisering av Modell I. Avsmalning (mm/m) langs x-aksen og pilhøyde (mm) langs y-aksen. Verdiene som fremkommer er de maksimale verdiene forklaringsvariablene kan ha, uten at det forventes vankant.**

Figur 22 er en visualisering av Modell I. Dette er en enkelt modell, som bare har de to forklaringsvariablene, avsmalning og pilhøyde. Av figuren ser man at med en økende avsmalning, så tolereres en økende pilhøyde. Funksjonen som ligger bak Figur 22 ser man av formel 5.

$$\text{Pilhøyde (maks)} = 2,14 * \text{Avsmalning} + 11,92 \quad (\text{Formel 5})$$



**Figur 23 Visualisering av Modell II. Avsmalning (mm/m) langs x-aksen og pilhøyde langs y-aksen. Grafene representerer ulike verdier for relativ diameter. Verdiene som fremkommer er de maksimale verdiene forklaringsvariablene kan ha, uten at det forventes vankant.**

Av Figur 23 ser man at med en økende avsmalning og økende relativ diameter så tolereres det en økende pilhøyde. Visualiseringen er begrenset av intervallet 4 til 12 for avsmalning og 0,99 og 1,04 for relativ diameter. Intervallet for denne modellen er noe innsnevret, dette fordi modellen har flere forklaringsvariabler i forhold til Modell I.

## 6 Diskusjon

### 6.1 Modellene

Ser man på hvordan de enkelte modellene forklarer datasettet de er basert på, så er det Modell IV som kommer best ut. Den har høyest  $R^2$  og RMSE og nest lavest MCR. Problemet med denne modellen er at den har hele 5 forklaringsvariabler. Dette gjør at den blir komplisert å bruke i praksis. Noe av det samme gjelder for Modell III. Den blir kun slått av Modell IV med tanke på forklaringsgrad.  $R^2$  har en verdi på 0,23. Men antall forklaringsvariabler på fire er i meste laget for praktisk bruk.

Den samme tendensen ser man av valideringen av modellene. Validering sier noe om hvor godt modellene egner seg til å predikere vankant. Den viste at den totale treffprosenten til samtlige modeller var meget god. Alle oppnådde en nøyaktighet på ca 85 prosent.

Når det gjaldt evnen til å predikere vankant er den lavere. Modellene (I-IV) klarte bare å predikere korrekt vankant på henholdsvis 21, 31, 43 og 44 prosent. Dette er i seg selv ikke dårlig. Problemet er at modellene også feilaktig predikerte vankant på henholdsvis 4,4,8 og 7 prosent av samtlige tømmerstokker.

Denne feilaktige predikeringen vil kunne medføre en kostnad i form av redusert skurutbytte. Som nevnt tidligere er tanken at tømmerstokker med for høy pilhøyde, skal nedklassifiseres minst en diameterklasse. Siden man skjærer et mindre uttak jo lenger ned i diameterklassene man kommer, er det forventet at man dermed vil kunne unngå vankant på nettopp disse stokkene. Så selv om man oppnår en økonomisk forbedring fordi andelen med vankant reduseres, så pådrar man seg altså også en kostnad som følge av feilaktig predikert vankant. Hvilke av disse to faktorene som har størst økonomisk betydning, kommer ikke frem av denne studien. Man kan altså ikke på grunnlag av denne studien, konkludere med at bruk av resultatene vil føre til en forbedring av det økonomiske resultatet for Haslestad totalt sett.

Det at de stokkene som korrekt blir nedklassifisert på grunn av vankant, og dermed får et noe lavere skurutbytte, ansees ikke som et problem. Dette fordi alternativet er at de enten må vrakes eller deles opp i mindre bord.

## 6.2 Kritikk

Selv om diameter, pilhøyde og avsmalning er de variablene som har størst påvirkning på vankant, finnes det andre faktorer som er betydelige. Sagbruksaktivitet er på mange måter ingen presisjonsvirksomhet. Alle tømmerstokker er forskjellige, noe som kompliserer den daglige driften. Et eksempel på faktorer som skaper feilkilder, kan være at måleramma registrerer feil data, feil i rundvrideren, feil stokksentrering eller feil ved selvmating i redusereren. Det kan også oppstå vankant som følge av at stokken har en skade som gjør at den har lav diameter enkelte steder på stokken. Slike faktorer er det vanskelig å ta høyde for i en modell, noe som gjør at forklaringsnivået til modellene reduseres.

