



# Kvantifiering av stenmängd i massavedsleveranser

*Stone quantification in pulpwood deliveries*

---

Erik Näsmark

Examensarbete • 30 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi (SBT)

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2023:9

Umeå 2023



# Kvantifiering av stenmängd i massavedsleveranser

*Stone quantification in pulpwood deliveries*

Erik Näsmark

**Handledare:** Dag Fjeld, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi  
**Extern kontaktperson:** Torbjörn Edman, SCA Skog  
**Extern kontaktperson:** Mikael Sundelin, SCA Skog  
**Examinator:** Ola Lindroos, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

**Omfattning:** 30 hp  
**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E  
**Kurstitel:** Masterarbete i skogsvetenskap, A2E – Skogens biomaterial och teknologi  
**Kurskod:** EX0956  
**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet  
**Kursansvarig inst.:** Skogens biomaterial och teknologi, SBT  
**Utgivningsort:** Umeå  
**Utgivningsår:** 2023  
**Omslagsbild:** Erik Näsmark  
**Upphovsrätt:** Alla bilder har använts med upphovspersonens tillstånd.  
**Serietitel:** Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi  
**Delnummer i serien:** 2023:8  
  
**Nyckelord:** sten, massaved, underlag, snödjup, massavedsleveranser

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

## Sammanfattning

Stora volymer massaved levereras dagligen till olika industrier i landet. Virket som levereras från skogen hanteras flertalet gånger av gripar och det finns därmed en stor risk att föroreningar som stenar kan följa med till industrierna. Om stenar följer med kan de orsaka stillestånd och haverier i renseriprocessen där stockar rensas, barkas och sönderdelas. Denna studie haft som huvudmål att kvantifiera omfattningen av sten som följer med massavedsleveranser, ett problem som belystes i samarbete med SCA.

För att undersöka detta gjordes tre delstudier. Inledningsvis gjordes en intervjustudie med sex operatörer från SCA:s renserier för att få en bakgrund till problemet och dess omfattning. Därefter gjordes ett fältförsök med fyra maskinlag inom Östrands upptagningsområde. De lade virket i välter med och utan underlag för att undersöka om underlag har en betydelse för stenförekomsten. Totalt användes 30 kranbilar i försöket, 15 vardera från avlägg med respektive utan underlag. Samtidigt pågick det en industriuppföljning där det gjordes veckovisa registreringar av stenmängd och mängd massaved (producerad flis).

Resultatet visade att det förekommer mycket sten kopplat till massavedsleveranser under barmarkssäsongen enligt alla delar i studien. Det följde med ungefär dubbelt så mycket sten från avlägg utan underlag ( $0,035 \text{ kg/m}^3 \text{ fub}$ ) jämfört med avlägg med underlag ( $0,016 \text{ kg/m}^3 \text{ fub}$ ) medan industriuppföljningen visade på ännu högre förekomst ( $0,075 \text{ kg/m}^3 \text{ fub}$ ). Mest sten återfanns under barmarkssäsongen och mängden minskade med ökad snömängd. Det påvisades en statistiskt signifikant skillnad mellan barmark och snötäckt mark i kombination med användandet av underlag där det under perioden för barmark följde med mer sten än under den period det var snö. Utifrån resultaten kan man dra slutsatsen att det följer med mycket sten till industrierna samt att underlag gör skillnad och bör användas under barmarkssäsongen. Dock krävs det ytterligare studier för att utreda vad som påverkar förekomsten av sten, samt vilka ytterligare konsekvenser stenförekomsten resulterar i på industrierna.

*Nyckelord:* sten, massaved, underlag, snödjup, massavedsleveranser

## Abstract

Large volumes of pulpwood are delivered to Swedish mills every day. The logs are handled with grapples several times on the way to the mill. This handling increases the risk of stones and other foreign materials entering the wood handling process, which can cause stops and breakdowns. This study aimed to quantify the occurrence of stones in pulpwood deliveries, a problem that was addressed in collaboration with SCA.

Interviews were conducted with six experienced operators in the debarking and chipping process. The interviews covered the extent of the stone problem and operator experience regarding important factors and consequences for debarking and chipping. The interviews were followed by a field trial that were conducted in the wood catchment area for SCA's Östrand pulp mill. Four logging crews were provided with instructions regarding alternative methods of timber bedding under the log piles at the landings; half of the landing volumes had bedding timber and half did not. The trials included 30 timber truckloads, out of which 15 loads were from piles with bedded timber and 15 without. There was also an industry follow-up to measure the weekly accumulated weight of stones collected from stone separators during barking and chipping in relation to the production volume of the woodchipper. The study covered both the autumn and winter season, so snow depth was a potentially important factor.

All three parts of the study indicated that the occurrence of stones in pulpwood deliveries was a problem during the snow free season. The average occurrence of stone in the industry follow-up was 0,075 kg/m<sup>3</sup>fub. In the field study there were roughly twice the number of stones originating from piles without timber bedding (0,035 kg/m<sup>3</sup>fub) than with timber bedding (0,016 kg/m<sup>3</sup>fub).

Based on the results, it was concluded that many stones end up at the industries and that the use bed timber has an important function and should be applied during the snow free season. However, further studies are needed to investigate what is affecting the occurrence of stone in pulpwood deliveries and what impact the occurrence of stone has on the industries in detail.

*Keywords:* stone, pulpwood, timber bedding, snow depth, pulpwood deliveries

# Förord

Detta examensarbete har genomförts vid Institutionen för skogens biomaterial och teknologi på Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng och har utförts inom jägmästarprogrammet.

Jag vill börja med att rikta ett stort tack till min handledare på SLU, Dag Fjeld, som under arbetets gång har varit till mycket stor hjälp och bidragit med mycket energi och kunskap. Sedan vill jag rikta ett lika stort tack till mina kontaktpersoner på SCA, Mikael Sundelin och Torbjörn Edman, som har bistått med stort engagemang och kunskap under arbetets gång.

Jag vill även tacka för all hjälp jag fått från personal på SCA, från maskinförare till operatörer på renseriet och alla där emellan. Detsamma gäller de entreprenörer till SCA som har gjort det möjligt att genomföra arbetet. Ett extra stort tack till Rolf Antonsons entreprenad på Torsboda samt SCAs egna maskinlag i Sollefteå som hjälpte mig med fältförsöket.

Umeå, mars 2023

# Innehållsförteckning

<b>Förord .....</b>	<b>5</b>
<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>8</b>
<b>Figurförteckning .....</b>	<b>9</b>
<b>Inledning .....</b>	<b>11</b>
1.1 Bakgrund .....	11
1.2 Problembeskrivning .....	12
1.2.1 Förädlingsprocessen .....	12
1.3 Tidigare studier av stenförekomst i massaved .....	13
1.4 Mål och syfte .....	14
<b>Material och metod .....</b>	<b>16</b>
2.1 Värdföretaget SCA .....	16
2.2 Intervjustudie .....	18
2.3 Fältförsök .....	18
2.3.1 Urval .....	19
2.3.2 Fältarbete skogstransporter .....	19
2.4 Industriuppföljning .....	23
2.5 Definition och urval av sten .....	24
2.6 Data från de tre delarna .....	24
2.6.1 Bearbetning av data .....	24
2.6.2 Statistiska analyser .....	25
2.7 Riskanalys och förhållningsregler .....	25
<b>Resultat .....</b>	<b>27</b>
3.1 Utfall från intervjuer .....	27
3.2 Utfall från fältförsök samt industriuppföljning .....	28
3.2.1 Utfall fältförsök .....	28
3.2.2 Utfall industriuppföljning .....	30
3.2.3 Tidsserie av stenförekomst för avläggsinstruktion och snömängd på fältförsöket samt industriuppföljningen .....	31
3.3 Statistiska analyser .....	34

3.3.1 Statistisk analys på avläggsinstruktionen .....	34
3.3.2 Statistisk analys på interaktionen mellan snödjup och avläggsinstruktion ...	34
<b>Diskussion .....</b>	<b>36</b>
4.1 Intervjuer .....	36
4.2 Fältförsöket .....	36
4.2.1 Tolkning av resultat från fältförsöket.....	37
4.3 Industriuppföljning .....	38
4.4 Framtida studier .....	39
4.5 Styrkor och svagheter .....	40
4.6 Slutsats .....	42
<b>Referenser.....</b>	<b>43</b>
<b>Bilaga 1.....</b>	<b>46</b>
<b>Bilaga 2.....</b>	<b>47</b>
<b>Bilaga 3.....</b>	<b>48</b>

# Tabellförteckning

<b>Tabell 1.</b> Sammanfattning och kort beskrivning av studiens tre delar .....	16
<b>Tabell 2.</b> SMHI:s snödjupsklassificering <b>Table 2.</b> Snow depth classification based on SMHI .....	23
<b>Tabell 3.</b> Utvalda svar från intervjuerna <b>Table 3.</b> Selected answers from the interviews.	28
<b>Tabell 4.</b> Vikten sten som fallit ut i stenfällorna under industriuppföljningen samt den volym som gått igenom renseriet under den perioden <b>Table 4.</b> The weight of stones from the stone separator during the period of the industry follow-up and the volume of wood that has passed the wood chipper during the same period .....	30
<b>Tabell 5.</b> Mängden sten från fältförsöket och industriuppföljningen där industriuppföljningen antas visa den egentliga stenmängden <b>Table 5.</b> The amount of stones from the field trail and the industry follow-up where the industry follow-up is assumed to display the actual amount of stones .....	38



# Figurförteckning

<b>Figur 1.</b> Enkel figur över de olika processerna i renseriet. <b>Figure 1.</b> Simple figure over the different parts of the wood room. ....	13
<b>Figur 2.</b> Mängd virkesvolym per hittad sten i stenfällorna på Kvarnsvedens (Kv) och Fors renserier under sommarhalvåret 1996, uppdelat på perioder samt utifrån olika leveransmetoder. (Borgström 1996). <b>Figure 2.</b> Volume of logs (m <sup>3</sup> sub) per stone found based on the stone separators on Kvarnvedens (Kv) and Fors industries (Borgström 1996). ....	14
<b>Figur 3.</b> Karta över SCA:s innehav, industrier, järnvägssystem och terminaler (Företagspresentation SCA, 2023). <b>Figure 3.</b> Map showing the forest holdings, industries, rail road system and terminals of SCA (Företagspresentation SCA, 2023). ....	17
<b>Figur 4.</b> Exempel på välta med underlag enligt SCA:s avläggsinstruktion (foto: Anna Bylund). <b>Figure 4.</b> Example of a stack with bed timber by the definition of bed timber from SCA (photo: Anna Bylund). ....	20
<b>Figur 5.</b> Lossning av bilar på försöksområdet. <b>Figure 5.</b> Unloading of timber trucks at the field trial area. ....	21
<b>Figur 6.</b> Torsboda virkesterminal där fältförsöket utfördes. Det grönmarkerade området markerar det försöksområde som användes (Bilder ©2023 Google, CNES / Aribus, Lantmäteriet/Metria, Maxar Technologies, Kartdata ©2023). <b>Figure 6.</b> Torsboda where the field trial were conducted. The green area describes the area of the field trial (Bilder ©2023 Google, CNES / Aribus, Lantmäteriet/Metria, Maxar Technologies, Kartdata ©2023). ....	22
<b>Figur 7.</b> Massaved som läggs ut på underlag för att eventuell sten ska falla ut. <b>Figure 7.</b> Pulpwood is distributed for eventual stone findings. ....	23
<b>Figur 8.</b> Totalt antal sten och totalvikt sten med och utan underlag. Totalt studerades 15 timmerbilslass (45 travar) med underlag och 15 utan underlag. <b>Figure 8.</b> The total amount of stones and the total weight of the stones with and without bed timber. A total of 15 timber trucks with bed timber were studied (45 stacks) and 15 without bed timber. ....	29

