



Kartläggning av spånprodukter vid Sävar såg

Mapping saw-dust products at Sävar såg



Foto: Axel Ekström

Axel Ekström

Arbetsrapport 356 2012
Examensarbete 30hp D
Jägmästarprogrammet

Handledare:
Iwan Wästerlund

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
901 83 UMEÅ
www.slu.se/srh
Tfn: 090-786 81 00



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-356-SE

Kartläggning av spånprodukter vid Sävar såg

Mapping saw-dust products at Sävar såg

Axel Ekström

Examensarbete i Skogshushållning vid institutionen för skoglig resurshushållning, 30 hp
Jägmästarprogrammet
EX0707

Handledare: Iwan Wästerlund, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi
Examinator: Michael Finell SLU, Enheten för Biomassateknologi och Kemi

Sammanfattning

Sverige och övriga världen går mot en ökad användning av biobränslen. Detta har gjort att pellets blivit alltmer populärt. Som följd av detta har efterfrågan på sågverkens spånprodukter ökat. Det har blivit allt vanligare att svenska sågverk använder flera olika typer av sönderdelare istället för en enda. Syftet med detta arbete var att karaktärisera de olika flöden av spån som återfinns på Sävar såg vid sågning av grovt respektive klint virke med olika sönderdelningstekniker. Spånens partikelstorlek, form, fukthalt och värmevärde har analyserats från sju olika sönderdelningsstationer, första sönderdelning snabb och långsam, andra sönderdelning snabb och långsam, justerverket snabb och långsam samt hyvleri. Resultaten visar att det fanns skillnader i spånens karaktärer beträffande fraktionsfördelning, form och fukthalt från första sönderdelningen, andra sönderdelningen, justerverket och hyvleriet. Skillnaderna i värmevärde var marginella för alla prover. Spån som sönderdelats i första sönderdelningen respektive hyvleriet skiljde sig markant från varandra gällande fraktionsfördelning, form och fukthalt. Spån från första sönderdelningen och andra sönderdelningen var tjockare än övriga spån. De finaste spånen kommer från justerverket. Det är ganska små skillnader på spån som härstammar från grovt respektive klint virke från samma sönderdelningsstation vad avser fraktionsfördelning, fukthalt och form. Matningshastigheten gav skillnader i såväl fraktionsfördelning som form på spånen. Resultaten visar att det vore möjligt att dela in spån i olika sortiment utifrån dess karaktäristik som spånen erhållit beroende på vilken sönderdelare de härstammar från.

Nyckelord: Fukthalt, form, partikelstorlek, fraktionsfördelning, värmevärde

Abstract

A change towards using more biofuels than fossil fuels is taking place in Sweden, and in many other parts of the world. This makes the use of fuel pellets increasingly popular, causing a greater demand for sawmill sawdust products. There is a trend towards the use of multiple types of shredders, instead of a single type in each sawmill. The purpose of the study was to characterize the different flows of saw particles that can be found at Sävar såg when cutting thick or thin wood with different cutting techniques. The saw particles size, shape, moisture content and heat value were analysed by the cutting stations: first cutting fast and slow, second cutting fast and slow, grading fast and slow and planning. The results confirmed the differences in the saw particles characters with regard to particle size, shape and moisture content. There were marginal differences in heating value. Saw particles from first cutting and planning differs from each other based on the characters size, shape and moisture content. Saw particles from the first cutting and the second cutting gave the thickest fractions. The finest saw particles are produced at the grading. There were rather small differences in particle derived from thick and thin timber if fractional distribution, moisture content and form are observed. The feed rate provides differences in fractionation distribution and shape of the saw particles. The results of this study thereby show that it would be possible to assort the saw particles by its characteristics based on the characteristics they have received according to the cutting station they originated from.

Keywords: moisture content, shape, particle size, fraction distribution, calorific value

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	5
1.1 PELLETS.....	5
1.2 SÅGVERK	6
1.3 SYFTE	9
FRÅGESTÄLLNINGAR:.....	9
2. MATERIAL OCH METODER	10
2.1 FÖRSÖKSPLATS	10
2.2 PROVTAGNING AV SPÅN.....	10
2.2.1 SPÅNPRODUKTION	12
2.3 KARAKTÄRISERING AV SPÅN.....	12
2.3.1 PROVNEDELNING.....	13
2.3.2 FRAKTIONSBESTÄMNING.....	13
2.3.3 PARTIKELFORM.....	13
2.3.4 FUKTHALT	14
2.3.5 VÄRMEVÄRDE	14
2.3.6 STATISTISKA TESTER	14
3. RESULTAT	15
3.1 FRAKTIONSFÖRDELNING	16
3.2 FORM	16
3.3 FUKTHALT	20
3.4 VÄRMEVÄRDE	21
3.5 PRODUCERAD MÄNGD SPÅN PÅ ÅRSBASIS.....	21
4. DISKUSSION	22
4.1 ANALYS AV METOD OCH MATERIAL	22
4.2 JÄMFÖRELSE MED ANDRA ARBETEN.....	23
SLUTSATSER	27
REFERENSER	29

1. Inledning

Sverige har insett vikten av att minska utsläppen av växthusgaser. Genom att skriva under Kyotoprotokollet har Sverige, tillsammans med många andra industriländer förbundet sig att minska sina utsläpp (Anon., 1998a). Sverige minskar utsläppen av växthusgaser från fossila bränslen genom att ersätta dessa med bibränslen som exempelvis: returpapper, torv, trädbränslen och pellets (Anon., 2011c). Intresset hos allmänheten att övergå till biobränslen har medfört en ökning av användningen av bränslepellets, vilket är enklare material att använda än brännved (Berghel m.fl., 2011).

1.1 Pellets

Pellets produceras framför allt av sågverkens biprodukt sågspån. I oförädlad form är sågspån skrymmande med låg densitet och svårhanterligt som bränsle (Bergström, 2005; Bergström m.fl., 2008). Vid pelletering av sågspån tillverkas en produkt som har högre energiinnehåll per viktenhet, förbättrad lagringsbarhet, bättre hållfasthet och högre densitet än råmaterialet (Jirjis m.fl., 2006). Pelletstillverkningen delas in i fyra huvudsakliga processteg: torkning och malning av sågspån samt pelletering och kylning av pellets (Lehtikangas, 1999). Pellet har en cylindrisk form med en maximal diameter på 25 mm, den vanligaste storleken ligger mellan 6 – 12 mm i diameter. Det finns tre kvalitéter på pellets i Sverige, där kvalitét ett är bästa och kvalitét tre sämsta (Anon., 1998b), se bilaga.

Idag produceras det ca 1,6 miljoner ton bränslepellets årligen i Sverige. Vilket jämfört med för tio år sedan är en ökning med nästan 200 % (Anon., 2011b). År 2010 stod biobränslen tillsammans med torv och avfall för 23 % (141 TWh) och fossila bränslen stod för 37 % (231 TWh) av den tillförda energin i Sverige. Samma år stod pellet för 10 % (14 TWh) av den totala mängden bioenergi (Anon., 2011a). Omkring 34 % av den producerade mängden pellets i Sverige används i villor, resterande används i större anläggningar, t.ex. värmeverk (Anon., 2011a). När pellets används för uppvärmning av villor ställs det höga krav på pelletarna då små förbränningsanläggningar är mer känsliga för heterogent och orent material än större anläggningar (Bergström, 2005).

Pelletens kvalitet påverkas av råmaterialets karaktäristik, d.v.s. färskhet, partiklarnas storlek och utseende m.m. (Bergström, 2005). Vilken fraktionsstorlek som efterfrågas på råmaterialet varierar beroende på teknik, råvara samt vilket kvalitetskrav som är aktuellt. Vanligen krävs det en fraktionsstorlek < 3 mm, vissa pelletspressar klarar fraktioner upp till 6 mm (Näslund, 2003). I studien av Bergström m.fl. (2008) dras slutsatsen att kostnader för pelletering kan minskas genom att undvika malning av partiklar < 8 mm då det kan vara obefogat. Fraktioner < 0,25 mm undviks helst då de riskerar att pyrolyseras vid torkning eller fastna i transportkanaler (Bergström, 2005). Alltför grova partiklar riskerar att inte bli tillfredsställande torra (Näslund, 2003). Pellets som är gjord av råmaterial med små partiklar, < 1 mm, med stor yta får en högre densitet och blir starkare än pellet gjorda av större partiklar enligt Bergström m.fl. (2008).

Sågspån torkas vanligen till en fukthalt på 9-12 % innan pelletering (Bergström m.fl., 2008). En fukthalt omkring 9 % har i flera studier visat sig vara lämplig vid pelletering av sågspån (Oberberger & Thek, 2004; Bergström, 2005; Rhen, 2006). Det finns ett samband mellan fukthalt på råvaran och pelletens densitet och hållfasthet, låg fukthalt ger högre densitet och hållfasthet på pelleten (Bergström, 2005).