Det at målerammene registrerer feil data, kan komme av flere årsaker. Blant annet så måler man tømmerstokkene med bark på tømmer-sorteringa, mens de måles uten bark på saga. Måleramma på sorteringa trekker fra barktykkelsen med hjelp av målinger på områder uten bark. Denne metoden er avhengig av at minst 4 prosent av overflaten til stokkene er uten bark, noe som ikke alltid er tilfelle. Andre faktorer som kan redusere nøyaktigheten til målerammene er mørk farge på stokkene eller mye snø og is.

Selve postingen er også en kilde til usikkerhet rundt modellen. Hver enkelt diameterklasse har ca 10 forskjellige typer postninger, og hvor stort utbytte disse postningene har, varierer noe. For postninger hvor uttaket er relativt lite pr. stokk, vil man ikke observere vankant selv om forholdene tilsier dette. Mens for postninger hvor uttaket er relativt stort, kan man risikere vankant selv om den ikke er forventet. Dette fenomenet er det ikke tatt hensyn til i modellene, noe som gjør at modellenes nøyaktighet reduseres.

Ovalitet er en annen faktor som modellene ikke tar hensyn til. Dette er en svakhet med modellene da så godt som samtlige tømmerstokker er mer eller mindre ovale. Målerammene oppgir verdier for ovalitet. Den er definert som forskjellen mellom minste diameter og den diameteren som er vinkelrett på denne. Det er ikke gjort forsøk på å benytte disse verdiene i denne studien. Ved en eventuell forbedring av modellene bør man vurdere å trekke inn ovalitet som en forklaringsvariabel.

Målerammene registrerer også en verdi som kalles ”Pillæge”. Dette er avstanden fra toppen av stokken til stedet hvor pilhøyden er størst. Det har ikke blitt testet om dette er en verdi som

kan være med på å forklare vankant. Dette er også en verdi man bør vurderer å benytte ved en eventuell forbedring av modellene.

Som nevnt tidligere ble bedømmelsen av vankant eller ikke-vankant basert på visuelle observasjoner. Dette har sine klare svakheter. Det ble blant annet vanskelig å være konsekvent i bedømmelsen av hver enkelt stokk. Det optimale her hadde vært å ha et automatisk system som gjorde denne jobben. Et slikt system ville vært mye mer konsekvent ved bedømmelsen av vankant, og gjort det enklere å samle inn et større datasett. En annen metode kan være å ta mer nøyaktige mål av planker med vankant og basere modellene på dette. Antageligvis er det den manuelle bedømmingen av vankant eller ikke-vankant som er den største feilkilden i denne studien.

Det ble bare benyttet to kategorier i studien (vankant/ ikke-vankant). Årsaken til dette var at det viste seg å være vanskelig å registrere vankant i flere kategorier. Det å bedømme graden av vankant bare ved å se på plankene uten noen hjelpemidler mens de passerer i 50 meter/ minutt var ikke hensiktsmessig.

Det er også en svakhet med modellene at dataene som de baserer seg på bare kommer fra utvalgte diameterklasser. Årsaken til dette er begrensing med tanke på disponibel tid.

Verdiene som fremkommer av Figur 22 og 23 er de maksimale verdiene på forklaringsvariablene som toleres, samtidig som det ikke forventes vankant. Som nevnt tidligere er det disse verdiene som skal benyttes av tømmer-sorteringa. Om det er ønskelig å benytte seg av maks-verdiene i praksis, er en vurdering som må avklares. Kanskje er det bedre å senke grenseverdiene noe, slik at man er mer sikker på å unngå vankant. Dette vil hovedsakelig føre til to ting, nemlig at det totale skurutbytte reduseres fordi flere stokker nedklassifiseres, samtidig som andelen planker med vankant reduseres.

### 6.3 Videre forskning

Denne studien har analysert de maksimale grenseverdiene man kan ha for lengde, pilhøyde, diameter og avsmalning, og samtidig unngå at vankant oppstår på midten av trelasten. Studien har ikke undersøkt hvor mye tømmerstokkene bør nedklassifiseres hvis man overskrider grenseverdiene. I denne studien er det bare tatt for gitt at en diameterklasse er tilstrekkelig.