<b>Figur 9.</b> Utfallet av mängden sten (kg/m <sup>3</sup> fub) per avläggsinstruktion på fältförsöket. <b>Figure 9.</b> Occurrence of stones (kg/m <sup>3</sup> sub) based on the instruction for the forest sites.....	29
<b>Figur 10.</b> Exempel på sten från massavedsleveranserna (fältförsöket). <b>Figure 10.</b> Example of stones from the field trials.....	30
<b>Figur 11.</b> Utfallet av mängden sten (kg/m <sup>3</sup> fub) från fältförsöket och utfallet av sten från industriuppföljningen. <b>Figure 11.</b> The amount of stones (kg/m <sup>3</sup> fub) from the field trial and industry follow-up. ....	31
<b>Figur 12.</b> Antalet stenar/trave och snödjupsklass på fältförsöket under en tidsperiod över veckorna 45–50. <b>Figure 12.</b> Number of stones/stack and classification of snow depth on the field trial during weeks 45–50. ....	32
<b>Figur 13.</b> Vikten sten (kg/trave) och snödjupsklass på fältförsöket under en tidsperiod över veckorna 45–50. <b>Figure 13.</b> Weight of stone (kg/stack) and classification of snow depth on the field trial during weeks 45–50.....	32
<b>Figur 14.</b> Vikten sten (kg/m <sup>3</sup> fub) över tiden för fältförsöket (vecka 45-50) och industriuppföljningen (vecka 46, 48, 49, 4 och 5). <b>Figure 14.</b> Stone weight (kg/m <sup>3</sup> sub) over time for the field trial (week 45-50) and the industry follow-up (week 46, 48, 49, 4 and 5). ....	33
<b>Figur 15.</b> Medelantal sten/trave som en funktion av snödjupsklasser (X <sub>1</sub> ) och avläggsinstruktion (X <sub>2</sub> ). Predikerat värde utifrån Ekv. 2 visas som linjer, medan prickarna visar observerat medelvärde från fältförsöket. <b>Figure 15.</b> Average number of stones/stack as a function of snow depth classification (X <sub>1</sub> ) and the instructions for the forest sites(X <sub>2</sub> ). Predicted value based on equation 2 are displayed as lines, whereas the dots display the observed mean value from the field trial.....	35

# Inledning

## 1.1 Bakgrund

De dominerande drivningsmetoderna utvecklas kontinuerligt och har gjort det under lång tid. I och med utvecklingen av drivningsmetoderna har gamla problem åtgärdats men nya tillkommit. Då skogsbruket gått från att till absoluta majoritet bestå av manuellt arbete, med hjälp av hästar, har skogsmaskinerna de senaste femtio åren successivt tagit över. Mycket positivt medföljer skogsmaskinernas intåg i skogen, som bland annat produktionseffektivitet, men det har även gett upphov till nya problem. Att sten följer med massaved kan anses som ett relativt nytt problem. Innan skogsmaskinernas intåg hanterades virket för hand vilket resulterade i att föroreningar vanligtvis inte följde med till pappers- och massabruken. Flottningen, som var den dominerande leveransmetoden, var i sig en mycket effektiv fälla för sten och andra föroreningar som eventuellt följde med stockarna. Dagens metoder bidrar till att det finns en betydligt större risk för föroreningar att följa med massaveden i och med att det oftast är flera stockar som hanteras samtidigt. Detta beror på att det både vid skotning och lastning vid avlägg är gripar som kan föra med föroreningar. Detsamma gäller på terminaler där terminallastare används.

Det förädlingsvärde som skogen skapade 2021 uppgick till 120 miljarder kronor, det vill säga värdet av slutproduktionen minus insatsvärdet, vilket motsvarar ungefär 2,5 % av Sveriges BNP. Pappers- och massaindustrin har störst förädlingsvärde (Skogsindustrierna 2022b) vilket påvisar massa- och pappabrukens betydelse. Skogsindustrin står för ungefär 10 % av Sveriges totala varuexport till ett värde av 164 miljarder kronor under 2021 där exportvärdet för massaprodukter utgjorde 27 miljarder kronor (Skogsindustrierna 2022a).

Årligen transporteras ungefär 63 miljoner ton rundvirke i Sverige på lastbil, järnväg och via sjöfart av vilka massavedstransporten står för ungefär hälften och leveranser med lastbil dominerar (Frisk & Andersson 2013; Pettersson et al. 2015; Skogsindustrierna u.å.). Pappers- och massaindustrin samt sågverken är de största förbrukarna av virke i Sverige. Den årliga virkesförbrukningen var 75 miljoner

m<sup>3</sup>fub/år (Mm<sup>3</sup>fub/år) där pappers- och massaindustrin stod för 37,3 Mm<sup>3</sup>fub/år baserat på ett snitt mellan 2017–2021 (Biometria 2022).

I och med att den årliga förbrukningen av virke till pappers- och massaindustrin ligger runt 37 Mm<sup>3</sup>fub/år (Biometria 2022) betyder det att virket på ett eller annat sätt ska transporteras från avlägg i skogen till industrin. En medföljande risk med transporter som kommer direkt från skogen är att det kan följa med olika typer av föroreningar som lera, grus och sten.

## 1.2 Problembeskrivning

Sten som följer med massaveden in till industrin är på flera sätt ett problem för massa- och pappersindustrier. Det utgör även en säkerhetsrisk i samband med transporten av virket då stenar kan falla ner och träffa andra trafikanter. Vid pappers- och massabruken avskiljs merparten av stenarna ut via barktrummor och stenfällor men en del sten tar sig hela vägen till flishuggarna där de kan orsaka kostsamma haverier och stillestånd.

### 1.2.1 Förädlingsprocessen

Det finns flera olika typer av massa- och pappersprocesser. Generellt brukar processerna delas in i tre huvudprocesser;

- Kemisk massa
- Mekanisk massa
- Halvkemisk massa

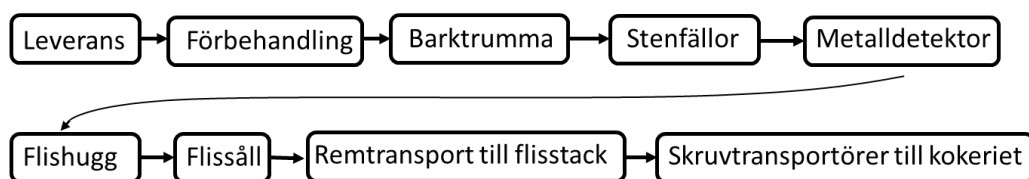
I dag är den kemiska massan den vanligaste processen i Sveriges följt av mekanisk och halvkemisk massa. Gemensamt för alla massa- och pappersprocesser är den initiala bearbetningen av massaveden som görs vid industrin. Innan den kemiska massan kan produceras går massaveden igenom renseriprocessen vilken innefattar alla delar från leverans av massaved till färdig flis. Vilka delar som omfattas återfinns i figur 1.

#### *Renseri-processen*

Massaveden transporteras antingen med timmerbilar, och/eller järnväg samt i vissa fall med båt till industrierna där den ska förädlas. Då stockarna väl är inmätta på industrierna börjar den förbehandlingsprocess som är första steget i massaprocessen. Massaveden lastas in i förbehandlingen där stockarna sköljs i varmt vatten. Anledningarna till att stockarna sköljs är dels för att blötlägga och

luckra upp barken vilket gör att den lättare lossnar i barktrumman, dels för att det gör att grus och andra mindre föroreningar avskiljs från stockarna samt att snö och is avlägsnas under vintertid. Därefter transporteras stockarna vidare till barktrumman. Barktrumman, som är en ungefär 30–40 meter lång snurrande cylinder med taggar, har som främsta uppgift att avbarka stockarna. Barktrumman fyller även en funktion av att sälla bort mindre sten, grus och andra små föroreningar från massaveden. Barken, och de föroreningar som eventuellt faller ut i barktrumman, transporteras vidare på barkbandet till ångpannan. Det är olika mellan olika barktrummor, men föroreningar mindre än 38–50 mm brukar försvinna bort via barktrumman om de inte redan försvunnit i förbehandlingen. Beroende på mängden bark som accepteras i efterföljande processteg, varierar tiden som stockarna är i trumman samt trummans rotationshastighet.

Då stockarna passerat barktrumman transporteras de vidare till flishuggen. På vägen dit passerar veden, vanligtvis, två vattenfyllda stenfällor där sten och andra föroreningar ska sjunka medan stockarna flyter över. Dock följer det ofta med mer än bara sten till stenfällorna. Bland annat stumpar av stockar som knäckts tidigare under processen brukar också fångas upp i stenfällorna. Vid stenfällorna finns ofta en metalledetektor som identifierar eventuella metallföroreningar i stockarna. Både stenfällorna och metalledektorn är förebyggande åtgärder för att föroreningar inte ska följa med in i flishuggen och sedermera orsaka onödigt slitage, stillestånd eller haverier. Efter flisningen går flisen sedan vidare till ett flissåll där flisen sållas genom ett antal sållar för att sortera flisen i storleksfraktioner. Flisen transporteras sedan ut via remtransport och läggs i stora flisstackar. Flisen från stackarna transporteras vidare till kokeriet genom skruvtransportörer som långsamt flyttar sig längs botten av flisstacken. Genom skruvtransportörerna blir det en jämn blandning av flisen från stackarna vilket kallas flishomogenisering (Borg 1989).



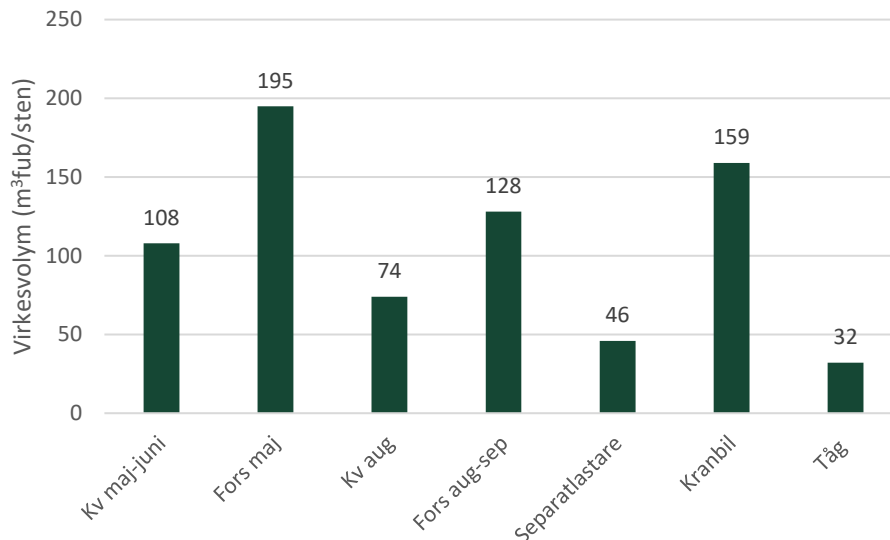
**Figur 1.** Enkel figur över de olika processerna i renseriet.

*Figure 1. Simple figure over the different parts of the wood room.*

### 1.3 Tidigare studier av stenförekomst i massaved

De tidigare studierna gällande stenförekomst i massaved och dess påverkan på industrier är ytterst få. Det finns två tidigare examensarbeten som har behandlat ämnet gjorda av Borgström (1996) och Willander (2013). Borgströms studie behandlade utfallet av sten i stenfällorna på Kvarnsvedens och Fors renserier i

mellersta Sverige. Fallstudien undersökte hur mycket sten som föll ut i fällorna samt vilken stenform och storlek stenarna hade. Studien behandlade både timmer och massaved och den visade att det hittades mer sten på våren/för sommaren samt att tåg och separatlastare var större källor till sten än kranbil (timmerbil med egen kran) (figur 2).



**Figur 2.** Mängd virkesvolym per hittad sten i stenfällorna på Kvarnsvedens (Kv) och Fors renserier under sommarhalvåret 1996, uppdelat på perioder samt utifrån olika leveransmetoder. (Borgström 1996).

**Figure 2.** Volume of logs (m³sub) per stone found based on the stone separators on Kvarnsvedens (Kv) and Fors industries (Borgström 1996).

Willanders arbete fokuserade mer på mängden sten som förekom vid avlägg och undersökte hur mycket stenar som hittades vid leveransen av 2303 m³fub massaved. Fallstudien undersökte mängden av medföljande sten innan och efter att massaved lastades på timmerbilar med separatlastare. Willanders studie styrde inte utformningen av avläggen men noterade huruvida underlagen till vältorna var godkända eller inte. Fler stenar hittades där det inte var godkänt underlag till vältorna men det finns ingen analys som visar att det var statistiskt säkerställda skillnader. Willander nämner bristande underlag som en potentiell orsak till stenproblematiken då studien stötte på många avlägg med underkända underlag. Avlägg har behandlats i studien för av Vikström & Nordin (2022) där det framgår att underlag till vältor i viss mån slarvas med.