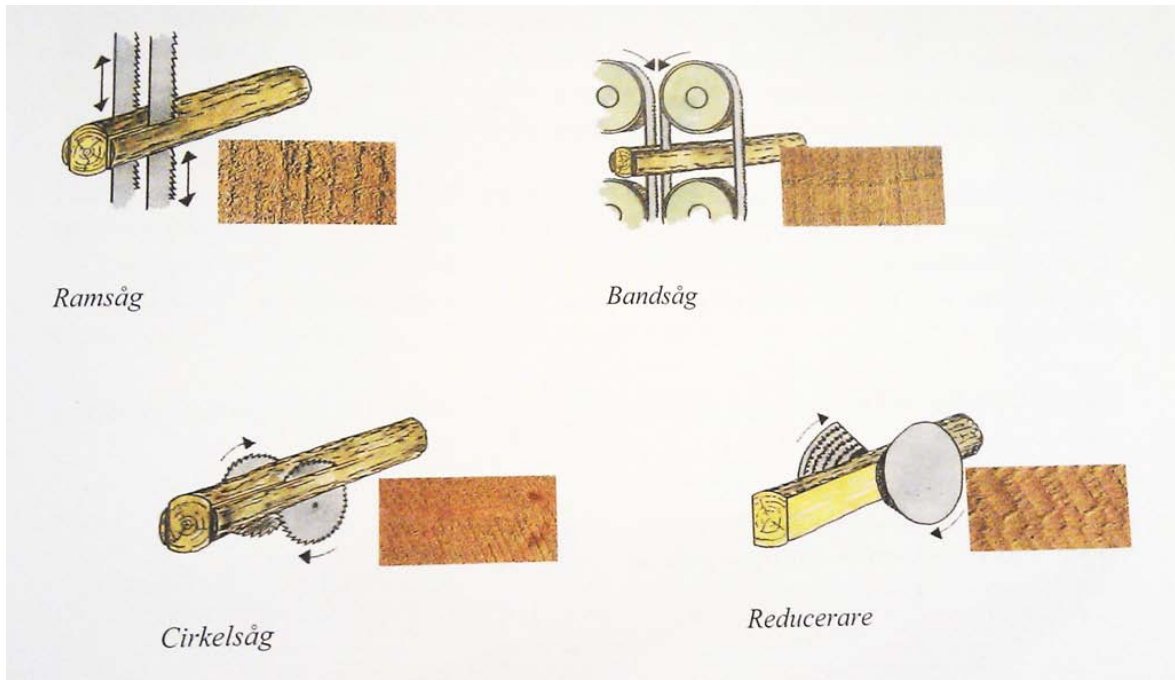
Vilket trädslag råmaterialet härstammar från påverkar pelleteringsprocessen. Sågspån från färsk tall (*Pinus sylvestris* (L.) Karst) ger sämre hållfasthet och densitet på pelleten än lagrad tall och gran (*Picea abies* L). Sågspån från färsk tall är lättare att pelletera vilket tros bero på skillnader i fuktfördelning och halt av extraktivämnen mellan färsk och lagrad tall (Samuelsson m.fl., 2009). Enligt en studie av Holm m.fl. (2006) är lövträd svårare att pelletera än barrträd på grund av skillnaden i struktur hos lövträd och barrträd.

1.2 Sågverk

Av den mängd timmer som går in i ett sågverk blir ca hälften till sågspån eller flis, även bark och bakar är biprodukter från sågverk (Stendahl, 2009). Sågspån är inte längre en restprodukt utan värde, de har blivit en viktig biprodukt. Förr användes sågspån främst som strö vid djurhållning och isolering i byggnader, nu är de en viktig råvarubas för spånskive- och bränslepelletsindustri (Anon., 2011c).

För ett par decennium sedan var det vanligt att det endast användes endast en sönderdelningsteknik på sågverken. Idag används det i huvudsak sju olika typer av sönderdelningstekniker på ett sågverk: cirkelsåg, ramsåg, bandsåg, reducerklingsåg, profileringsåg, reducerbandsåg och reducerare (Staland m.fl., 2002). Vid val av sönderdelningsteknik på ett sågverk finns det flera faktorer att ta hänsyn till, så som råvarutillgång, övrig utrustning på sågverket, marknadskrav på färdiga brädor och plank, sönderdelningsmaskinernas tillförlitlighet, råvarans karaktäristik (sågstocken) samt hantering av biprodukter (Grönlund, 1992b).

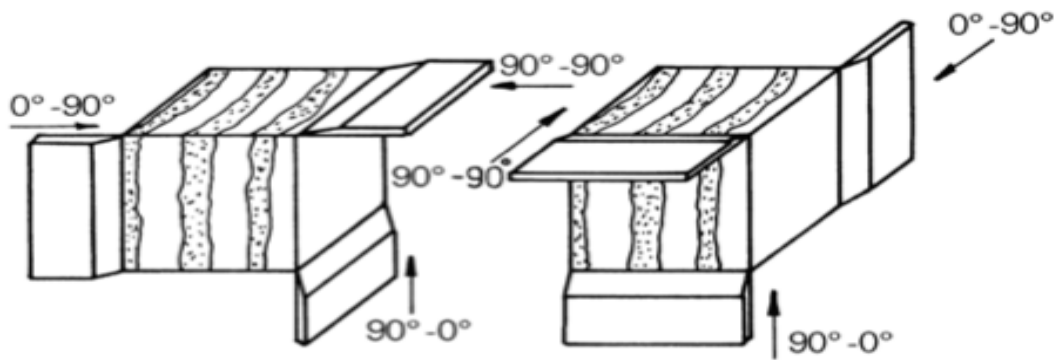
Cirkelsågen är den vanligaste sågmaskinen då sönderdelningar inom och utanför sågverk är inräknade (Grönlund, 2004). Virket sågas med en eller flera klingor i bredd (Anon., 2011c) (Figur 1). Bandsågen består av ett ändlöst band som rör sig i en riktning och (Anon., 2011c) (Figur 1) kan användas till alla slags sönderdelningar, från t.ex. råklyvning av stock till figursågning inom snickeriverksamhet (Grönlund, 2004). I bandsågar används ett eller flera band i bredd för att ta ut flera ämnen ur en stock (Grönlund, 1992b). Vid sågning med en ramsåg utnyttjas en växelgående lösram där ett eller flera sågblad körs växelvis i två riktningar (Figur 1). Vid användning av flera sågblad kan bredden varieras, postning, för att nå de dimensioner på brädor och plank som önskas (Anon., 2011c) (Figur 1). Ramsåg är den äldsta sönderdelningstekniken och härstammar från 1200- till 1300 talet. Ramsågen används allt mer sällan inom sågverksindustrin då dess matningshastighet är låg, vilket resulterar i en låg produktivitet (Grönlund, 2004). Matningshastighet är den hastighet som virket matas in i sönderdelaren med. I en reducerare får stockarna två parallellt plana ytor i stockarnas längdriktning, i och med de två huggskivorna, figur 1. En profilreducerare använder en kombination av reducerare, kuttrar, fräsar och klingor för att ta fram en profil ur en stock som sedan delas med hjälp av cirkelsågar (Nylinder & Fryk, 2001). En reducerklingsåg är en reducerare som följs av en cirkelsåg och en reducerbandsåg är en reducerare som följs av bandsåg (Grönlund, 1992b).



Figur 1. Fyra vanliga sönderdelningstekniker: ramsåg, bandsåg, cirkelsåg och reducerare (Nylinder m.fl., 2000).

Figure 1. Four common cutting techniques: frame saw, band saw, circular saw and reducer (Nylinder et al., 2000).

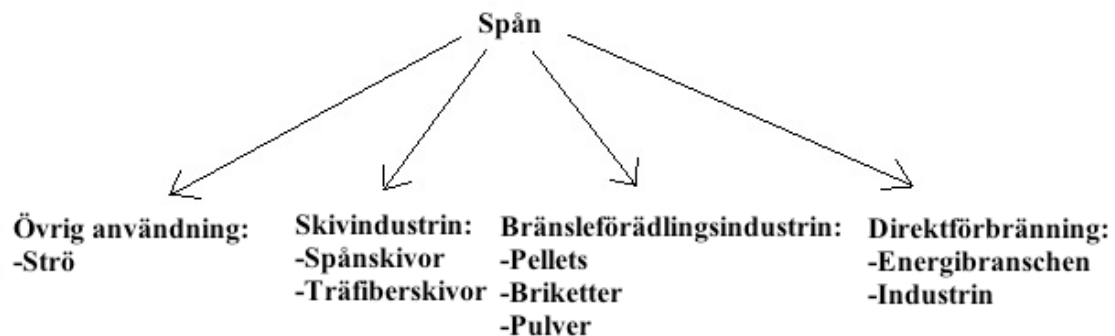
Sågspån som produceras i ett sågverk kan delas in i råspån, torrspån och kutterspån. Råspån kommer från virke som sönderdelats i rått tillstånd, ofta med en fukthalt kring 50%, vilka används av t.ex. pelletstillverkare och spånskiveindustrin. Även sågverken själva använder råspån till uppvärmning av virkestorkar samt eldar det för leverans till fjärrvärmeledning (Lundberg m.fl., 1998). Torrspån bildas vid justerkapning av torkat virke. Kutterspån produceras när brädor och plank hyvlas. Spån från justerkapning och hyvlerier har en låg fukthalt mellan 6-18%, beroende på vilken fukthalt som efterfrågas på den sågade varan (Anon., 2011d). Det finns tre huvudskärriktningar när man sågar virke, $0^\circ-90^\circ$, $90^\circ-0^\circ$ och $90^\circ-90^\circ$ (Figur 2). Första siffran anger vinkeln mellan skärebben och fiberriktningen, andra siffran anger vinkeln mellan verktygets rörelseriktning och fiberriktningen (Grönlund, 2004). Vid bearbetning av trä i de olika skärriktningarna skärs/bryts spånen loss på olika sätt vilket ger olika utseende på sågspånen och därmed olika egenskaper. Hur sågspånen bildas beror på spånvinklar, spåntjocklek samt vilka tryck- och böjpåkänningar det är vid bearbetning av virket.