Kanskje vil det for enkelte stokker være nødvendig i nedklassifisere flere klasser. Dette er noe man kunne sett nærmere på.

Som nevnt tidligere i dette kapitlet, medfører en eventuell bruk av resultatene både en økonomisk besparelse og en kostnad. Den økonomiske gevinsten kommer av redusert andel plank med vankant, mens tapet kommer fordi man unødvendig nedklassifiserer tømmerstokker. Denne studien har ikke sett på hvor store disse to faktorene er, dette er noe som man burde undersøke før man eventuelt bestemmer seg for å ta i bruk resultatene av denne studien.

## 7 Praktisk bruk av resultatene

Selv om dette kapitelet ligger noe utenfor selve formålet med oppgaven, så har jeg valgt å ta det med. Årsaken til dette kommer av at jeg ønsker at oppgaven skal kunne brukes direkte av Haslestad, uten at de selv skal måtte gjøre noen ekstra beregninger. Da må dette kapitelet følge med.

### 7.1 Generell informasjon om bruk

Som nevnt tidligere skal resultatene av denne studien benyttes av tømmer-sorteringen på Haslestad. For å få til dette må resultatene legges inn i datasystemet som styrer tømmer-sorteringen. Systemet som benyttes er ”Rema System 9015”.

For å unngå vankant må man nemlig gjøre tiltak på tømmer-sorteringen. Når stokkene har kommet til saga er det for seint. Ved å nedklassifisere stokker hvor vankant mest sannsynlig vil oppstå, er det forventet at dette vil gjøre at man unngår vankant fordi man skjærer et mindre uttak jo lenger ned i diameterklassene man kommer. Dermed øker man avstanden mellom plankene og ytterkanten til tømmerstokkene, og sannsynligheten for vankant bør dermed reduseres.

Resultatene av denne undersøkelsen skal altså legges inn i en tabell som består av 10 kolonner og opp til 30 rader. Tabellen har følgende oppsett, se Figur 24. Denne figuren er hentet fra brukermanualen til systemet (Rema Control 2006a).

Kolumn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Kval	Toppdia	Avsmgrans	Avsm kort %	Avsm norm. %	Avsm Lång %	Pilh grans	A	B	Utsort grans
Rad										
1	1 - 3	0 - 149	10	110	105	100	12	85	150	25
2	1	150 -	10	110	110	115	12	110	75	15
3	2 - 3	150 -	15	75	75	75	15	100	175	0
.										
.										
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Figur 24** Viser tabellen i Rema systemet hvor resultatene fra denne studien skal benyttes. Verdiene som fremkommer av figuren er kun eksempel verdier.

Figur 24 viser den nevnte tabellen i Rema systemet. Siden systemet er laget i Sverige, er tabellen på svensk. Programmet fungerer slik at det søker igjennom radene til det finner en rad hvor alle parametrene stemmer overens. Dette gjør at man ikke behøver å legge inn radene

i en bestemt rekkefølge. De kolonnene som er gitt verdien "0" vil ikke bli benyttet av programmet. Verdiene i tabellen må legges inn etter en bestemt metode ettersom hvordan man ønsker at de skal leses av programmet (se tabell 12).

**Tabell 12 Oversikt over hvordan verdiene i Rema systemet skal legges inn for at systemet skal lese de riktig.**

Metode	Forklaring
X	Bare verdien X
-X	Til og med verdien X
X-	Fra og med verdien X
X.Y	Verdien X og Y
X-Y	Fra verdien X til og med verdien Y
-X.Y-	Til og med verdien X og fra og med verdien Y

Hver enkelt kolonne i tabellen har sin funksjon, mer om hver enkelt kolonne følger nedenfor.

#### Kolonne 1

Her legger man inn de tømmerkvalitetene som korreksjonen skal gjelde for.

#### Kolonne 2

Her angir man øvre og nedre grense for den diameterklassen som skal korrigeres. Angis i mm.

#### Kolonne 3

Grenseverdien for når korreksjonen for avsmalning skal gjelde. Altså hvis stokkens avsmalning overstiger innsatt verdi så økes diameteren til

$$\text{Dia} = \text{dia} + \frac{(\% \cdot \text{Avsm})}{100} \quad (\text{Formel 6})$$

#### Kolonne 4

Angir hvor mange prosent av stokkens avsmalning som diameteren skal økes med for korte stokker. Avsm% i formelen til kolonne 3. Grensen for korte stokker angis i en annen tabell.