## 1.4 Mål och syfte

Huvudmålet med arbetet var att ta fram ett underlag som kan resultera i ändringar och förbättringar för industrier som hanterar massaved. Det gjordes genom att

undersöka anpassningar i rutiner och arbetssätt för att reducera omfattning av sten som följer med massaved genom att:

- Kvantifiera omfattningen av sten som följer med massaveden

För att undersöka och sedermera komma fram till ett resultat syftade arbetet efter följande:

1. Kartlägga tidigare erfarenheter om förekomst av sten och påverkande faktorer
2. Kvantifiera betydelsen av avläggsinstruktioner i förhållande till förekomst av sten
3. Jämföra förekomst av sten från kranbilar mot total leverans till industrin

Detta gjordes genom en fallstudie, i samarbete med SCA. Fallstudien avgränsades till SCA:s egna industrier med huvudfokus på Östrand i Timrå. Området virket levererades från avgränsades till Sollefteås och Sundsvalls upptagningsområden där transporten av virket avgränsades till kranbilar. Timmerbilslastning med hjälp av separatlastare inkluderades därmed inte i studien. Perioden studien utfördes under var under barmarkssäsongen med övergång till vintersäsong. SCA:s egen hypotes var att de viktigaste påverkande faktorerna bestod av avläggshanteringen och underlag till virkesvältorna på avläggen. Studien av Vikström & Nordin (2022) stödjer detta.

# Material och metod

Studien delades likt delmålen upp i tre olika delar (tabell 1).

**Tabell 1.** Sammanfattning och kort beskrivning av studiens tre delar

*Table 1. Summary and short description of the three different parts of the study*

Del	Data	Metod
<b>1. Intervjuer:</b> <b>Kartlägga tidigare</b> <b>erfarenheter om</b> <b>förekomst av sten och</b> <b>påverkande faktorer</b>	Svar från intervjuer med två erfarna operatörer vardera på Munksunds, Obbolas och Östrands renserier.	Semistrukturerade intervjuer som följde intervjumallen i Bilaga 1. Analys av intervjuerna för att fastställa relevant område att genomföra studien i. Analys av intervjuerna till grund för upplägg av försöksdesign och fältarbete.
<b>2. Fältförsök:</b> <b>Kvantifiera</b> <b>betydelsen av</b> <b>avläggsinstruktioner i</b> <b>förhållande till</b> <b>förekomst av sten</b>	Insamlat data enligt försöksdesignerna i bilaga 3.	Fältarbete och inventering. Analys av utfallet på fältförsöken. Beräkningar gällande vikten och andelen sten i massaveden kopplat till avläggsinstruktion och säsong.
<b>3. Industriuppföljning:</b> <b>Jämföra förekomst av</b> <b>sten från kranbilar</b> <b>mot total leverans till</b> <b>industrin</b>	Data från fält- och industriuppföljningen.	Inventering av industriuppföljningen. Analyser av data från fält och industriuppföljning samt säsongsberoende.

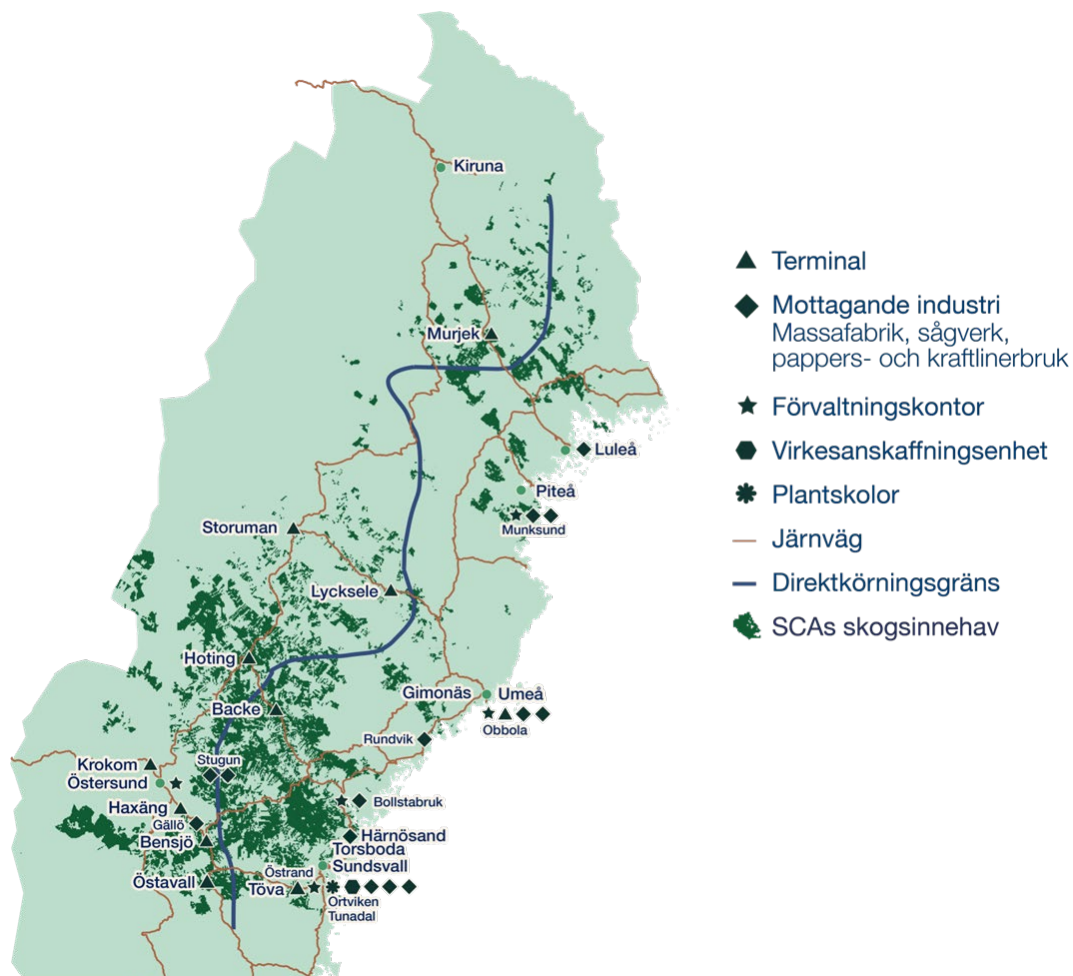
## 2.1 Värdföretaget SCA

Arbetet gjordes i samarbete med Svenska Cellulosa Aktiebolag, SCA, vilka grundades 1929 som ett skogs- och skogsindustriföretag som sedan uppstarten har



vuxit och är idag Europas största privata skogsägare. De har ett innehav på 2,6 miljoner hektar skogsmark av vilka drygt 2 miljoner hektar är produktiv skogsmark. Utöver skogsinnehavet innehar SCA bland annat massa- och pappersindustrier. Dessa industrier är Munksund i Piteå, Obbola i Umeå, Ortviken i Sundsvall och Östrand i Timrå (figur 3).

SCA:s pappers- och massafabriker har idag en kapacitet på 450 000 ton per/år på Obbola, 400 000 ton/år på Munksund och totalt för 1 000 000 ton/år på Östrand. I och med Obbolas nya pappersmaskin samt Ortvikens industriparks återöppning ökar kapaciteten med ytterligare 475 000 ton/år vilket ökar den totala kapaciteten för SCA:s pappers- och massabruk till en total produktion på drygt 2,3 miljoner ton/år (Svenska Cellulosa Aktiebolaget u.å.c, u.å.b, u.å.a). För att producera dagens 2,3 miljoner ton krävs träråvara. Under 2021 var den totala virkesförsörjning på drygt 12 Mm<sup>3</sup>, av vilka drygt 6 Mm<sup>3</sup> förbrukades av massa- och pappersindustrin, för att tillgodose industrin med virke (Svenska Cellulosa Aktiebolaget 2022).



**Figur 3.** Karta över SCA:s innehav, industrier, järnvägssystem och terminaler (Företagspresentation SCA, 2023).

**Figure 3.** Map showing the forest holdings, industries, rail road system and terminals of SCA (Företagspresentation SCA, 2023).

## 2.2 Intervjustudie

Intervjuerna identifierade nuvarande arbetssätt och omfattning vad gäller stenproblematiken vid renserierna i Obbola, Munksund och Östrand. Intervjumetoden som användes var en semistrukturerad kvalitativ intervjustudie som öppnade upp för en lättsam men konstruktiv dialog med respondenten. Den bidrog till en öppen diskussion som ledde till att respondenten kunde svara nyanserat på frågan samtidigt som det öppnade upp för följdfrågor (Kvale 2009). Intervjuerna bestod av både kvalitativa frågor samt påståenden, till vilka respondenterna tog ställning till, och följdes av följdfrågor kopplade till ämnet antagandet berörde. Antagandena och frågorna innefattade övergripande information gällande när, var och hur respondenterna upplevde att sten följer med massaveden samt hur det påverkar produktion och tidsutnyttjande. Respondenterna till intervjuerna var alla anställda och erfarna operatörer på renserierna på SCA:s egna industrier. Det var således ett målinriktat urval där respondenterna som intervjuades besatt djup kunskap inom ämnet (Merriam 1988).

Intervjuerna bestod av tre delar. Den första delen bestod av en presentation av intervjuaren och studien. Andra delen bestod av att respondenten presenterade sig själv, sin yrkesroll och dennes erfarenhet gällande stenförekomst i massaved och den tredje delen, intervjun, följde intervjuguiden enligt bilaga 1. Intervjuerna hölls enskilt med två operatörer per renseri över telefon under slutet av september och början på oktober på Munksund, Obbola och Östrand efter överenskommelse med berörda parter. Svaren från respondenterna antecknades under intervjun och sammanställdes efteråt. Sammanställningen av svaren från respondenterna analyserades därefter mot resultatet från fältförsök och industriuppföljningen.

## 2.3 Fältförsök

Då intervjuerna var genomförda och det fanns ett mer riktat underlag till arbetet, det vill säga ett prioriterat geografiskt område att utföra försöket i, påbörjades undersökningen av omfattningen av problemet, samt effekten av ett urval av påverkande faktorer.

### 2.3.1 Urval

Urvalet av område gjordes baserat på resultatet från intervjuerna. Utifrån respondenternas svar drogs slutsatsen att det mest relevanta området att göra försöket i var i området som förser Östrands massabruk med virke. Den aktiva styrning som gjorts i förhållande till urvalet var att förhålla sig till en viss geografi i Östrands massabruks och Torsboda virkesterminals upptagningsområde, vilket ledde till att försöken utfördes inom Sollefteås och Sundsvalls upptagningsområden. Urvalet av trakter utgick ifrån den befintliga drivningsplanen för upptagningsområdet kopplade till de maskinlag som var med i studien. Då studien utgick från redan befintlig drivningsplan, medför det att det inte kunde göras ett aktivt traktval i studien. Beslutet av geografi baserades dels på att hålla sig inom Östrands upptagningsområde och dels för att minimera onödig tidsåtgång för leveranserna av virke. I och med att försöken lades i Sollefteås och Sundsvalls upptagningsområde gick bilarna förbi Torsboda virkesterminal där fältförsöket, som beskrivs i 2.2.2, utfördes och påverkade därmed inte nämnvärt arbetsgången i försörjningskedjan.

Östrand massabruk förbrukar främst sortimentet barrmassa vilket består av massaved från tall och gran och är det virkessortiment som använts i studien. Jordartskartan från Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) användes för att säkerställa att alla avlägg som medverkade i försöket var placerade på likadan jordart. I denna studie återfanns alla avlägg på morän baserat på SGU:s karttjänst (SGU u.å.).