Figur 2. Definition av skärriktningar vid sönderdelning av virke. Första siffran anger vinkeln mellan skärejgen och fiberriktningen, andra siffran anger vinkeln mellan verktygets rörelseriktning och fiberriktningen (Grönlund, 2004).

Figure 2. Definition of cutting directions in decomposition of wood. The first character indicates the angle between the cutting edge and the grain, the second character indicates the angle between the tool movement direction and the grain (Grönlund, 2004).

Massa-, skiv- och bränsleindustrierna är användare av sågverkens biprodukter som råmaterial. Idag råder det konkurrens om biprodukterna (Nalin, 2008). Biprodukten sågspån kan ha flera användningsområden bland annat till spånskivor, pellets och strö (Figur 3). År 2000 gick 57% av de producerade sågspånen till bränsleindustrin där bland annat pellets tillverkas (Staland m.fl., 2002).



Figur 3. Användningsområden för sågspån (Nalin, 2008).

Figure 3. Areas for use of sawdust (Nalin, 2008).

1.3 Syfte

Syftet med examensarbetet var att kartlägga de olika flödena av spån som återfanns på Sävar Såg, Västerbottens län, vid sågning med olika sönderdelningstekniker samt att beskriva spånens karaktäristik.

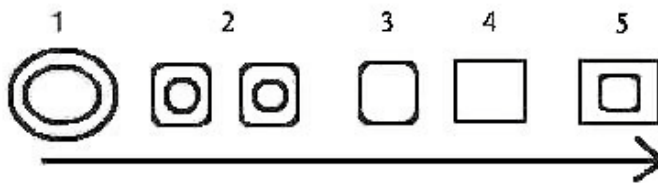
Frågeställningar:

- Finns det skillnader mellan spån från olika sönderdelningsprocesser i sågverket vad avser karaktärerna partikelstorlek, form, fukthalt och värmevärde?
- Skiljer sig spånens karaktärer åt beroende på om det härstammar från grovt eller klent virke?
- Påverkar matningshastigheten av timmer och virke i ett sågverk spånens karaktärer?

2. Material och metoder

2.1 Försöksplats

Spån producerade på Norra Skogsägarnas sågverk Sävar såg, belägen 2 mil norr om Umeå, har studerats. Sävar såg producerar årligen kring 170 000 m³ sågad vara bestående av lika delar tall som gran. I sågverkets två hyvlerier hyvlas totalt ca 80 000 m³. Alla brädor och plank från sågverket torkas varav 35 000 m³ torkas i specialtorkar till en fukthalt under 18 %. När timret anländer till sågverket förs de först genom en mätstation där de klassas och sorteras efter diameter på bark. Efter mätning lagras de i sortiment på timmerplanen tills de ska sönderdelas. Timret passerar vanligen fem stationer innan de är förädlade och redo att levereras till kund, figur 4.



Figur 4. Sågverkslayouten på Sävar såg: 1=barkmaskin, 2=råsågar (två stationer med reducerare och bandsåg i båda), 3=blocktagande såg (bandsåg), 4=justerverket (cirkelsåg) och 5=hyvleriet.
Figure 4. Mill layout at Sävar såg: 1=debarker, 2= first cutting stations (two stations with reducing saw and band saw at both stations), 3=block saw (band saw), 4=trimmer (circle saw), 5=planing.

Sönderdelningen av timret börjar med en barkmaskin. Detta följs av en råsåg där timret transporteras genom två stationer med reducerare och bandsågar, vilka ger timmerstockarna två, alternativt fyra, plana sidor. Spån från första sönderdelningen (FS) härstammar från den första av de två stationerna i råsågen. När virket passerat råsågen transporteras det via den blocktagande sågen, bestående av en bandsåg med flera sågband som delar upp virket i brädor och plank efter prislista och dimension. Blocktagande sågen är den andra stationen (AS) som spånprover tagits från. Efter AS transporteras virket vidare till virkestorkar där de torkas till önskad fukthalt. Efter torkning justerkapas brädor och plank med cirkelsågar i justerverket (J), den tredje stationen där spånprover tagits. För rätt dimension och finish hyvlas en del av brädorna och plankorna i hyvleriet (H) vilket är den fjärde stationen där spånprover hämtats. Totalt togs prover från fyra olika sönderdelningsstationer (FS, AS, J och H), se tabell 1-4.

Idag lagras barken från barkmaskinen kort tid under tak innan det förbränns på sågverket. Råspånet från råsågarna lagras i en spånsilo under tak, råflis lagras inte under tak. Torrspånet från justerverket lagras tillsammans med torrflisen vilket kommer från huggen i justerverket. Spånen och flisen från justerverket lagras inte under tak. Viss del av torrflisen blandas med barken och förbränns av sågverket självt. Kutterspånet lagras i en spånsilo under tak.

2.2 Provtagning av spån

Proverna av spån togs mellan vecka 43 och 48 år 2011 enligt instruktionerna i CEN/TS 14778-1:2005 (E) vilka följdes noga. Granen som sågades när prover till FS1 och AS1 togs hade lagrats under lång tid, flera månader. Tallen som sågades till FSs och ASs hade lagrats under en kortare tid. Spån från FS togs från en fallande ström med hjälp av öskar.

Öskaret hade en volym på 1,2 L och bredden i öppningen var 11,5 cm. En beskrivning av sönderdelningen och detaljer kring proverna redovisas i tabell 1.

Tabell 1 Provtagning från första sönderdelningen (FS)

Table 1. Sample collection from first cutting station (FS)

	FS	
	Snabb matningshastighet (FSs)	Långsam matningshastighet (FSl)
Sönderdelningsteknik	Cirkelsågsreducerare och bandsåg med två sågband	Cirkelsågsreducerare och bandsåg med två sågband
Avstånd mellan sågtänder	45 mm	45 mm
Stukning på sågtänder	2,9 - 2,6 mm	2,9 - 2,6 mm
Hastighet på sönderdelare	3084 m/min	3084 m/min
Matningshastighet	80 m/min	45 m/min
Råmaterial in i sönderdelning	Tall med en topp diameter mellan 155-171 mm	Gran med en topp diameter mellan 335-480 mm
Dygnsmedeltemperatur senaste fem dagar innan sönderdelning	2,3 °C	1,2 °C

Spånprover från AS togs från löpande band bestående av en ca 60 cm bred gummimatta med hjälp av ett öskar. I tabell 2 redovisas specifikationerna för sönderdelningen AS.

Tabell 2. Provtagning från andra sönderdelningen (AS)

Table 2. Sample collection from second cutting station (AS)

	AS	
	Snabb matningshastighet (ASs)	Långsam matningshastighet (ASl)
Sönderdelningsteknik	Bandsåg med upp till fyra sågband	Bandsåg med upp till fyra sågband
Avstånd mellan sågtänder	45 mm	45 mm
Stukning på sågtänder	2,9 - 2,6 mm	2,9 - 2,6 mm
Hastighet på sönderdelare	3084 m/min	3084 m/min
Matningshastighet	80 m/min	45 m/min
Råmaterial in i sönderdelning	Tall med en topp diameter mellan 155-171 mm	Gran med en topp diameter mellan 335-480 mm
Dygnsmedeltemperatur senaste fem dagar innan sönderdelning	2,3 °C	1,2 °C

För provtagning av spån från sönderdelningen J användes en skyffel med ett blad på 30*35*2 cm (b*d*h) detta då det var trångt att komma åt den fallande strömmen av spån från justerverket. Detaljerna för sönderdelning J redovisas i tabell 3.

Tabell 3. Provtagning från justerverket (J). Att matningshastigheten (virke/min) är lägre på snabb matningshastighet beror på förhållandena mellan bitar/min och dimensionen på bitarna
Table 3. Sample collection from trimmer (J). The feed rate (timber/min) is lower in the rapid feed rate depends on the relationships between timber/min and the dimension of the pieces

J		
	Snabb matningshastighet (Js)	Långsam matningshastighet (Jl)
Sönderdelningsteknik	Cirkelsåg, 96 tänder, diameter 500 mm	Cirkelsåg, 96 tänder, diameter 500 mm
Avstånd mellan sågtänder	15,5 mm	15,5 mm
Stukning på sågtänder	4,1 – 3,7 mm	4,1 – 3,7 mm
Hastighet på sönderdelare	3000 varv/min	3000 varv/min
Matningshastighet	120 bitar/min motsvarande 15m virke/min	80-90 bitar/min motsvarande 19 m virke/min
Råmaterial in i sönderdelning	Tall, 50 x 125 mm	Gran 50 x 225 mm
Fukthalt	8-10 %	Ca 18 %

Med hjälp av en hink (10 L) med 25,5 cm diameter samlades kutterspån från H in från fallande ström. Detaljer kring insamling av spån från H visas i tabell 4.