#### Kolonne 5

Angir hvor mange prosent av stokkens avsmalning som diameteren skal økes med for stokker med normal lengde. Avsm% i formelen til kolonne 3. Grensen for korte stokker angis i en annen tabell.



**Kolonne 6**

Angir hvor mange prosent av stökkens avsmalning som diameteren skal økes med for lange stokker. Avsm% i formelen til kolonne 3. Grensen for korte stokker angis i en annen tabell.

**Kolonne 7**

Hvis pilhøyden overstiger innsatt verdi i mm, beregnes det en diameterreduksjon.

**Kolonne 8**

Faktor "A". Denne angir hvor stor andel av verdien til pilhøyde som skal benyttes ved beregning av diameterreduksjon.

**Kolonne 9**

Faktor "B". Angir hvor stor andel av produktet av avsmalning og relativ lengde som skal benyttes ved beregning av diameterreduksjon.

**Kolonne 10**

Hvis diameterreduksjonen eller pilhøyden overstiger innsatt verdi i mm så utsorteres stokken på grunn av krok.

Faktorene "A" og "B" som er nevnt i kolonne 8 og 9, er to variabler som inngår i to formler for å beregne en eventuell diameterreduksjon av stökkene. Diameterreduksjonen er gitt som forskjellen mellom P og M (formel 7). Enkelt forklart fungerer denne slik at stor pilhøyde vil trekke diameteren til tømmerstokken ned, mens stor avsmalning vil trekke diameteren opp.

$$Diameterreduksjon = P - M \quad (\text{Formel 7})$$

$$P = \frac{A}{100} * Pilhøyde \quad (\text{Formel 8})$$

$$M = \frac{B}{50} * Avsmalning * \frac{\text{Avstand fra toppen til maksimal pilhøyde}}{\text{Referanselengde}} \quad (\text{Formel 9})$$

Informasjonen i dette underkapitlet er hentet fra brukermanualen til systemet (Rema Control 2006a).

## 7.2 Anbefalte Grenseverdier

Her presenteres grenseverdiene som jeg anbefaler Haslestad å legge inn i datasystemet for å redusere andelen plank med vankant. Disse verdiene er basert på Modell I. Dette på tross av at det er Modell I som er dårligst til å predikere vankant. Årsaken til dette er store begrensinger på datasystemet som styrer tømmer-sorteringen. Det er nemlig bare mulig å bruke avsmalning og pilhøyde som forklaringsvariabler ved sortering med tanke på vankant.

Faktorene "A" og "B" er beregnet ut fra formel 5, som igjen kommer av Modell 1 med visse forutsetninger. Av denne ser man at hvis pilhøyden øker med 1, så må avsmalningen øke med 2,2 for fortsatt å unngå vankant. Siden "A" verdien deles på 100 og "B" verdien på 50 (Formel 5), så blir de anbefalte verdiene som følger "A" = 50 og "B" = 55. Dette vil gjøre at hvis grenseverdiene overskrides, så trekkes det minimum 5,7 mm fra diameteren til stokken. Dermed vil stokker som ligger høyt opp i diameterklassene ikke nødvendigvis nedklassifiseres, men sannsynligheten for nedklassifisering vil øke med økende pilhøyde. Hvor mange klasser stokkene vil nedklassifiseres, kommer an på hvilken diameterklasse stokkene befinner seg i. Dette fordi størrelsen på de enkelte diameterklasser varierer.

For enkelte diameterklasser er det ikke nødvendig å ta hensyn til vankant. Dette blant annet fordi postningene er slik at vankant nesten ikke forekommer. Eller så er kravet til vankant slik at man tolererer så mye at det ikke er nødvendig å ta hensyn til dette. De klassene hvor det derimot er aktuelt å ta hensyn til vankant, er fra og med 5 til og med klasse 19.

Verdiene som det anbefales at legges inn i datasystemet ved tømmer-sorteringen, kommer av tabell 13. De diameterklassene hvor det er aktuelt å ta hensyn til vankant, er delt i to intervaller. Begge intervallene har 20 som grense for avsmalning. Overskrides denne vil det bli beregnet en diameterreduksjon basert på formel 7. Årsaken til at nettopp denne verdien er benyttet, er at både modellen og faktiske observasjoner tilsier at under denne verdien er problemet med vankant helt minimalt.