### 2.3.2 Fältarbete skogstransporter

Fältarbetet inleddes med förberedelser. Det innefattade besök på Torsboda virkesterminal för att inspektera att det planerade upplägget på terminalen var genomförbart i form av tillgänglig plats på terminalen i samråd med berörd personal. Besöket på terminalen följdes upp med att träffa de berörda maskinlagen och med dem gå igenom arbetsupplägget. Alla berörda maskinförare blev instruerade enligt *Avläggsinstruktionen* (bilaga 2), som är baserad på SCA:s avläggsinstruktion (Svenska Cellulosa Aktiebolaget 2021). I avläggsinstruktionen framgår det att vältorna på avläggen ska grundas med underlag (bilaga 4) för att det inte ska vara en direktkontakt mellan vältan och marken och således minimera risken för medföljande föroreningar. I avläggsinstruktionen framgår det att ett underlag ska bestå av tvärgående stockar som ska ligga under vältan med stockar från samma sortiment som vältan (figur 4). Maskinlagen som medverkar i studien utgick från avläggsinstruktionen vilken appliceras på avlägg med underlag. Avlägg utan underlag var således utan tvärgående stockar. Maskinlagen fick nödvändigt material för att markera vältorna så att chaufförerna lätt skulle kunna se skillnad på

försökets vältor och de övriga vältorna. Detaljerad beskrivning återfinns i bilaga 3. Det deltog fyra maskinlag och fyra åkerier i studien, samtliga baserade i det relevanta upptagningsområdet.



**Figur 4.** Exempel på väla med underlag enligt SCA:s avläggsinstruktion (foto: Anna Bylund).

**Figure 4.** Example of a stack with bed timber by the definition of bed timber from SCA (photo: Anna Bylund).

Efter att vältorna lagts upp enligt avläggsinstruktionen markerades virket på vältorna enligt instruktion. Vältor med underlag markerades med blå färg och vältor utan underlag markerades med röd färg. Timmerbilschaufförerna hade fått instruktioner från deras transportledare gällande det markerade virket och visste således att det skulle levereras till Torsbodaterminalen. Vid lastning var det endast tillåtet att lasta blå- eller rödmarkerat virke på lasset. Vältorna levererades sedan in till Torsboda där de enligt vanliga rutiner mättes och vägdes in på Biometrias

inmätningstation innan lossning. Virkesvolymen från fältförsöket dokumenterades efter avstämning mot den inmätta volymen innan lossning.

Väl inlevererat på Torsboda lades virket upp bilvis. Travarna separerades med skiljestockar och det hölls ett litet avstånd mellan de olika billassen för att särskilja virket från de olika bilarna och minska potentiella felkällor (figur 5). Då de första fyra bilar hade levererats utfördes den första delen av fältarbetet på Torsboda, vilket gjordes för att fastställa en fungerande arbetsform.



**Figur 5.** Lossning av bilar på försöksområdet.

*Figure 5. Unloading of timber trucks at the field trial area.*

I den nordvästra delen av Torsboda virkesterminal sopades ytan till försöksområdet (figur 6). Med hjälp av personalen på Torsboda och två terminallastare (figurerna 5 och 7) lades stockar ut som underlag på den sopade ytan och därefter släpptes knippen ut på underlagsstockarna från ungefär en meters höjd för att eventuell sten skulle falla ut (figur 7). Maskinförarna spred ut stockarna i ett enkelt lager ovanpå underlagsstockarna. En okulärbesiktning gjordes för att fastställa huruvida det låg stenar ovanpå de utlagda stockarna eller om det fanns några fastfrusna stenar. Därefter lyftes stockarna bort och en besiktning av marken mellan och utanför underlagsstockarna gjordes. Vid fynd av sten togs de omhand, mättes och vägdes. Det bokfördes från vilken bil och trave stenen härstammade. Metoden som användes finns beskriven i bilaga 3.





**Figur 6.** Torsboda virkesterminal där fältförsöket utfördes. Det grönmarkerade området markerar det försöksområde som användes (Bilder ©2023 Google, CNES / Aribus, Lantmäteriet/Metria, Maxar Technologies, Kartdata ©2023).

**Figure 6.** Torsboda where the field trial were conducted. The green area describes the area of the field trial (Bilder ©2023 Google, CNES / Aribus, Lantmäteriet/Metria, Maxar Technologies, Kartdata ©2023).



**Figur 7.** Massaved som läggs ut på underlag för att eventuell sten ska falla ut.

*Figure 7. Pulpwood is distributed for eventual stone findlings.*

I och med skiftningen av årstid, det vill säga att det gick från höst till vinter under fältarbets gång, lades snödjupet till som en faktor. Genom att utgå från SMHI:s snödjupskarta (SMHI 2023) noterades snödjupet på trakterna dagen innan lastning från avlägget och leverans till Torsboda. Den klassificeringen som användes var densamma som SMHI använder till snödjupsklassificeringen, vilken redovisas i tabell 2.

**Tabell 2.** SMHI:s snödjupsklassificering

*Table 2. Snow depth classification based on SMHI*

SMHI:s snödjupsklasser	Snödjup (cm)
0	0
1	>0–3
2	3–10
3	10–30

## 2.4 Industriuppföljning

För att undersöka hur mycket sten som följer med till industrin, oavsett leveransmetod, gjordes en uppföljning på Östrands massabruk med hjälp av

personalen på Östrands renseri samt Engbergs Åkeri. Försöket pågick i totalt fem veckor mellan vecka 46 år 2022 och vecka 5 år 2023, då personalen på Östrands renseri tömde stenfällorna och personal från Engbergs lade upp veckovisa högar på ett separat ställe avskilt från äldre tömningar. På grund av olika hinder blev det inte fem sammanhängande veckor. Försöket gjordes för att få en överblick över hur mycket sten som följer med på veckovis basis samt för att ha en större volym att kunna jämföra fältförsöket mot.

För varje studerad vecka påbörjades studien under första skiftet på måndag morgon och avslutades med det sista skiftet på söndagen. Respektive veckas stenmängd vägdes på Biometrias inmätningssvåg. För att väga stenen användes en hjullastare, som initialt vägdes utan sten i skopan för att sedan vägas med sten. Stenar från de olika veckorna lades upp på separata platser. Efter en försöksvecka noterades produktionen av flis och ett omräkningstal användes för att ta fram mängden virke som gått igenom renseriet under den vecka försöket gjordes. Detta upprepades under alla försöksveckor.

## 2.5 Definition och urval av sten

Det finns flera olika stendefinitioner där den internationella ISO-standarden (SS-EN ISO 14688–1) och den Svenska Geotekniska Föreningens (SGF) har ett minimimått på 63 mm för att en partikel ska klassas som sten, medan Atterbergs korngruppsskala har ett minimimått på 20 mm. För att det skulle definieras som en sten i denna studie skulle den uppnå en partikelstorlek på minst 40 mm i minst en ledd. Anledningen till det var att partikelstorleken på 40 mm överensstämmer bra med de faktiska måtten på barktrumman i Östrands renseri där majoriteten under 40 mm sällas ut i förbehandlingen och i barktrummans ”hål” som är 38 mm breda. Den valda definitionen gjorde också att resultatet blev jämförbart med Willanders studie från 2013. Den skillnad som gjordes i stendefinitionen var att alla stenar med en partikelstorlek större än 40 mm klassades som sten och inte småsten. I Willanders studie klassades stenar mellan 40–119 mm som småsten.

## 2.6 Data från de tre delarna

### 2.6.1 Bearbetning av data

Bearbetningen av det data som användes från fältförsöket och industriuppföljningen gjordes i Microsoft Excel och Minitab 21.3.1. I Excel strukturerades datamaterialet för att sedan importeras till Minitab där de flesta



analyser gjordes. I Excel utfördes även enklare beräkningar av materialet samt skapandet av enklare diagram på det obehandlade datamaterialet. För att visualisera resultatet och utfallet av sten från fältförsöket och industriuppföljningen gjordes diagram och grafer. I Minitab skapades också grafer och tidsserier för att visualisera stenförekomsten över tid på de två försöken. Det gjordes även tidsserier för att visualisera hur mycket sten som hittades utifrån de olika avläggsinstruktionerna i förhållande till snödjup. I Minitab strukturerades datat upp ytterligare där stenarnas antal och vikt beräknades i form av medelvärden kopplade till snödjup och avläggsinstruktion.

## 2.6.2 Statistiska analyser

För att undersöka huruvida det fanns en signifikant skillnad mellan antal sten och avläggsinstruktion på fältförsöket användes ett tvåsidigt t-test. Ett tvåsidigt t-test ansågs vara en relevant metod för att ta reda på om det fanns en skillnad mellan de två metoderna som avläggsinstruktionen omfattade. Analyserna gjordes på travnivå, det vill säga att medelantalet sten/trave var en observation. Dessvärre var ett avlägg tvunget att strykas ur studien då den massaved som levererades från avlägget enbart var från vältor med underlag vilket ytterligare minskade antalet observationer med tre bilar. Detta medförde att det totalt blev 81 observationer som användes i studien i stället för de ursprungliga 90 observationerna.

En regressionsanalys (1) gjordes för att undersöka interaktionseffekten av snödjup och avläggsinstruktion för medelantalet sten/trave

$$Y = \beta_0 + \beta_1 (X_1 * X_2) + \epsilon \quad (1)$$

där  $Y$  är medelantal sten/trave,  $\beta_0$  är interceptet,  $\beta_1$  är regressionskoefficienten,  $X_1$  är 3-snödjupsklassificeringen,  $X_2$  är avläggsinstruktionen (0; med underlag, 1; utan underlag) och  $\epsilon$  är det slumpmässiga felet. Det sattes en minsta signifikansnivå på 0,05. Med 3-snödjupsklassificering menas att snödjupsklassificeringen (tabell 2) som gick från 0–3, det vill säga från barmark till mycket snö, blev omvandlad till barmarksklasser. Således klassades mycket snö som 0 och barmark som 3.

## 2.7 Riskanalys och förhållningsregler

Risk för olycksfall förekom vid besök på industrier samt vid arbete i fält. Därför vidtogs säkerhetsåtgärder enligt företagets regler vilket innefattade lämplig skyddsutrustning vid vistelse på industrier, terminaler och ute i fält. På industrier och terminaler var det krav på skyddsskor, hjälm och varselkläder och i fält var det

krav på varselklädsel. Enligt SCA:s säkerhetsregler gällande ensamarbete i skogen användes hemkomstkontroll genom Crystal Alarm som är det hemkomstsystem SCA använder sig av.

# Resultat

## 3.1 Utfall från intervjuer

De intervjuade personerna ansåg att det fanns problem kopplat till sten på massabruken, vilket framgår i tabell 3. Problemen hade olika utbredning mellan de olika massabruken där operatörerna på Östrand upplevde större problem än de på Munksund och Obbola (tabell 3). Respondenterna på de olika renserierna rapporterade om vissa perioder med fler haverier kopplade till sten (tabell 3) där de uppfattade att det förekom mer sten under barmarkssäsongen. Under större delen av året uppskattades antalet mindre stenrelaterade stopp ligga på 1–3 gånger i veckan med en varaktighet på ungefär en timme. Östrand stack ut med att det under våren och försommaren i värsta fall kunde förekomma upp till tre stopp per skift kopplade till sten. Operatörerna på Munksund och Obbola upplevde inte problem i samma utsträckning som de på Östrand, även om det var regelbundet förekommande (tabell 3). Större haverier kopplade till sten skedde sporadiskt på de alla tre massabruk. Enligt operatörerna skedde de knappt en gång i månaden där stoppen hade en varaktighet som kunde överskrida 8 timmar och vara upp till dygn.

På de tre renserierna uppskattas den vanligaste storleken på stenarna som faller ut i stenfällorna vara runt en decimeter i diameter. Ibland förekommer det även stenar som är betydligt större, stenar som kan ha en längd upp till en meter och väga flera hundra kilogram. Större stenar uppskattas av operatörerna förekomma i snitt en gång i veckan. Mindre fragment sorteras ut i vattenbehandlingen och i barktrumman.

Huruvida sten var den största orsaken till haverier skiljde mellan de olika renserierna. Operatörerna på Östrand ansåg att stenkörning var den största orsaken till haverier i renseriet, operatörerna på Obbola ansåg att det var en relativt stor orsak medan operatörerna på Munksund inte ansåg det som en av de största orsakerna. Gemensamt för alla operatörer var att haverier kopplade till sten ansågs vara en stor orsak till att produktionen påverkas negativt.

Det rådde delade meningar från operatörerna huruvida den största orsaken till medföljande stenar kommer från tåg, det vill säga från terminalhanterat virke, eller virke som transporteras direkt från skogen. Operatörerna på Munksund ansåg att det mesta kom från skogen, av de på Obbola trodde den ena att skogen var störst källa för sten och den andra på att tågleveranserna var den större källan medan de på Östrand trodde att det kom mestadels från tågleveranserna.