Tabell 4. Provtagning från hyvleriet (H)
Table 4. Sample collection from planing (H)

	(H)
Sönderdelningsteknik	Vals
Antal skärstål med avverkningsdjup	8 st., 3 mm
Stukning på sågtänder	4,1 – 3,7 mm
Hastighet på vals	6000 varv/min
Matningshastighet	75-100 m/min
Råmaterial in i sönderdelning	Gran
Fukthalt	12 %

För att ta hänsyn till eventuell variation på spånets karaktäristik togs tre prover från spånsflödet på varje station med 15 minuters mellanrum, varje prov togs under en minut. Proverna förvarades efter provtagning och fram till provneddelning, se 2.3.1, i 10 L hinkar med tätslutande lock.

2.2.1 Spånproduktion

Tillsammans med personal på Sävar såg beräknades andelen producerade spån från varje sönderdelning på sågen med hjälp av produktionssiffror och erfarenhetstal från sågverket. Totalt förädlas ca 300 000 m³ virke på sågen, av vilket ca 10% blir spån. Då grovt virke sågas med låg matningshastighet och klenare virke med hög matningshastighet antas att det produceras jämförbara mängder spån per tidsenhet på årsbasis vid snabb och långsam matningshastighet (Fredriksson 2011, pers. komm.).

2.3 Karaktärisering av spån

För varje prov mättes partikelstorlek, form, fukthalt, värmevärde, samt densitet. Där utöver utfördes en beräkning av producerad volym spån på årsbasis från varje sönderdelningsstation. Datamaterialet har bearbetats och analyserats med programmen Microsoft Excel och Minitab. I Minitab har medelvärden och standardavvikelser bestämts.

Densiteten på spån från FS, AS, J och H bestämdes med hjälp av ett litermått samt en våg. Prov från FS, AS och J provbereddades genom att de tre proverna från snabb respektive långsam matningshastighet blandades och neddelades till tre prover á en liter. För prov till H samlades de tre proverna från sönderdelningen ihop och neddelades till en liter.

2.3.1 Provneddelning

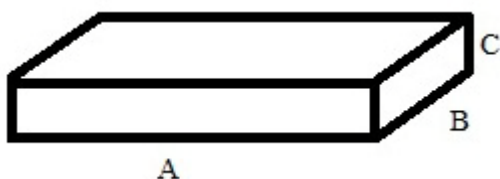
Varje prov (10 L) neddelades till tre delprov med hjälp av en provneddelare. Provneddelaren var utan lock och hade 8 st. 4,5 cm breda spalter. Neddelningen skedde enligt SIS-CEN/TS 14780:2006. Materialet vid provtagning föll ner i två olika 40 L backar. Ett prov på 0,5 L uttogs för bestämning av värmevärdet, 2 L till fukthaltsbestämning och resterande 7,5 L användes för att bestämma fraktionsfördelningen. Från att proverna neddelats till att bestämning av fukthalt och värmevärde utfördes förvarades de i tätslutna plastpåsar.

2.3.2 Fraktionsbestämning

För karaktäriseringen av fraktionsfördelningen sållades proverna. Sållningarna utfördes i två olika såll. Sållning av fraktioner < 3, 3-6,8 och > 6,8 mm utfördes med en flissåll enligt SIS-CEN/TS 15149-1:2006 där materialet skakades 10 min med 160 ± 10 slag/min och en slaglängd på 120 mm. Sållning av fraktioner <0,5, 0,5-1, 1-2, 2-3 och >3 mm utfördes med en Fritsch analyssette 3 enligt SIS-CEN/TS 15149-2:2006 med inställningarna: tid 4 min och amplitud 1,5 mm. Prover för sållning i Fritsch-sållen var först tvungna att neddelas till 20-50 gr för att det inte skulle bli fullt i någon av fraktionerna. Provneddelning gjordes med en provneddelare som hade 8 st. 3,5 cm breda spalter och två lådor á $5,8 \text{ dm}^3$ som spånen föll ner i vid neddelningen. Efter de två sållningarna erhöles fem fraktioner <0,5, 0,5-1, 1-2, 2-3, 3-6,8 och >6,8 mm (Mollek, 1986). Proverna från FS och AS torkades i 50 grader i 16 timmar för att erhålla en lämplig fukthalt inför sållning vilken inte bestämdes. Spån med hög fukthalt klibbar lätt ihop medan väldigt torra spån blir statiska (Larsson 2011, pers. komm.). Material från justerverket, hyvleriet och pelletstillverkaren var torkat innan provtagningen varför det inte torkades ytterligare innan sållning. Direkt efter sållning vägdes spånen från varje fraktion.

2.3.3 Partikelform

För bestämning av spånpartiklarnas utseende (geometri) mättes längd, bredd och tjocklek på tio subjektivt utvalda spån från varje prov, kriteriet som styrde valet av spån förutom att få ett representativt urval var att spånen skulle kunna studeras i den lupp som användes för bestämningen. Då möjligt valdes spån från fraktionen 3-6,8 mm annars valdes en finare fraktion. Fraktionen 3-6,8 mm valdes eftersom den var lättast att studera i den lupp som användes vid bestämningen. Längden på en partikel angavs för den sida som var längst, bredden angavs på den sida som var näst längst och tjockleken den sida som var kortast, figur 5.



Figur 5. Definition av en partikels dimensioner: A = längd, B = bredd och C = tjocklek.
Figure 5. Definition of particle dimensions: A = length, B = width and C = thickness.

Med dessa variabler beräknades två olika formtal: $\frac{Bredd}{Längd}$ och $\frac{Tjocklek}{Bredd}$. Längderna mättes med hjälp av en lupp med 6x förstoring och inbyggd linjal med 0,1 mm gradering. Proverna fotograferades med hjälp av en systemkamera med ett 70-300 mm makroobjektiv, stativ och självutlösare användes. Avståndet från objektivet till spånen var 105 cm och vinkeln 51°.

2.3.4 Fukthalt

Bestämning av fukthalt utfördes enligt CEN/TS 14774-2:2004(E). Inom 24 timmar från att provtagning skett på industri påbörjades fukthaltsbestämningen. Varje prov torkades i $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ i 24 timmar i aluminiumformar. Maximalt 1 gram rått material per cm^2 aluminiumform. Innan torkning vägdes formen och sedan nollställdes vågen och spånens vikt bestämdes. Efter torkning vägdes formen med spån först, efter det tömdes spånen ut och den tomma formen vägdes för att undersöka om de fanns någon fukt i formen innan fukthaltsbestämning påbörjades. Fukthalten (Fh) beräknades enligt formeln:

$$Fh = \frac{(m_2 - m_3) + m_4}{(m_2 - m_1)} \times 100 (\%)$$

m_1 är formens vikt i gram, m_2 är formens och spånens vikt i gram innan torkning, m_3 är formens och spånens vikt i gram efter torkning och m_4 är vikten i gram på fukten som associeras till aluminiumformen.

2.3.5 Värmevärde

Det kalorimetriska värmevärdet bestämdes enligt SS-ISO 1928:1. För att begränsa kostnaderna bestämdes värmevärdet endast på fyra prover, FS, AS, J och H. Prov från FS, AS och J följde samma procedur för provberedningen där de tre proverna från snabb respektive långsam matningshastighet blandades och neddelades till tre prover á 50 gr. För prov till H samlades de tre proverna från sönderdelningen ihop och neddelades till 50 gr prov. För omräkning av de kalorimetriska värmevärdena till effektivt värmevärde för fuktigt material i rått tillstånd, Weff (MJ/kg Rå), användes formler enligt Lehtikangas (1998).

2.3.6 Statistiska tester

För karaktärerna fraktionsfördelning, form och fukthalt har ANOVA-tester utförts för att analysera om två eller flera av sönderdelningarna kan grupperas. Tukey-jämförelser användes för att genom ett 95% konfidensintervall analysera om karaktärerna från de olika sönderdelningarna hade signifikanta, 5% nivå, skillnader mellan varandra. Boxplotdiagram skapades för att åskådliggöra om det fanns skillnader mellan de olika sönderdelningarna med avseende på formtal.

3. Resultat

Det finns tydliga skillnader på spånens karaktärer vad avser fraktionsfördelning, form och fukthalt på spån från olika sönderdelningar i sågverket, tabell 5. Värmevärdena skiljer sig inte mycket åt mellan de olika sönderdelningsstationerna.