**Tabell 13 Anbefalte grenseverdier til bruk ved tømmer sorteringa på Haslestad. Verdiene kommer av Modell IV.**

Kolumn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rad	Kval	Toppdia	Avsmgrans	Avsm kort %	Avsm norm. %	Avsm Lång %	Pilh grans	A	B	Utsort grans
1	0	169 - 269	0	0	0	0	20	50	55	0
2	0	270 - 339	0	0	0	0	20	70	55	0
3										
.										
.										
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabell 11 viser hvilke verdier som det anbefales at benyttes, samt hvordan de skal legges inn i tabellen. Som nevnt tidligere har hver enkelt kolonne sin egen funksjon. Det er ikke nødvendig å benytte samtlige kolonner. De kolonnene som det ikke er nødvendig å benytte er kolonne 1, 3, 4, 5, 6 og 10.

Årsaken til at "A" og "B" faktorene er forskjelling for de to intervallene, har med størrelsen på diameterklassene. De største diameterklassene har nemlig mye større avstand mellom øvre og nedre grense for diameter. Derfor er det nødvendig å øke diameterreduksjonen (faktor "A") for disse.

Den maksimale pilhøyden som tolereres for alle diameterklasser er 45. Denne begrensingen legges inn i en annen tabell i systemet. Overskrides denne grensen sorteres stokken ut og den sendes til Bergene Holm Larvik. Dette gjøres fordi de har en saglinje som bedre egner seg til å sage stokker med stor pilhøyde.

## 8 Konklusjon

Denne studien har vist at det er mulig å predikere sannsynligheten for vankant. I denne forbindelse viser det seg at det er pilhøyde og avsmalning som er de to viktigste forklaringsvariablene, men at også relativ diameter og lengde har en signifikant effekt.

Modell IV har flest forklaringsvariabler og er den modellen som best predikerer sannsynligheten for vankant. Ved bruk av denne modellen kan man forvente en nedgang fra 14,2 til 8,3 prosent av totalt antall tømmerstokker som får vankant på plankene, noe som tilsvarer en nedgang på 40 prosent. Ulempen med modellen er at den samtidig uriktig vil estimere vankant ca 7 prosent av alle tømmerstokker.

Da det er store begrensninger på datasystemet som styrer tømmer-sorteringen, er det kun Modell I som er aktuell å benytte. Denne vil kunne redusere andelen stokker som får vankant fra 14,2 til 11,1 prosent av totalt antall. Dette tilsvarer en nedgang på ca 22 prosent. Denne modellen vil uriktig estimere vankant på ca 4 prosent av alle tømmerstokker.

## 9 Referanser

Bergene Holm AS. (2011). Årsberetning 2011.

Løvås, G. G. (2005). *Statistikk for universiteter og høyskoler*. Oslo: Universitetsforlaget. 489 s.

Norsk Treteknisk Institutt. (2009). *Treteknisk Håndbok*. Oslo: M-Sats & Strandberg Grafisk AS. 388 s.

Norsk Virkesmåling. (2012a). *Målereglement for skogsvirke, Sagtømmer*. NVM Dokument B1, Godkjent 29. februar 2012. Tilgjengelig fra: [www.m3n.no](http://www.m3n.no) (lest 10.02.2013).

Norsk Virkesmåling. (2012b). *Målereglement for skogsvirke, Definisjoner*. NVM Dokument D, Godkjent 29. februar 2012. Tilgjengelig fra: [www.m3n.no](http://www.m3n.no) (lest 13.03.2013).

Rema Control. (2000). *RemaLog 3D*. Brukermanual for måleramme (saga), 3.0.

Rema Control. (2006a). *Rema System 9015*. Brukermanualt for operativsystemet til målerammene, 2.02 (2066-21-11).

Rema Control. (2006b). *RemaLog Bark Matramsparm*. Brukermanual for måleramme (tømmersorteringa), 1.3.

SAS Institute Inc. (2010). *JMP Pro 10*. Statistical Computer Program s.

Wellberg, F. (2007). *Livsverk: Bergene Holm AS 1946-2006*. Larvik: Bergene Holm AS. 120 s.