**Tabell 3.** Utvalda svar från intervjuerna

*Table 3. Selected answers from the interviews.*

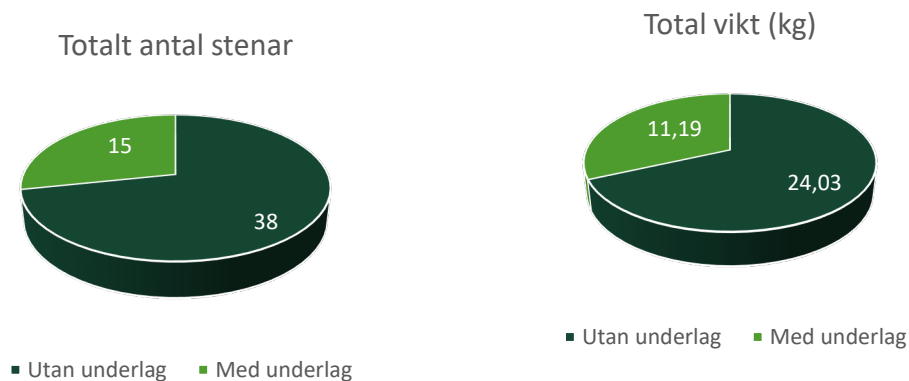
Fråga	Munksund	Obbola	Östrand
Har stenförekomst stor påverkan på produktion?	Ja	Ja	Ja
Frekvens av kortare stopp orsakat av sten?	2–3/vecka	1/vecka	2–3/vecka (upp till 3 stopp/skift periodvis)
Varaktighet av kortare stopp?	Ca 1 timme	Ca 1 timme	Ca 1 timme
Frekvens av större haverier?	1/månad	1/månad	1/månad
Är sten orsak till de flesta haverier?	Nej	Delvis	Ja
Antagen källa: Tåg eller bil?	Bil	Bil/Tåg	Tåg
Antagen största orsak till stenförekomst?	Lastning	Lastning	Lastning
Följer mer sten med under en viss period/perioder under året? Om ja, vilken?	Ja, sommarhalvåret	Ja, höst och vår (barmark)	Ja, vår/sommar
Uppskattad medelstorlek på sten?	Ca 1 dm.	Ca 1 dm	Ca 1–2 dm
Förekommer större stenar sporadiskt? (>100 kg)	Ja	Ja	Ja

## 3.2 Utfall från fältförsök samt industriuppföljning

### 3.2.1 Utfall fältförsök

En summering av all data insamlat i fältförsöket från 30 bilar (90 travar) visar att det från avlägg med underlag hittades 15 stenar, medan det från avlägg utan underlag hittades 38 stenar. En summering av vikten på dessa stenar hade en

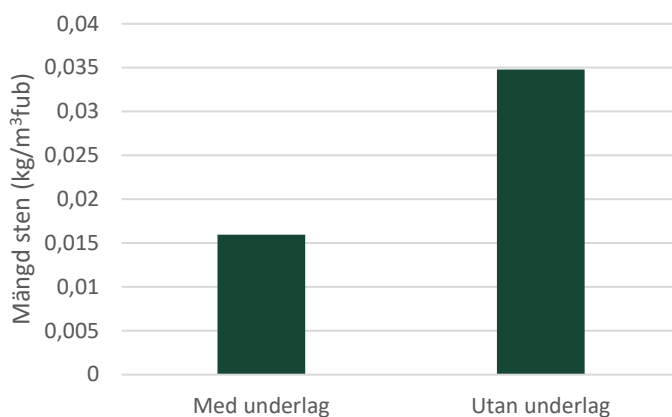
liknande fördelning där det från avlägg med underlag hittades 11,19 kg sten medan det från avlägg utan underlag hittades 24,03 kg sten (figur 8).



**Figur 8.** Totalt antal sten och totalvikt sten med och utan underlag. Totalt studerades 15 timmerbilslass (45 travar) med underlag och 15 utan underlag.

**Figure 8.** The total amount of stones and the total weight of the stones with and without bed timber. A total of 15 timber trucks with bed timber were studied (45 stacks) and 15 without bed timber.

Totalt levererades 1392 m<sup>3</sup>fub till Torsboda under fältförsöket där 701 m<sup>3</sup>fub kom från avlägg med underlag och 691 m<sup>3</sup>fub kom från avlägg utan underlag. Från avlägg med underlag följde det med 0,016 kg sten/m<sup>3</sup>fub (62,6 m<sup>3</sup>fub/kg sten) och från avlägg utan underlag följde det med 0,035 kg sten/m<sup>3</sup>fub (28,8 m<sup>3</sup>fub/kg sten) vilket kan utläsas i figur 9. Figur 10 visar exempel på sten som följde med massavedsleveranserna.



**Figur 9.** Utfallet av mängden sten (kg/m<sup>3</sup>fub) per avläggsinstruktion på fältförsöket.

**Figure 9.** Occurrence of stones (kg/m<sup>3</sup>sub) based on the instruction for the forest sites.



**Figur 10.** Exempel på sten från massavedsleveranserna (fältförsöket).

*Figure 10.* Example of stones from the field trials.

### 3.2.2 Utfall industriuppföljning

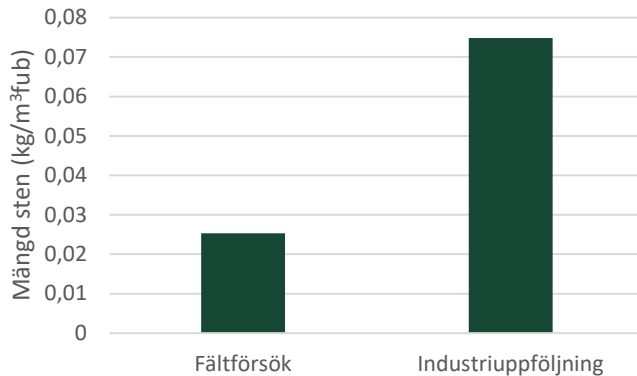
En sammanställning av resultatet från industriuppföljningen på Östrand kan utläsas i tabell 4. Tabellen visar vikten av stenförekomsten från industriuppföljningen under försöksveckorna. Som mest var det en stenförekomst på 7 ton under vecka 48 år 2022 och som minst var det en förekomst på 1,9 ton under vecka 4 år 2023. Den veckovisa massavedsvolymen som gick genom renseriet under försöksveckorna var mellan 44 500 m<sup>3</sup>fub och 50 000 m<sup>3</sup>fub. Totalt hanterades 238 000 m<sup>3</sup>fub, från vilket det hittades totalt 17,81 ton sten.

**Tabell 4.** Vikten sten som fallit ut i stenfällorna under industriuppföljningen samt den volym som gått igenom renseriet under den perioden

*Table 4.* The weight of stones from the stone separator during the period of the industry follow-up and the volume of wood that has passed the wood chipper during the same period

Vecka	Vikt sten (ton)	Volym (m <sup>3</sup> fub)
46	5,71	47 500
48	7,00	44 500
49	1,25	48 000
4	1,90	50 000
5	1,95	47 000
Totalt	17,85	238 000

Utfallet av sten från industriuppföljningen uppgick till 0,075 kg sten/m<sup>3</sup>fub (vilket motsvarar 13,4 m<sup>3</sup>fub/kg sten). I industriuppföljningen hittas ungefär tre gånger så mycket sten som i fältförsöket där det gemensamma utfallet från de båda avläggsinstruktionerna uppgick till 0,025 kg sten/m<sup>3</sup>fub (39,5 m<sup>3</sup>fub/kg sten) (figur 11).



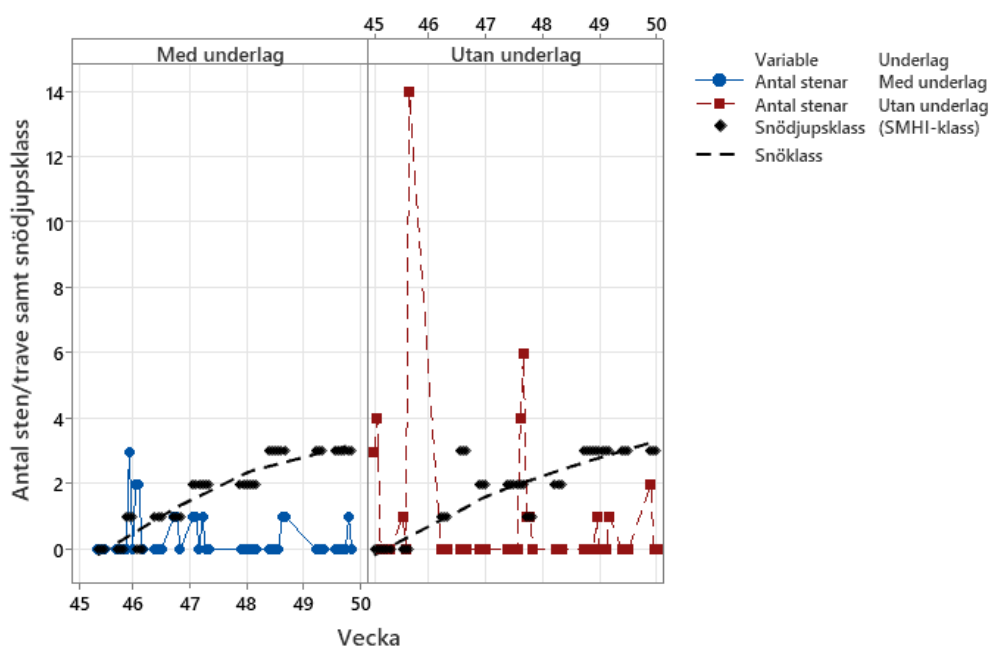
**Figur 11.** Utfallet av mängden sten (kg/m<sup>3</sup>fub) från fältförsöket och utfallet av sten från industriuppföljningen.

*Figure 11. The amount of stones (kg/m<sup>3</sup>fub) from the field trial and industry follow-up.*

### 3.2.3 Tidsserie av stenförekomst för avläggsinstruktion och snömängd på fältförsöket samt industriuppföljningen

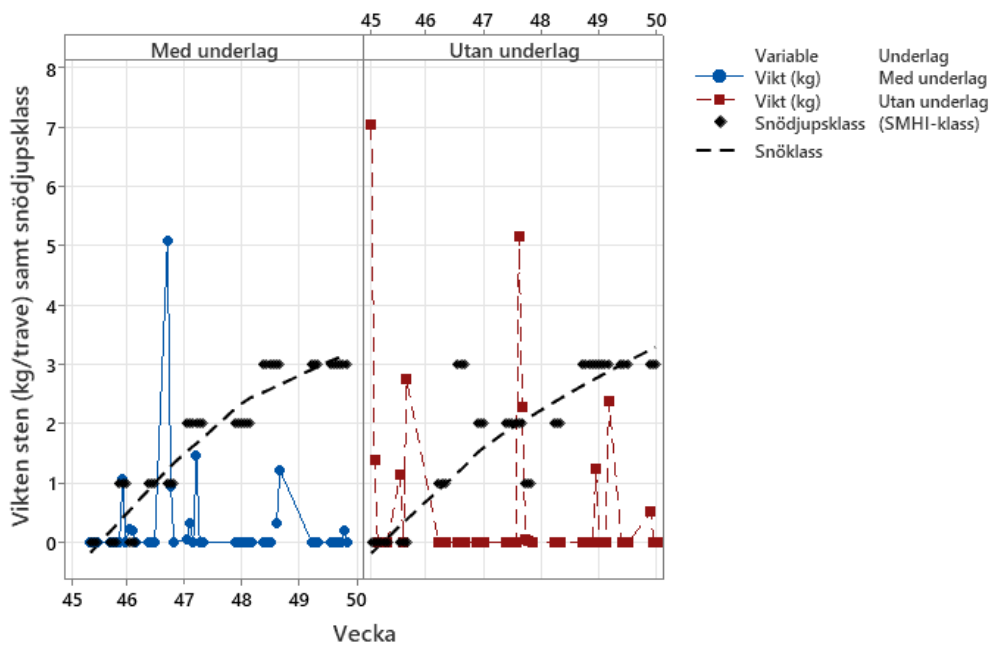
Medelantalet sten/trave för veckorna 45–47 för avlägg med underlag var 0,50, medan det för veckorna 48–50 var 0,14. Ännu tydligare effekt kan urskiljas från avlägg utan underlag där medelantalet sten/trave var 1,3 för veckorna 45–47 och 0,29 för veckorna 48–50. Medelvikten visade samma tendens då medelvikten/trave under veckorna 45–47 för avlägg med underlag var 0,39 kg/trave mot 0,08 kg/trave under veckorna 48–50. Även medelvikten sten/trave visade större effekt utan underlag där medlet var 0,83 kg/trave veckorna 45–47 och 0,2 kg/trave veckorna 48–50. Ett liknande mönster kan tydas i figurerna 12 och 13 där både stenförekomsten och vikten minskar över tid.