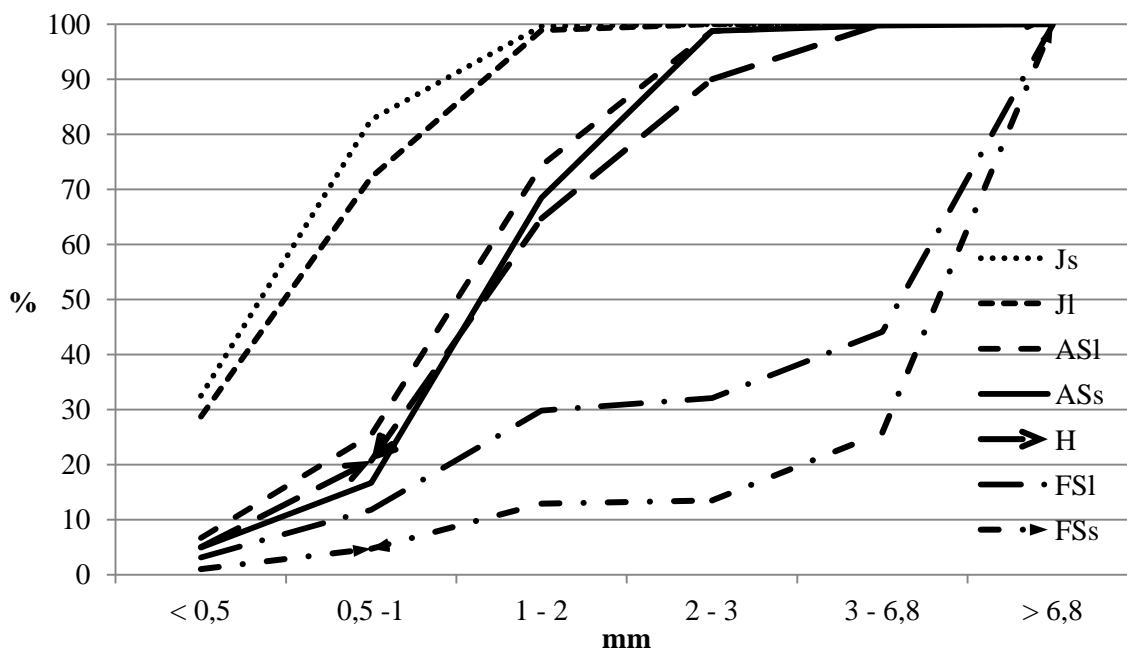
Tabell 5. Värden för fraktionsfördelning, formtal och fukthalt för FSs, FSI, ASs, ASI, Js, JI, och H samt densitet för FS, AS, J och H

Table 5. Values for fraction distribution, moisture content and shape for FSs, FSI, ASs, ASI, Js, JI, and H. Density for FS, AS, J and H

	FSs tall	FSI gran	ASs tall	ASI gran	Js tall	JI gran	H gran
Fraktioner (%)							
(viktbaserat) n=3							
< 0,5 mm	1,0	3,1	4,9	6,7	32,5	28,7	5,0
Standard avv	0,005	0,008	0,014	0,004	0,034	0,015	0,008
0,5-1 mm	3,7	8,7	11,8	18,7	50,2	43,5	14,7
Standard avv	0,020	0,017	0,025	0,018	0,046	0,027	0,020
1-2 mm	8,2	18,0	51,8	49,0	17,0	26,7	44,0
Standard avv	0,046	0,049	0,042	0,020	0,012	0,021	0,032
2-3 mm	0,6	2,3	30,3	24,4	0,0	1,1	25,3
Standard avv	0,001	0,003	0,020	0,043	0,001	0,003	0,037
3-6,8 mm	12,3	12,0	1,0	1,2	0,0	0,0	10,1
Standard avv	0,039	0,015	0,005	0,004	0,000	0,000	0,014
> 6,8 mm	74,1	55,8	0,2	0,2	0,0	0,0	0,9
Standard avv	0,049	0,071	0,004	0,003	0,000	0,000	0,004
Formtal n=30							
Bredd/längd	0,402	0,606	0,751	0,609	0,390	0,650	0,345
Standard avv	0,241	0,248	0,164	0,303	0,165	0,252	0,213
Tjocklek/Bredd	0,674	0,659	0,740	0,570	0,480	0,252	0,227
Standard avv	0,215	0,176	0,178	0,235	0,155	0,181	0,265
Fukthalt n=3							
(%)	57,0	42,6	39,6	27,5	8,6	11,5	11,5
Standard avv	0,019	0,052	0,021	0,021	0,003	0,003	0,005
Densitet n=6 (FS, AS, J)							
n=3 (H)							
(kg/m ³ s)	265		191		151		84

3.1 Fraktionsfördelning

Matningshastigheten påverkade inte fraktionsfördelningen nämnvärt, figur 5. Spån från AS och H har störst andel spån i storleken 1-2 mm. FS har störst mängd spån i storleken > 6,8 mm och J har störst mängd i storleken 0,5-1 mm. Siktningskurva för spån från sönderdelning FSs, FSl, ASs och ASl beskrivs i figur 6. Spån från FS har en mindre andel finfraktioner än AS. Sönderdelningarna Js och Jl har ingen stor mängd material i storlekarna > 2 mm vilket syns i dess fraktionsfördelning.



Figur 6. Ackumulerade siktningskurva för spånfraktionerna, baserad på skeppningstorr vikt för sortimenten FSs, FSl, ASs och ASl och baserad på snickeritorr vikt för Js, Jl och H.

Figure 6. Accumulated sieving curves for the sawing stations FSs, FSl, ASs and ASl based on shipping dry weight and Js, Jl and H are based on room-dry weight.

Vid gruppering genom variansanalytestest av sönderdelningarna för varje spånfraktion kan två tydliga grupper urskiljas, ASs och ASl i den ena gruppen samt Js och Jl i den andra gruppen. Inom grupperna är sönderdelningarna inte signifikant åtskilda.

3.2 Form

Det är en stor andel kubiska spån från FSs, FSl och ASs där tjocklek och bredd är lika långa. Spån från ASl och Js är ett mellanting mellan kubiska och tunna i förhållandet mellan tjocklek och bredd. De tunnaste spånen kommer från Jl och H när förhållandet tjocklek bredd analyserades. De bredaste spånen produceras i FSs, JS samt H där bredd och längd är lika långa. De flesta spånen från FSl, ASs, ASl och Jl är långsmala. Spån som karaktäriseras av trasiga ändar kommer främst från FSs, FSl, ASl, Jl och H. Störst andel spån med trasiga ändar samt spån som är böjda finns i H. Vid stationen för FSs påträffades bark. Foton på spån från sönderdelningarna visas i figur 7-13 där varje streck på mätstickan motsvarar en millimeter.



Figur 7. Spån från FSs. Ett skalstreck
Motsvarar en mm i verkligheten.
Figure 7. Particles from FSs. One
scale bar represents one mm in reality.



Figur 8. Spån från FSl.
Figure 8. Particles from FSl.



Figur 9. Spån från ASs.
Figure 9. Particles from ASs



Figur 10. Spån från ASl.
Figure 10. Particles from ASl.



Figur 11. Spån från Js.
Figure 11. Particles from Js.

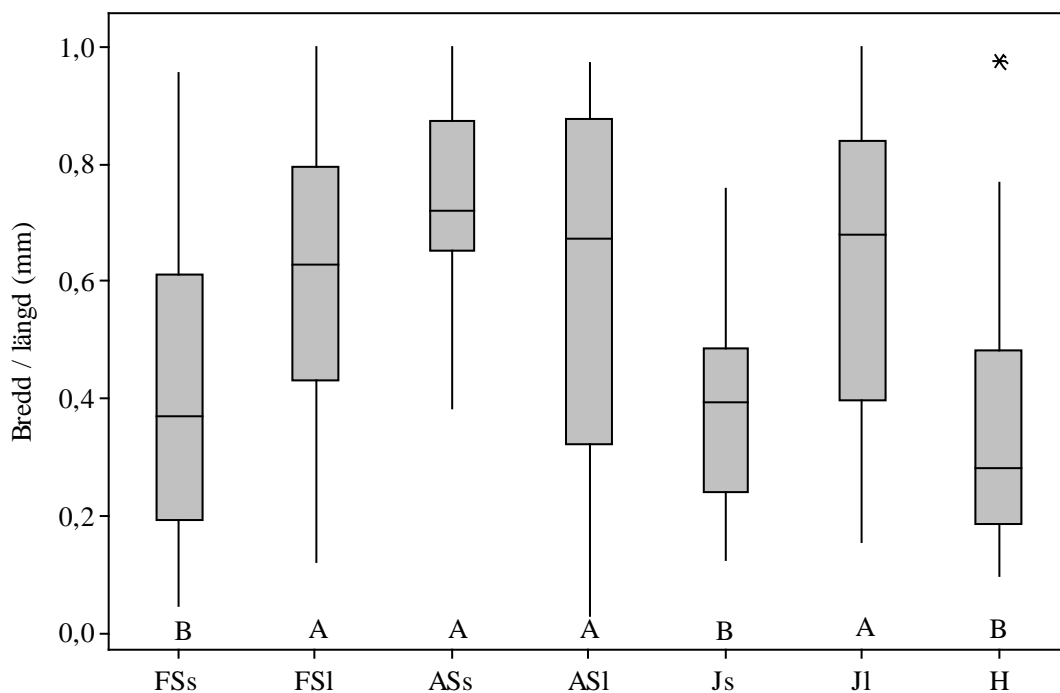


Figur 12. Spån från Jl.
Figure 12. Particles from Jl.