Effekten var tydligare på avlägg utan underlag än på avlägg med underlag. Tidsserien sträckte sig över veckorna 45–50, då det i början av fältförsöket var barmark, till att det i slutet av försöket var 10–30 centimeter snö på avläggen, det vill säga snödjupsklass 3 (tabell 2). Figurerna 12 och 13 visar antalet och vikten sten över tiden för fältförsöket där Y-axeln visar både antalet (sten/trave och kg/trave) och snödjupsklass (0 till 3) över en tidslinje på X-axeln.



**Figur 12.** Antalet stenar/trave och snödjupsklass på fältförsöket under en tidsperiod över veckorna 45–50.

**Figure 12.** Number of stones/stack and classification of snow depth on the field trial during weeks 45–50.



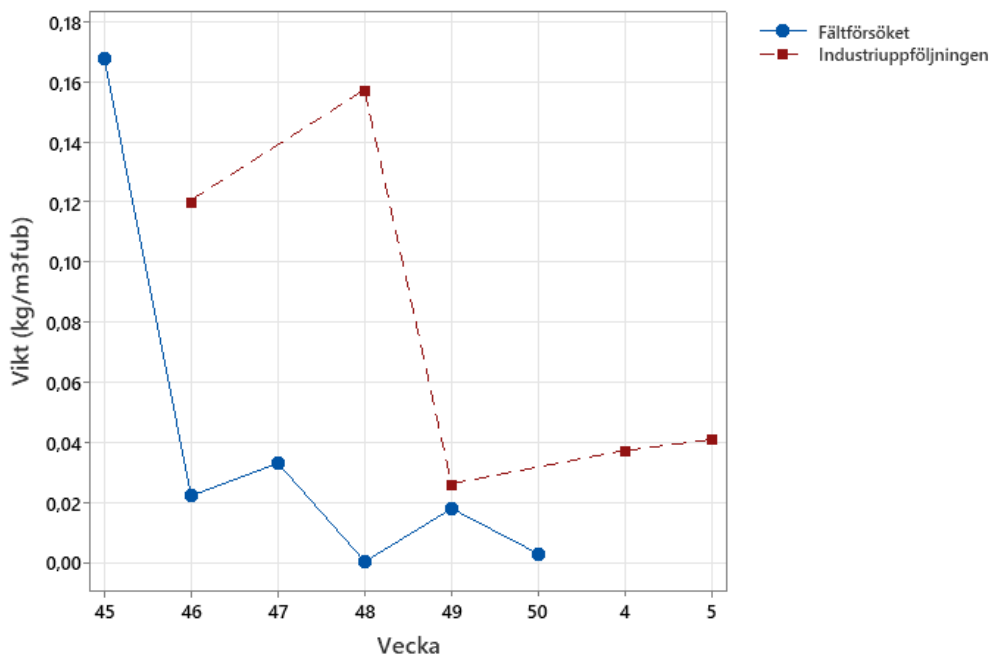
**Figur 13.** Vikten sten (kg/trave) och snödjupsklass på fältförsöket under en tidsperiod över veckorna 45–50.

**Figure 13.** Weight of stone (kg/stack) and classification of snow depth on the field trial during weeks 45–50.



Den blåa linjen i figur 14 visar stenmängden ( $\text{kg/m}^3\text{fub}$ ) på hela materialet från fältförsöket. Medelvikten sten ( $\text{kg/m}^3\text{fub}$ ) innan vecka 48 var 0,040 kg medan medelvikten efter vecka 48 var 0,009 kg. Volymfördelningen var förhållandevis lik mellan de två treveckorsperioderna där den inlevererade volymen innan vecka 48 var  $730 \text{ m}^3\text{fub}$  och efter vecka 48 var  $656 \text{ m}^3\text{fub}$ .

Den röda linjen i figur 14 visar medelvikten ( $\text{kg/m}^3\text{fub}$ ) på industriuppföljningen. Medelvikten innan vecka 49 var 0,138  $\text{kg/m}^3\text{fub}$  medan medelvikten efter vecka 48 var 0,035  $\text{kg/m}^3\text{fub}$ . Volymfördelningen per vecka återfinns i tabell 4. Skillnaden i medelvikt på de båda av varandra oberoende försöken (fältförsöket och industriuppföljningen) visar liknande effekt i medelvikt innan och efter vecka 48 respektive 49.



**Figur 14.** Vikten sten ( $\text{kg/m}^3\text{fub}$ ) över tiden för fältförsöket (vecka 45-50) och industriuppföljningen (vecka 46, 48, 49, 4 och 5).

**Figure 14.** Stone weight ( $\text{kg/m}^3\text{sub}$ ) over time for the field trial (week 45-50) and the industry follow-up (week 46, 48, 49, 4 and 50).

### 3.3 Statistiska analyser

#### 3.3.1 Statistisk analys på avläggsinstruktionen

Det fanns ingen statistiskt signifikant skillnad i antal sten/trave ( $p=0,17$ , tvåsidigt t-test) eller vikt sten/trave ( $p=0,26$ ) då underlag hade använts eller inte hade använts.

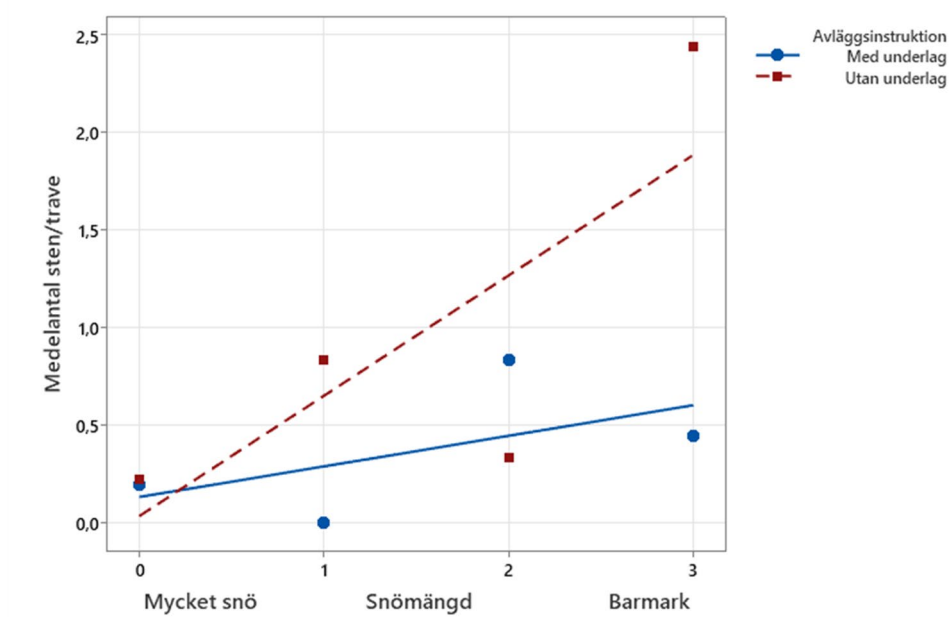
#### 3.3.2 Statistisk analys på interaktionen mellan snödjup och avläggsinstruktion

Av figur 12 och figur 13 kan ett mönster tydas där avlägg med underlag har både färre antal stenar och lägre vikt än avlägg utan underlag. Dock visar resultatet under 3.3.1 att det inte finns en statistisk skillnad mellan de olika avläggshanteringarna. Figurerna 12 och 13 indikerar att det är snödjupet på avläggen som är drivande huruvida sten följer med från avläggen eller inte. Därför undersöktes effekten av interaktionen av snödjup och avläggsinstruktion på medelantalet sten/trave. Snödjupet delades in i snödjupsklasserna efter SMHI:s snödjupskarta vilken beskrivs i tabell 2. För att undersöka utfallet gjordes en regressionsanalys på medelantal sten/trave i förhållande till interaktionen av snödjup (3–SMHI:s snödjupsklassificering) och avläggsinstruktionen (0; med underlag, 1; utan underlag) vilket visas grafiskt i figur 15.

Resultatet av regressionsmodellen (2) var

$$\text{Medelantal sten/trave} = 0,281 + 0,511 (3\text{-snödjupklass} * \text{avläggsinstruktionen}) \quad (2)$$

där analysen visade en statistisk signifikant effekt av interaktionen mellan snödjup och avläggsinstruktion ( $p=0,03$ ,  $R^2=59\%$ ). Med ökat snödjup på avlägget minskar medelantalet sten/trave för avlägg utan underlag. Medelantalet sten vid barmark (klass 0) var knappt 2,5 stenar per trave för avlägg utan underlag medan det för avlägg med underlag var ungefär 0,5 stenar per trave. Vid klass 3 i snömängd (10–30 centimeters snödjup) var det ingen skillnad i medelantalet stenar per trave (figur 15).



**Figur 15.** Medelantal sten/trave som en funktion av snödjupsklasser ( $X_1$ ) och avläggsinstruktion ( $X_2$ ). Predikterat värde utifrån Ekv. 2 visas som linjer, medan prickarna visar observerat medelvärde från fältförsöket.

**Figure 15.** Average number of stones/stack as a function of snow depth classification ( $X_1$ ) and the instructions for the forest sites ( $X_2$ ). Predicted value based on equation 2 are displayed as lines, whereas the dots display the observed mean value from the field trial.

# Diskussion

## 4.1 Intervjuer

Intervjuerna som gjordes i början av arbetet var en bra introduktion och start på arbetet för att sätta sig in i ämnet och avgränsa det till det mest relevanta området. I detta fall var det ytterst relevant för studien att ha intervjuer med operatörerna på renserierna för att på så sätt undersöka var problemet med sten var som mest utbrett och var det således var mest intressant att genomföra praktiska försök. Tanken var från början att utgå från Umeå och rikta in försöket mot Obbolas pappersbruk. Efter intervjuerna framgick det att Östrand hade större problem vilket ledde till att upplägget gjordes om och fokusområdet blev Östrand och dess upptagningsområde.

Renserioperatörernas påpekande om att stenförekomsten var vanligast under barmarksperioden bekräftades av resultatet från fält- och industriuppföljningen. Visserligen hade operatörerna på de tre bruken lite olika uppfattning gällande när det var mest sten som följde med till renseriet, men gemensamt var att det enbart var under barmarksperioden (tabell 3). Operatörerna hade olika uppfattningar om huruvida den största källan av sten i industriförsörjningskedjan härstammade från leveranser från bilar eller tåg. Att det skiljer i uppfattning mellan de olika renserierna kan bero på att volymen massaved som levereras in med tåg till Munksund är liten i jämförelse med den volym som transporteras in med bil. På Östrand är det tvärtom vilket kan vara en förklaring till operatörernas olika uppfattningar (figur 3).

## 4.2 Fältförsöket

Då det historiskt inte skett särskilt många försök gällande stenförekomst i massavedsleveranser var det inte självklart hur försöket skulle gå till väga. Det som fanns att tillgå från tidigare studier var Borgström (1996) och Willander (2013). Inga av de metoder de använde var applicerbara då Borgström gjorde sitt försök i större skala med lite mindre kontroll, medan Willander gick igenom travarna i fält. De båda rapporternas metoder användes däremot som inspiration till använd metod.

Allt eftersom togs en välfungerande metod fram med de maskinförare som hjälpte till med försöket.

En anledning till att det inte gjordes fler observationer var bland annat att arbetet var mycket tidskrävande i och med att den genomförda datainsamlingen tog flertalet veckor. SCA är ett stort företag med flera olika avdelningar och verksamheter. Detta arbete sträckte sig över flera avdelningar och även över olika verksamheter då försöket innefattade maskinförare, produktionsledare och transportledare till entreprenader på Östrand och Torsboda samt operatörer och anställda på Östrand. Detta ledde till att det var många olika delar och funktioner som skulle harmonisera tidsmässigt. Utifrån den omfattning av människor och funktioner som var delaktiga i försöket flöt det på förhållandevis smidigt, även om det uppstod vissa problem ibland med exempelvis virkesleveranserna till Torsboda där datainsamlingen skulle ske.

#### 4.2.1 Tolkning av resultat från fältförsöket

Trots att den statistiska analysen inte påvisade någon signifikant skillnad mellan enbart avläggsinstruktionerna finns det mönster som tyder på att det är en skillnad. Ser man till figurena 8, 9, 12 och 13 kan det visuellt uppfattas som att det finns en effekt mellan de olika avläggsinstruktionerna där avlägg utan underlag har en högre risk att föra med sten i bilarna till industrin. Hade försöket enbart gjorts under barmarkssäsongen hade utfallet av resultatet kunnat bli annorlunda och eventuellt påvisa en mer renodlad skillnad mellan avläggshanteringarna.

Även om inkluderingen av snödjup som en påverkande faktor inte var en del av originalplanen blev den en intressant aspekt i det slutgiltiga resultatet. Att snödjup har en inverkan på antalet och mängden sten som följer med bilarna från avlägget i skogen är föga förvånande. Däremot finns det ingen forskning eller rapport som fastställer eller bevisar detta. Resultatet av regressionsanalysen påvisar att snödjup har en påverkan på hur mycket sten som följer med till industrierna. Resultatet visar även var gränsen går för när underlag är nödvändiga att använda. Då det är ett snödjup på mellan 10–30 cm visar resultatet att det inte finns någon skillnad i antal sten som följer med travarna in till industrin och därmed när det är nödvändigt att använda underlag och inte. Om det enbart beror på snödjupet får vara osagt, då tjälen i marken också kan ha en påverkan på hur mycket sten som följer med. Mest troligt är det en kombination av de båda då marken blir hård och fast av tjälen i kombination med ett skyddande snölager på 10–30 cm.

### 4.3 Industriuppföljning

Till försöket på Östrand valdes inventeringsmetoden för att på bästa sätt få ett dataset att arbeta med trots att det fanns begränsade tillfällen och möjligheter till att samla in data på Östrand. Begränsningen berodde delvis på det långa avståndet till studieplatsen, och delvis på en varierande produktion samt en begränsad yta där stenen från stenfällorna tömdes. Då det blev lite längre oförutsedda stopp i produktionen, det vill säga över en halv veckas produktionsbortfall under en tänkt insamlingsvecka, togs beslutet att inte ta med den veckan i resultatet. Avläggningsytan för stenarna som föll ut från stenfällorna var begränsad vilket gjorde att tömningarna inte kunde separeras mer noggrant än veckovis vilken föranledde till beslutet att applicera den veckovisa inventeringsmetod som användes.

Baserat på resultatet från fältförsöket gick det ungefär 4 travar/kg sten från avlägg med underlag. Utan underlag gick det ungefär 2 travar/kg sten och de två avläggsinstruktionerna sammanslagna knappa 3 travar/kg sten. Baserat på resultatet från industriuppföljningen gick det knappt 1 trave/kg sten. Om det antas att industriuppföljningen visar den förväntade stenmängden indikerar jämförelsen att mindre än hälften av stenmängden förekommer i fältförsöket, trots att underlag inte har använts.

Det fanns en påtaglig skillnad i vikten sten som föll ut på industriuppföljningen jämfört med den sten som hittades från avlägg med underlag. Vikten sten från avlägg utan underlag var ungefär det dubbla mot avlägg med underlag, trots att försöket pågick under övergångsperioden mellan höst och vinter. Detta visar vikten av att använda underlag, samtidigt som det kan diskuteras huruvida kranbilar är det största problemet kopplat till medföljande sten i massavedsleveranser. Detta styrks ytterligare då utfallet av sten på industriuppföljningen, där man får anta att massaveden kommer från avlägg där det används underlag enligt instruktion, är mer än det dubbla mot utfallet av sten på avlägg där det aktivt valts att inte använda underlag.

Det var ett liknande mönster i både fältförsöket och industriuppföljningen där det var en mer omfattande stenförekomst innan och efter vecka 48 i fältförsöket och innan och efter vecka 49 i industriuppföljningen. Att industriuppföljningen släpar efter en vecka anses vara rimligt då det är så pass stora volymer som förvaras på avläggningsytan på massabruket samt att det inkommer leveranser från terminaler.

**Tabell 5.** Mängden sten från fältförsöket och industriuppföljningen där industriuppföljningen antas visa den egentliga stenmängden

**Table 5.** The amount of stones from the field trial and the industry follow-up where the industry follow-up is assumed to display the actual amount of stones

	Kg/m <sup>3</sup> fub	Kg/dygn	Kg/vecka	%
Med underlag	0,016	152	1064	21
Utan underlag	0,035	331	2317	<b>46</b>
Fältförsök totalt	0,025	241	1686	34
Industriuppföljning	0,075	712	4985	<b>100</b>

I detta försök användes enbart kranbilar, vilket är värt att ta i beaktning då griparna från separatlastare och virke som hanteras på tågterminaler mest troligt för med sig mer sten än vad gripen från kranbilar gör. Studien från Borgström (1996) visar att både separatlastare och tåg har en högre förekomst av sten än vad som kunde hittas från kranbilarna. Detta kan sättas i relation till industriuppföljningen där det hittades nästan fem gånger så mycket sten som i fältförsöket (från avlägg med underlag). Totalt gick det igenom 238 000 m<sup>3</sup>fub på industriuppföljningen jämfört med 1392 m<sup>3</sup>fub på fältförsöket så man ska inte dra för stora växlar av resultatet men ett mönster kan tydas. Något som styrker resultatet är minskningen i stenförekomst över tid, som det finns en effekt av på de två av varandra helt oberoende försöken, vilket ytterligare bekräftas med den uppfattning operatörerna i renserierna hade. Då det i båda försöken visade en tydlig minskning i stenförekomst vid samma tidsperiod kan det vara rimligt att anta att det inte enbart är en slump. Det virke som gick igenom renseriet under industriuppföljningen kan komma från alla tillgängliga leveransmetoder som kranbil, separatlastare, tåg och import. Därför kan den sten som föll ut i industriuppföljningen betraktas som det mest korrekta resultatet gällande stenmängd i förhållande till hur det ser ut i verkligheten.

## 4.4 Framtida studier

Att härleda var ifrån den största källan till stenförekomsten härstammar kan vara en utveckling av denna studie för att komma underfund med roten till problemet. Det kunde inte påvisas en skillnad mellan enbart avläggsinstruktionerna vilket kan ha berott på säsongsovergången men kunde inte fastställas. Man kan undersöka detta mer noggrann under en ren barmarkssäsong. Dock anser jag att huvudfokus i framtiden bör ligga på att fokusera på andra delar av transportsystemet. Separatlastare, tåg och import är ett naturligt nästa steg. Sträcker man sig utanför transportsystemet är drivningen en intressant del av försörjningskedjan där man kan undersöka hur pass stor del i stenförekomsten skotarna har. Willander (2013) undersökte detta där det tydde på att separatlastaren är en större källa till sten än vad skotaren är. Likväl som att det kan tillkomma sten vid de olika hanteringsstegen kan det även falla bort sten vid avlastning i de olika stegen. I vilken grad de olika

hanteringsstegen har en inverkan på mängden sten kan vara ytterligare ett område att undersöka.

En annan intressant aspekt att titta närmare på i framtiden är geografin. Intervjustudien noterade att stopp vid renseriet på grund av sten var mest förekommande på Östrand, som samtidigt får störst andel av leveranserna via järnväg. Inlandstrakter är oftare levererade med järnväg på grund av avståndet till industrierna på kusten (Sjölling et al. 2023). Det kan vara intressant att jämföra om det är någon skillnad på kustnära trakter och trakter från inlandet kopplat till stenförekomst vilka är tydligare associerade med leveranser via järnväg. Det kan även vara intressant att undersöka stenförekomsten ur ett mer nord-/sydligt perspektiv och undersöka om det skiljer sig i de olika delarna av landet. Det blir då ännu tydligare huruvida säsongen spelar in på stenförekomsten då vintern är betydligt kortare i södra Sverige.

Ursprungligen fanns det en tanke att räkna på kostnader kopplade till renseriet och hur mycket stopp och haverier kostade ekonomiskt. Detta visade sig vara betydligt mer omfattande än befarat då hänsyn måste tas till många aspekter, till exempel slitage, stopptider och arbetskostnader i kombination med en låg noggrannhet i rapporteringen av stoppen i SCA:s produktionsrapporteringssystem ProTAK. Om det skulle ske en revidering av användandet av ProTAK och en generalisering av rutiner vid registrering av stopp på grund av sten, samt generella instruktioner för alla renserier, skulle det kunna vara ett ämne för framtida studier.

## 4.5 Styrkor och svagheter

Det finns både styrkor och svagheter/felkällor i denna studie. Till att börja med kan det konstateras att datasetet är litet. Försöksdesignen hade hög risk med det lilla datasetet då ett mindre dataset bidrar till en större osäkerhet för att kunna fastställa ett statistiskt signifikant resultat. Särskilt då perioden med högre sannolikhet för stenförekomst (barmark) övergick till perioden med lägre sannolikhet för stenförekomst (mycket snö) under tiden fältförsöket pågick. De 30 bilarna (90 travar varav 45 per avläggsinstruktion) som användes är ett relativt lågt antal observationer för att göra en statistisk analys av materialet i denna typ av studie.

En aspekt som kan spela in på den mängd sten som hittades på fältförsöket var att åkerierna och deras chaufförer hade vetskap om att detta försök pågick och således var noggrannare och mer medvetna om hur de lastade virket. Åkerierna hade inte aktivt blivit informerade om försöket mer än att de skulle köra det markerade virket som fanns på avläggen till Torsboda i stället för till Östrand, men det framkom att många hade koll på att det var ett försök som handlade om sten som följer med vid



massavedstransporter. Resultatet av stenförekomsten kopplades inte på något sätt till de åkerier som levererade virket till terminalen. Det argumenterades för att det fanns en risk att åkerierna uppfattade det som att stenförekomsten i travarna skulle kopplas till dem. Detta var en aspekt som belystes, men i samråd med handledare beslutades det att bortse från detta och lita på chaufförernas professionalitet. Med det menas att lita på att de gjorde sitt jobb precis som vanligt trots vetskapen om försöket. Om, eller hur mycket, det i slutändan påverkade resultatet är omöjligt att säga men det finns en risk att den stenförekomsten var lägre än normalt (tabell 5) då chaufförerna var medvetna om försöket. En annan aspekt kopplat till fältarbetet är att kontrollen av studien i den första delen av fältförsöket har varit mycket begränsad då maskinlag och åkerier har ansvarat för allt i skogen enbart baserat på de instruktioner de fått.

Ytterligare felkällor är vägningen på industriuppföljningen. Inmätningstvågarna som användes hade en noggrannhet på 50 kg vilket kan anses som ett relativt grovt intervall. I och med den stora mängden virke, och därmed också den stora mängden sten, som hanterades i industriuppföljningen var detta dock en mindre betydande felkälla. En större felkälla kan vara att traktorn som användes för vägningen av stenarna är oprecis då det kommer till att få med sig all sten som låg på det avsedda området för tömningen av stenfällorna. Det finns därmed en risk att den vikt som är registrerad under industriuppföljningen mest troligt är en aning lägre än vad den hade varit om alla stenar blev vägda. Visserligen följde det med en hel del ”klux”, det vill säga bitar från avbrutna stammar etcetera. Däremot väger mängden ”klux” mest troligt inte upp för de stenar som missades vid vägningen då stenar generellt har ungefär fem gånger högre densitet än tall och gran (Höbeda 1995; Skogskunskap 2022).

Att fältförsöket blev försenat och pågick under både barmarks- och vintersäsongen var för resultatet intressant. Dock medförde snön att det givetvis även blev svårare att upptäcka sten vid genomgång av travar i fält då det bildades ett snölager ovanpå de travar som redan fanns inne på Torsboda. Detta medförde att det vid utläggning av travar blev ett snölager på marken mellan underlagsstockarna där eventuell sten skulle falla ut. Snön gjorde eventuellt att det blev svårare att upptäcka medföljande stenar vilket kan ha lett till att stenar missats. Det går heller inte att veta om området försöket gjordes i var representativt för hela Östrands upptagningsområde.