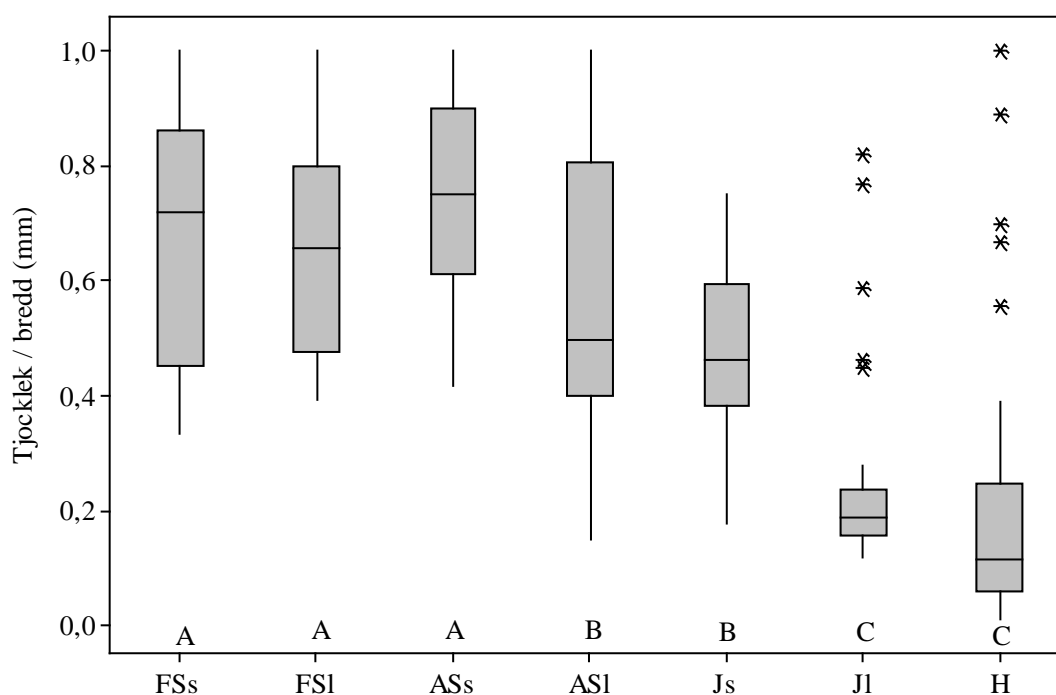
Figur 13. Spån från H.
Figure 13. Particles from H.

En gruppering av alla spån efter formfaktorer gjordes med hjälp av variansanalystester. Variansanalystesterna resulterade i två grupperingar formtalet bredd/längd och tre grupperingar för formtalet tjocklek/bredd, figur 14 och 15. Vid analys av grupperingarna visas att spån från FS1 och ASs har liknande form både för bredd/längd och tjocklek/bredd se figur 14 och 15. I figur 14 och 15 visualiseras också spridning och medelvärde för formtalen. Ju högre formtal desto mer lika längd har de analyserade sidorna på spånen. J1 och H har i formtalet tjocklek/bredd tämligen liten spridning förutom vid fem observationer vilka är markerade som "outliers" (starkt avvikande värden). AS1 har den största spridningen för de båda formtalen och Js har minst spridning. Formtalet bredd/längd i FS varierar beroende på matningshastighet. Som figur 14 och 15 visar finns det skillnader på spån från J beroende på om det härstammar från en hög eller låg matningshastighet.



Figur 14. Boxplotdiagram över formtal på sågspån mellan bredd och längd. Outlier är markerad med *. Gruppering av spån från de olika sönderdelningarna efter formtalet bredd/längd och tjocklek/bredd med standardavvikelse. Sönderdelning som inte har samma gruppbokstav är signifikant skilda från varandra.

Figure 14. Boxplot diagram for shapes between width and length. Outlier is marked with an *. Group of sawdust from different sawing stations by an analyze between width/length and thickness/width. Stations which doesn't share the same letter are significant different.



Figur 15. Boxplotdiagram över formtal på spån mellan tjocklek och bredd. Outlier är markerade med *. Gruppering av spån från de olika sönderdelningarna efter formtalet bredd/längd och tjocklek/bredd med standardavvikelser. Sönderdelning som inte har samma gruppbokstav är signifikant skilda från varandra.

Figure 15. Boxplot diagram for shapes between thickness and width. Outliers are marked with *. Group of sawdust from different sawing stations by an analyze between width/length and thickness/width. Stations which doesn't share the same letter are significant different.

3.3 Fukthalt

Högst fukthalt uppvisade spån från FS (55,0 – 48,2%), följt av AS (37,3 – 29,8%), se tabell 6. Spån från övriga sönderdelningar hade lägre fukthalt då materialet torkats innan sönderdelning. Fukthalten på spån från FS och AS varierade i medel 5,5% -enheter. Spån från H och J uppvisade en jämnare fukthalt, 0,67% -enheter, än spån från FS och AS. Genom ett variansanalystest av fukthalterna visas att sönderdelningarna kan delas in i fyra grupper, FSs och ASI i var sin grupp, FSI och ASs i en tredje grupp samt Js, JI och H i en fjärde grupp.

Tabell 6. Fukthalt (vikt-%) för FSs, FSI, ASs, ASs, Js, JI och H. Sönderdelningar med samma bokstav tillhör samma grupp baserat på fukthalt

Table 6. Moisture content (weight-%) at FSs, FSI, ASs, ASs, Js, JI and H. Stations with the same letter belong to one group based on moisture content

	FSs	FSI	ASs	ASI	Js	JI	H
Min	55,0	38,0	37,3	25,9	8,2	11,5	11,0
Max	58,6	48,2	41,4	29,8	8,8	12,0	11,9
Grupp	A	B	B	C	D	D	D

3.4 Värmevärde

Vid en jämförelse mellan de olika spåntypernas kalometrisk värmevärden, W_{kal} , är skillnaderna små mellan de olika sönderdelningarna, J har 2% högre värmevärde än FS, 1% högre än AS och 3% högre än H. Vid en omräkning av W_{kal} i tabell 7 till effektivt värmevärde för fuktigt material i rått tillstånd, W_{eff} (MJ/kg Rå), åskådliggörs stora skillnader i värmevärde. J har då 84% högre värmevärde än FS, 37% högre än AS och 4% högre än H.

Tabell 7. Kalorimetriskt värmevärde (W_{kal}), effektivt värmevärde för torrt material samt effektivt värmevärde för fuktigt material (W_{eff}) för FS, AS, J och H. $n=3$ för FS, AS, J och $n=3$ för H

Table 7. Calorimetrically heating value (W_{kal}), effective heating value of dry material and effective heating value of wet material (W_{eff}) for FS, AS, J and H. $n=6$ for FS, AS and J. $n=3$ for H

	FS	AS	J	H
W_{kal} (MJ/kg TS)	20,25	20,55	20,75	20,21
W_{eff} (MJ/kg Rå)	9,50	12,79	17,48	16,74

3.5 Producerad mängd spån på årsbasis

På Sävar Såg producerades 2011 totalt ca 47 000 m^3_f (fastkubikmeter) spån vilket motsvarar 133 000 m^3_s (stjälpt mått), fördelade enligt tabell 8. Mest spån producerades i FS och näst mest, drygt hälften, producerades i AS och J medan det producerades minst mängd spån i H (tabell 8). Högst densitet har spån från FS, 28% lägre densitet har spån från AS, 43% lägre densitet har spån från J och 68% lägre densitet har spån från H, tabell 8.

Tabell 6. Mängden spån per år från olika delar av sågverket, m^3_f (fastkubikmeter) m^3_s (stjälpt mått), ton TS. Densitet och energivärde från FS, AS, J och H

Table 8. Produced sawdust from different cutting stations at the mill m^3_f (solid volume), m^3_s (loose volume), tonnes dry matter. Density of the saw particles and energy value from FS, AS, J and H

	FS	AS	J	H	Totalt
m^3_f	19 500	10 500	10 500	7 000	47 500
m^3_s	54 600	29 400	30 000	19 000	133 000
kg/ m^3_s	265	191	151	84	
ton TS	7 263	3 731	4 075	1 412	16 481
MJ (miljoner)	69	50	40	28	187

Under ett år producerade sågverket spån motsvarade 187 miljoner MJ varav 69 miljoner MJ producerades i FS, 50 miljoner MJ i AS, 40 miljoner MJ i J och 28 miljoner MJ i H.

4. Diskussion

Kartläggningen av spån vid Sävar såg visade signifikanta skillnader med avseende på fraktionsfördelning, form och fukthalt mellan spånfraktioner från olika sönderdelningar på sågverket. Det är således möjligt att dela in spån i olika sortiment utifrån dess karaktäristik som har kartlagts i denna studie.

4.1 Analys av metod och material

Det planerade tidsintervallet (15 min) mellan varje provtagning av sågspån från de olika sönderdelningarna kunde inte hållas vid varje provtagning p.g.a. störningar i spånflödet. Dessa störningar förlängde tidsintervallet med 1-10 min, vilket inte bör ha haft någon nämnvärd påverkan på resultatet av fukthaltsbestämningen och har därför ignorerats under karaktäriseringen.