Något som däremot styrker studien är att trots ett relativt litet dataset och många svagheter visar de tre olika delarna av studien liknande resultat trots att de är av varandra helt oberoende. Resultaten är även visuellt tydliga då de visas i grafer och tabeller även om de inte alltid är statistiskt signifikanta. Det gör det lättare att tolka vilka mönster som återfinns i resultaten.

## 4.6 Slutsats

De slutsatser som kan dras utifrån resultatet i denna studie är:

- Alla operatörer i intervjustudien ansåg att sten är ett problem (1–3 stopp/vecka).
- Det finns en tydlig koppling mellan stenförekomst och barmark i både fältförsöket och industriuppföljningen, då stenmängdens medelvikt i fältförsöket var betydligt högre innan vecka 48 än efter (vecka 48 avser skiftet från barmark till snötäckt mark) och samma trend i industriuppföljningen innan och efter vecka 49. Kopplingen mellan stenförekomst och barmark styrks även av intervjuerna från operatörerna på Munksund, Obbola och Östrand.
- Det följde enligt fältförsöket med ungefär dubbelt så mycket sten från avlägg utan underlag ( $0,016 \text{ kg/m}^3\text{fub}$ ) än från avlägg med underlag ( $0,035 \text{ kg/m}^3\text{fub}$ ).
- Med stor variation i stenförekomst mellan säsongerna påvisades ingen signifikant skillnad mellan enbart avläggsinstruktionerna. Däremot fanns det en signifikant interaktion mellan snödjup och avläggsinstruktion för medelantalet sten/trave. Skillnaden i medelantal sten/trave med- kontra utan underlag var minst vid mycket snö och störst vid barmark.
- Resultaten på fältförsöket respektive industriuppföljningen visade att det föll ut drygt dubbelt så mycket sten vid industriuppföljningen ( $0,075 \text{ kg/m}^3\text{fub}$ ) som vid fältförsöket utan underlag ( $0,035 \text{ kg/m}^3\text{fub}$ ). Utifrån försöket finns det inte några tydliga förklaringar till detta. En trolig är att andra delar av transportsystemet för med sig mer sten än vad kranbilar gör. Det krävs därför ytterligare studier för att utreda vad som påverkar förekomsten av sten och vilka konsekvenser sten har mer ingående på industrin.
- Utifrån resultatet bör SCA fortsätta applicera avläggsinstruktionen i sitt nuvarande format gällande underlag då den är mycket relevant under barmarksperioden. Resultatet tyder på att användandet av underlag gör nytta, främst under barmarkssäsongen, och det är därför viktigt att fortsätta att implementera det i fält.

# Referenser

- Biometria (2022). *Skogsindustrins virkesförbrukning 2017-2021*. Uppsala/Sundsvall.
- Borg, O.F. (1989). *Papper och pappersmassa - en grundbok*. 1. uppl. Markaryd: Sveriges skogsindustrieförbund.
- Borgström, M. (1996). *Analys av stenförekomst i rundvirkestransporter*. (Examensarbete / SLU, Skogsmästarprogrammet, 1996:1). Skinskatteberg: SLU Skogsmästarskolan.
- Frisk, M. & Andersson, G. (2013). *Stora lastbilar ger goda miljöeffekter*. (17–2013). <https://www.skogforsk.se:443/kunskap/kunskapsbanken/2013/Skogsbrukets-transporter-20101/> [2023-03-09]
- Google Earth (2023). <https://www.google.com/maps/@62.5307714,17.4649554,786m/data=!3m1!1e3> [2023-03-08]
- Höboda, P. (1995). *Asfaltboken*. 2. uppl. Asfaltskolans Utbildningsråd. <https://asfaltboken.se/stenmaterial/> [2023-03-23]
- Kvale, S. (2009). *InterViews: learning the craft of qualitative research interviewing*. 2. ed. Los Angeles: Sage Publications.
- Merriam, S.B. (1988). *Fallstudien som forskningsmetod*. 1:17. San Francisco: Sharan B Merriam and Jossey-Bass Inc.
- Pettersson, H., Ado, A., Berntsson, S. & Söderbaum, F. (2015). *Skogens transporter – en trafikslagsövergripande kartläggning*. (2015:16). Stockholm: Trafikanalys. <https://www.trafa.se/kommunikationsvanor/varufloden/kartlaggning-av-skogens-transporter-4342/> [2022-10-03]
- SGU (u.å.). *Kartvisaren Jordarter 1:25 000-1:100 000*. <https://www.sgu.se/produkter-och-tjanster/kartor/kartvisaren/jordkartvisare/jordarter-125-000-1100-000/> [2023-03-09]
- Sjölling, I., Rönnqvist, E. & Fjeld, D. (2023). *Rail transport in Swedish wood supply – seasonal variation, system risks and mitigation costs*. International Journal of Forest Engineering, 34 (2), 294–302. <https://doi.org/10.1080/14942119.2023.2167379>
- Skogsindustrierna (2022a). *Ekonomisk betydelse och välfärd - Skogsindustrierna*. <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/ekonomisk-betydelse-och-valfard/> [2023-03-23]
- Skogsindustrierna (2022b). *Skogsnäringens betydelse för välfärden*. <https://www.skogsindustrierna.se/siteassets/dokument/rapporter/skogsnaringens-betydelse-for-valfarden-aug-upt-2022.pdf> [2023-03-24]
- Skogsindustrierna (u.å.). *Statistik om transport och infrastruktur - Skogsindustrierna*. <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/transport-och-infrastruktur/> [2022-10-03]
- Skogskunskap (2022). *Virkesegenskaper och tillredning*. <https://www.skogskunskap.se:443/skota-lovskog/slutavverka-och-salja-virket/virkesegenskaper/> [2023-03-23]
- SMHI (2023). *Snödjup | SMHI*. <https://www.smhi.se/vader/observationer/snodjup/> [2023-01-27]
- Svenska Cellulosa Aktiebolaget (2021). *Avläggsinstruktion*. 3. uppl. Svenska Cellulosa Aktiebolaget. <https://www.sca.com/sv/>

- Svenska Cellulosa Aktiebolaget (2022). SCAs virkesförsörjning och förbrukning 2021. Powerpoint, .
- Svenska Cellulosa Aktiebolaget (u.å.a). *En världsledande massaproducent*. <https://www.sca.com/sv/om-oss/Detta-ar-sca/vara-verksamheter/ostrands-massafabrik/> [2022-09-02]
- Svenska Cellulosa Aktiebolaget (u.å.b). *Munksunds pappersbruk*. <https://www.sca.com/sv/om-oss/Detta-ar-sca/vara-verksamheter/munksunds-pappersbruk/> [2022-09-01]
- Svenska Cellulosa Aktiebolaget (u.å.c). *Obbola pappersbruk*. <https://www.sca.com/sv/om-oss/Detta-ar-sca/vara-verksamheter/obbola-pappersbruk/> [2022-09-01]
- Vikström, P. & Nordin, M. (2022). *Virkesavlägg och dess betydelse för säkerhet och arbetsmiljö- en fallstudie på SCA Skog*. Växjö: Institutionen för Skog och träteknik. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:lnu:diva-115125> [2022-09-01]
- Willander, L.-M. (2013). *Föroreningar orsakade av stenar inblandade i barrmassaved*. (Examensarbete / SLU, Skogsmästarprogrammet, 2013:26). Skinskatteberg: SLU Skogsmästarskolan. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-3393> [2022-08-30]



# Bilaga 1

Intervjumall *Sten i massavedleveranser - omfattning, åtgärd och ekonomiska konsekvenser.*

	Frågor och påståenden	Medhåll påstående				
<b>Bakgrund och kontrollfrågor</b>						
Kapacitet	Vilken genomsnittlig produktivitet/kapacitet ligger renseriet på? - m <sup>3</sup> /dag - % kopplat till maximal kapacitet.					
Förekomst av sten på renseriet	Hur många gånger töms stenfällan per dag? Hur stor mängd sten töms varje dag? - m <sup>3</sup> - antal					
Förekomst av haveri	Hur ofta förekommer haverier och hur länge varar dem?					
Konsekvenser	- De flesta haverier på renseriet orsakas av sten.	1	2	3	4	5
	- Haverier har mycket stor påverkan på produktionen.	1	2	3	4	5
<b>Möjliga orsaker</b>						
Geografi/säsong	- Jag känner till områden som har högre stenförekomst.	1	2	3	4	5
	- Mycket mer sten följer med under en eller ett par specifika säsonger på året.	1	2	3	4	5
Aktör-relaterade	- Jag ser att vissa åkerier har med sig mer sten än andra.	1	2	3	4	5
	- Stenförekomst kan skilja sig mycket mellan skog och terminalhanterat virke.	1	2	3	4	5
	- Vissa leverantörsföretag har med sig mer sten än andra.	1	2	3	4	5
<b>Data</b>						
Nyckeltal för konsekvenser	Vad mäter ni gällande produktion och tidsutnyttjande? Vilka siffror finns tillgängligt?					
<b>Personlig reflektion</b>						
"Vad tror du..."	Ranka vilka du tror är de tre största orsakerna till att sten följer med massaveden.					
1						
2						
3						
	Är det något jag missat tidigare i försörjningskedjan som du tror är en orsak till att sten följer med massaveden?					
	Är det något som NI kan göra för att minska haverier kopplade till sten i massaveden?					

Intervjumall gällande examensarbete *Sten i massavedleveranser - omfattning, åtgärd och ekonomiska konsekvenser.* Avsedd för erfarna operatörer i SCA:s renserier.

Sifferförklaring påståenden: 1 = Håller inte alls med. 2 = Håller inte helt med. 3 = Håller varken med eller inte. 4 = Håller delvis med. 5 = Håller helt med.

## Bilaga 2

### Avläggsinstruktion

<i>Avlägg med underlag</i>	<i>Avlägg utan underlag</i>
SCA:s avläggsinstruktion gällande underlag som grund	Inget underlag
Tvärgående stockar som gör att vältan kommer upp från marken och gripen inte tar i marken	Bara tillåtet med underlag för att få vältan i horisontalt läge, dvs i fram eller bakkant
Hälften av massaveden läggs i vältor med godkänt underlag, hälften i vältor utan underlag. Förslagsvis vartannat lass till godkända vältan och hälften till ej godkända vältan. Virket markeras av maskinförarna inför leverans till Torsboda.	

## Bilaga 3

### Arbetsgång i fält

<b>Steg 1</b>	Avläggsinstruktionen gås igenom med berörda maskinförare.
<b>Steg 2</b>	Maskinlagen arbetar enligt instruktion
<b>Steg 3</b>	Maskinförarna markerar barmassavältorna med blått om de har underlag och rött om de är utan underlag.
<b>Steg 4</b>	Förvalt åkeri kör in vältorna till Torsbodaterminalen.
<b>Steg 5</b>	Därefter i samförstånd med TL och personal på Torsboda leverera in och lagerhålla på terminal. <ul style="list-style-type: none"><li>○ Personal på Torsboda markerar inlevererade travar med leveranstid, datum och åkeri.</li></ul>
<b>Steg 6</b>	Lasta av bilarna – travarna separerade med skiljestockar och bilarna separerade med lite mellanrum

### Arbetsgång Torsbodaterminalen

<b>Steg 1</b>	Sopa rent avläggsytan på vedgården för vältorna
<b>Steg 2</b>	Sopa rent under underlagsstockarna
<b>Steg 3</b>	Släppa ut knippen underlagsstockarna (travvis)
<b>Steg 4</b>	Visuellt inspektera stockarna efter fastsittande sten
<b>Steg 5</b>	Samla upp eventuell sten
<b>Steg 6</b>	Dokumentera: <ul style="list-style-type: none"><li>○ Antal sten</li><li>○ Storlek</li><li>○ Vikt</li><li>○ Trave</li><li>○ Avläggsnummer</li><li>○ Åkeri</li><li>○ Färg på trave (godkänt eller ej)</li><li>○ Leveransinformation</li></ul>
<b>Steg 8</b>	Upprepa