Från alla sönderdelningar utom AS togs proverna från fallande ström, eftersom det inte var möjligt vid AS togs proverna på spånen från löpande band. Vid provtagning från löpande band var det svårt att samla upp de finaste partiklarna. Detta har sannolikt medfört att den mätta fraktionsfördelningen är något grövre än den vore om proverna samlats in från fallande ström.

I studien analyserades både sönderdelning av tall och gran i separata körningar, d.v.s. varje prov från en sönderdelningsteknik innehåller spån från endast ett trädslag. Resultaten visar att matningshastigheten inte avsevärt påverkar karaktäristiken på spånen oavsett vilken sönderdelningsteknik som användes. Dessa resultat baseras dock på jämförelser av spån där sönderdelning av olika trädslag förekomit då olika trädslag sönderdelats med olika hastigheter, tall snabb och gran långsam. För att utesluta effekten av olika trädslag skulle studien ha genomförts med ett och samma trädslag i både snabb och långsam matningshastighet.

Tre stycken icke kontrollerade faktorer kan ha påverkat sällningen vilka sannolikt borde ha gett en högre andel stora partiklar i proverna; statisk elektricitet, otät såll samt ingen fukthaltsutjämnning innan sållning. Statisk elektricitet medförde att fina spånpartiklar fastnade i såll, hinkar och plastpåsar. Flissållen höll inte helt tätt vid sållning och det observerades att en liten mängd material, främst fina partiklar, blåstes ut ur sållen. Innan sållningen utfördes ingen fukthaltsutjämnning på spånen därför kan de grövre spånen ha innehållit en högre fukthalt och således högre densitet än de finare partiklarna, vilket kan ha påverkat resultaten.

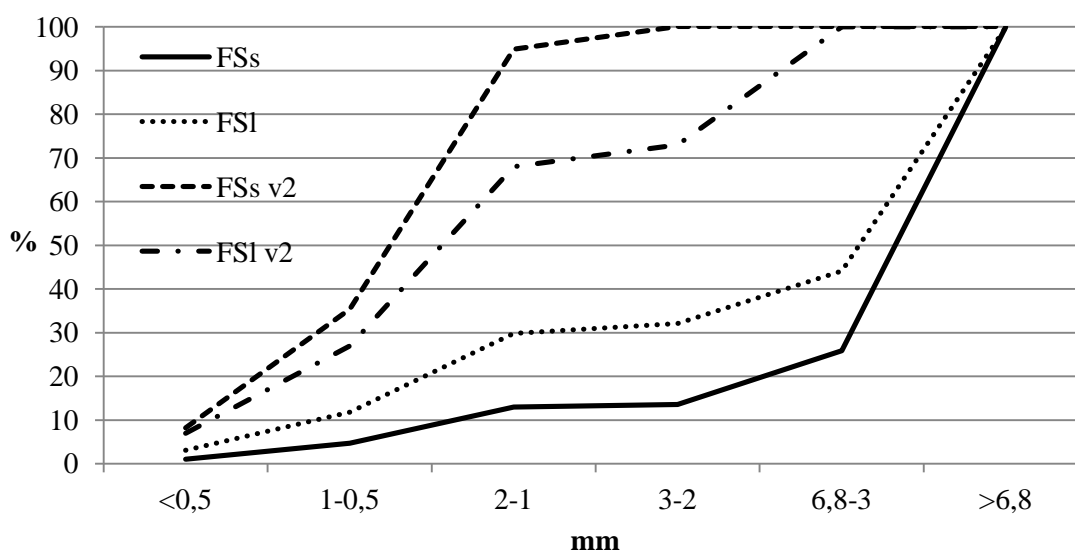
Sönderdelningsprocessen på Sävar såg skedde via ett kontinuerligt flöde av virke, vilket innebar att spån och flis från t.ex. FS kan ha följt med stockarna till AS. Detta kan ha bidragit till en ökad andel spån, främst storleksklassen $> 6,8$ mm, i proverna från AS, vilket förmodligen inte varit något stort problem då det sannolikt var mycket små mängder.

För karaktären fraktionsfördelning, form och fukthalt beräknades medelvärden och standardavvikelser och variansanalystester som visar på olikheter avseende spånkaraktärerna från de olika sönderdelningarna. Variansanalystesterna utfördes för att på statistisk väg gruppera ihop de sönderdelningar som var signifikant lika varandra. Tukey's valdes som jämförelsemetod i variansanalystesterna eftersom den gör färre men säkrare

grupperingar än övriga jämförelsemetoder i Minitab (Mize & Schultz, 1985). Hade mer tid funnits kunde fler prover tagits under en längre tid och säkrare statistiska analyser kunnat genomföras. Ett större försök med flera provtagningar under längre tid skulle gett mer exakta värden på hur spånen sett ut.

För bestämmandet av sågspånens form användes i detta arbete en lupp och måttstock. Formbestämning via datorbaserad bildanalys hade förmodligen gett ett mer objektiva resultat och bör övervägas vid likande studier.

FS består av både bandsåg och reducerare. Att söka reda på från vilken av sönderdelarna i FS spånen härstammar och därmed vilka olika karaktärer som de olika sönderdelarna gav upphov till var svårt och nära omöjligt. Proverna från FS vid bandsågen gav en stor andel material > 6,8 mm trots att bandsågen förmodligen inte producerat detta material. Sannolikt beror detta på att reducerarna i sönderdelningen fräser bort materialet och producerar relativt grovt material vilket till viss del har blandats med material från bandsågen. Hur stor andel grovt material som frästes bort är beroende av vilken form och diameter stockarna haft. När det grova materialet utesluts ur uträkningen av fraktionsfördelningen, FSs v2 och FSI v2, framkom en markant skillnad i siktningskurvan för FSs och FSI, figur 16. Detta då en större mängd grovt material minskar relativt med andelen fint material. I jämförelse med Royse och Sanches-Vazquez (2001) som studerat spån från fyra olika sågverk vilka främst sågar rödek (*Quercus rubra L.*) har spån från detta sågverk, särskilt från J, en liknande fraktionsfördelning som i föreliggande studie.



Figur 16. Ackumulerad siktningskurva som visar på skillnaderna på prov från med (FS FSs och FSI) och utan flis (FSs v2 och FSI v2).

Figure 16. Accumulated sieving curve showing the differences between particle distribution if chips are excluded (FSs v2 and FSI v2) or not (FSs and FSI) from stations FSs and FSI.

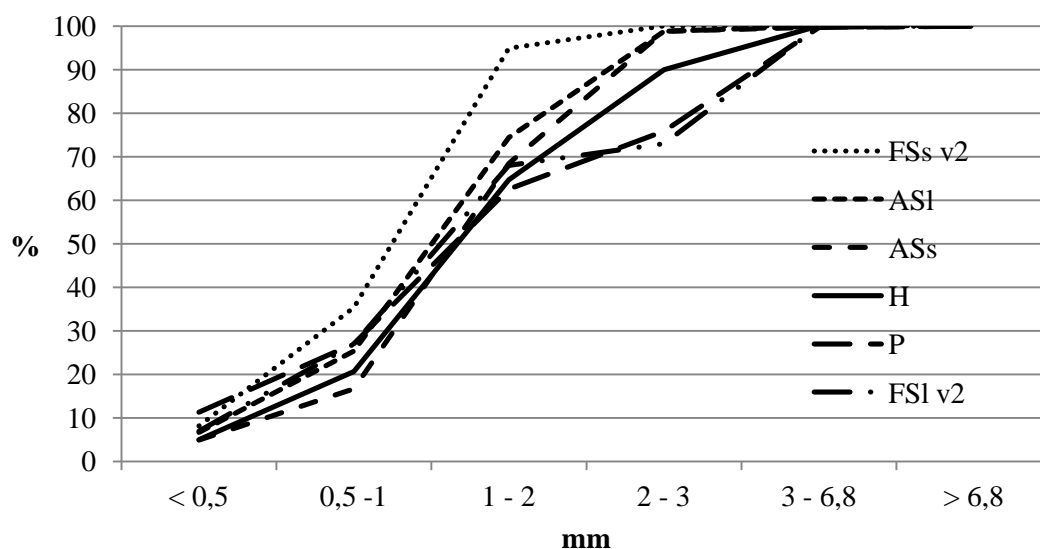
4.2 Jämförelse med andra arbeten

Biprodukterna från samma sågverk är idag troligen mer heterogena jämfört med hur de var förr. Detta då dagens sågverk använder flera sönderdelningstekniker (Staland m.fl., 2002). När träd avverkas försvinner stor del av informationen om träden i samband med att skördaren släpper stammarna. Ytterligare information förloras vid varje hanteringssteg av

stammarna på väg till sågverket via skotare och timmerbil. Vid inmätning på sågverket ökar data över stockarna igen för att vid timmersorteringen efter inmätning återigen förloras (Bengtsson m.fl., 1998). Den information som kvarstår är längd, diameter samt vid enstaka fall även kvalitet (Grönlund, 1992a). Övrig information angående bl.a. ålder, växtsätt, bonitet, träslagblandning på ståndorten, klimat vid avverkning samt lagring i skog och vid bilväg har försvunnit. Det innebär att det vid sönderdelning inte finns mycket information om de inneboende egenskaperna i stockarna. Vissa egenskaper kan mätas som träslag, kvistars grovlek och placering, tjurved, avsmalning, form och röta innan sönderdelning. Hade mer data över spånens ursprung funnits registrerat skulle en mer specifik sortering av spånen vara möjlig. Endast vid sönderdelningsstationen FS var det sannolikt att barkfraktioner förekom i proven pga. av ofullständig avbarkning. Vid övriga sönderdelningar bearbetas stockarna närmare kärnan då kanterna avlägsnats, vilket leder till lägre risk för barkinblandning. Bark har högre värmevärde, askhalt, hållfasthet och andel extraktivämnen än stamved (Lehtikangas, 2001). Inblandning av bark i spånet ger således pellets med högre energivärde och askhalt i jämförelse med ren stamvedspellet. Om barken innehåller föroreningar, t.ex. sand, kan det resultera i ökat slitage på pelleteringsutrustning samt hög askhalt på pelleten (Obernberger & Thek, 2010). Detta medför ett antagande att askhalten hade varit högst i spån från FS eftersom askhalten är ca 5 gånger högre i barken än stamveden hos tall och gran (Lehtikangas, 1999). Askan minskar energiinnehållet per viktenhet, sliter på pelleteringsutrustningen, kan medföra slaggproblem i förbränningskammaren samt öka transport och hanteringskostnader (Lehtikangas, 1999; Obernberger & Thek, 2010). Aska sliter på pelleteringsutrustning, måste tömma brännaren på aska oftare, slaggprodukter kan täppa till förbränningskammaren.

För att belysa hur spånfraktionerna i studien förhåller sig till råmaterial, som pelletstillverkare¹ (P) använder för att producera pellet av kvalitet ett, utfördes en provtagning och karaktärisering på dennes råmaterial. I figur 17 visas fraktionsfördelning för detta sågspån P samt siktkurvor för ASs, ASl, H och FSl v2 vilka är de siktkurvor som liknar P mest. Det är svårt att fastslå att en typ av fraktionsfördelning som är den bästa då den önskade fraktionsfördelningen beror på diametern på den färdiga pelleten, typ av råmaterial samt pelleteringsteknik (Obernberger & Thek, 2010). De flesta pelletstillverkarna maler sitt spån för att nå en homogen fraktionsfördelning (Thek & Obernberger, 2004). I en studie av Jirjis m.fl., (2002) har råmaterial från några pelletstillverkare analyserats och av dess fraktionsfördelningar är det spån från J på Sävar såg som har de mest lika fraktionsfördelningarna. För att undgå malning finns möjligheten för pelletstillverkarna och/eller sågverken att sålla spånen för att använda de fina fraktionerna direkt i pelletstillverkningen, vilket även Thek och Obernberger (2004) anser.

¹ Pelletstillverkaren vill vara anonym.



Figur 17. Ackumulerad siktningskurva för FSs v2, ASl, ASs, H, P och FSl v2.
Figure 17. Accumulated sieving curve for FSs v2, ASl, ASs, H, P and FSl v2.

Spånens formtal kan vara av betydelse vid pelletringsprocessen: Spån som är tjocka kan eventuellt ställa till mer problem än tunna spån vid pelletstillverkning. Studien av Bergström m.fl. (2008) visade att pellets tillverkade av relativt grovt sågspån gav pellets med lägre densitet och hållfasthet i jämförelse med pellets tillverkade av spån med relativt små partiklar. Det kan därför vara fördelaktigt att mala grovt material till finare material om målet är att tillverka pellets med hög densitet och hållfasthet, t.ex. pellets av kvalitet 1. Spånfraktionerna FSs, FSl och ASs är relativt kubiska och är möjligen inte lämpade att pelletera utan att först malas.

Vid analys av material från P med avseende på formtalet bredd/längd kategoriseras detta material i samma gruppering som FSs, Js och H. För formtalet tjocklek/bredd liknar pelletstillverkarens material de spån som härstammar från JI och H. Spån från pelletstillverkaren uppvisar egenskaper som kan ge en hög densitet och hög hållfasthet på pelleten (Bergström m.fl., 2008) vilket ger pellet av hög kvalitet. Spån från H liknar material från P mest av alla med avseende på formtalen. Hyvleriet på Sävar såg har en relativt låg matningshastighet och liten avverkning, d.v.s. hur mycket varje skär tar bort, vilket ger små spån, något som verkar passa pelletstillverkaren i denna studie.

Spån från ett hyvleri passar olika bra till olika pelletstillverkare och brikettstillverkare beroende på vilken utrustning som används. Faktorer som påverkar spånets karaktäristik från hyvlerier är t.ex. antal skärstål, hastighet, avverkning och trädslag. Har sågverket flera olika typer av hyvleri med avseende på antal skärstål, avverkning per skärstål och hastighet på sönderdelare kan det vara fördelaktigt att sortera spånen utifrån vilken hyvel de kommer från. Då pelletstillverkaren inte hittar det råmaterial de önskat från hyvleriet kan de önska spån från en annan sönderdelningsteknik. Gran ger i regel spån i mindre storlek än tall i hyvleriet. Trädslaget påverkar inte enbart storleken på spånen utan också hur lätta spånen är att pelletera samt hur resultatet blir (Näslund m.fl., 2003; Samuelsson m.fl., 2009). Det är därför inte enbart sönderdelningsmetoden men även trädslaget som är intressant vid sortering av spån.

Vid specialtorkning får spån från J och H en fukthalt $< 10\%$, vilket kan vara för torrt vid direkt tillverkning av pellet. Därför bör råmaterialet återfuktas innan pelletering för att hållfastheten inte ska bli för låg (Näslund m.fl., 2003). Spån från timmer som inte torkats har ofta en fukthalt kring 50% och bör därför torkas innan pelletering. Spån med rätt fukthalt, $8-12\%$ för pelletering (Obernberger & Thek, 2010), borde förvaras så att aktuell fukthalt bibehålls alternativt att pelletstillverkaren återfuktat eller torkat spånen innan pelletering, vilket innebär en ökad kostnad. Torkning av spån för pelletstillverkning är mycket kostsamt, därför klarar bara stora pelletstillverkare, $>10\,000$ ton/år, att köpa in spån med en hög fukthalt, kring 50% . Torkning är den näst största kostnaden efter råvaruinköp vid pelletstillverkning (Näslund m.fl., 2003, Thek & Obernberger, 2004).

Att fukthalten är högre i FS än AS från samma timmer hänger troligen ihop med att fukthalten är högre i de yttre delarna av stammen, splintveden, än de inre delarna, kärnveden, på växande träd (Nylinder & Fryk, 2011). Skillnaden i fukthalt mellan långsam- (FSI och ASI) och snabb (FSs och ASs) matningshastighet beror troligen till stor del på hur länge virket lagrats innan sönderdelning. Enligt personal på sågverket har timret vid FSI och ASI lagrats under lång tid på sågverket innan sönderdelning. Fukthalten hos pelletstillverkaren var $13,2\%$ innan pelletering vilket är nära samma fukthalt som spån från J och H hade. Materialet hos pelletstillverkaren förvarades under tak, men inte i något stängt utrymme vilket borde innebära att väderlek påverkar fukthalten. Om de flesta pelletstillverkare lagrar sitt råmaterial på samma sätt bör fukthalten inte vara viktig i val av råmaterial till pelletering. Fukthalt hos spånen bör sannolikt vara den karaktär som påverkas mest av tiden mellan sönderdelning och pelletering. Det framkom inga större skillnader i kalorimetriskt värmevärde mellan spån från de olika sönderdelningarna vilket var väntat då alla spånfraktioner härstammade från stamved (Näslund m.fl., 2003). Om hänsyn tas till fukthalten blir det dock stora skillnader i effektivt värmevärde: J har då 84% högre värmevärde än FS, 37% högre än AS och 4% högre än H.

Beräkning av densiteten på spån från FS, AS, J och H i denna studie visade densiteten på en nivå något lägre än de som förväntats utifrån en rapport av Ringman (1996). Detta kan bero på att timret som sönderdelats i långsam matningshastighet i FS och AS hade en relativt låg fukthalt. Även spån från Js hade en låg fukthalt. Hög fukthalt ger hög densitet.

Vad gäller huruvida spånens karaktär ändras utifrån timrets dimension svarar inte denna studie på. Vid ändrad dimension ändrades även andra faktorer så som matningshastighet och träslag. I vilken grad dessa ändringar påverkar spånens karaktärer har inte fastställs. Därmed har ingen slutsats om huruvida spånens karaktär påverkas av timrets dimension kunnat dras. Det är dock klart att karaktärer som fraktionsfördelning och form ändras när faktorerna, dimension på timret, matningshastighet och träslag ändras.

Sågverken bör sortera sitt material i högre grad än idag, samt lagra det i separata högar för att kunna sälja spån efter sortiment. För redan befintliga sågar kan det vara svårt att bygga om, men vid nybyggnation borde hänsyn till spånprodukterna tas, då möjligheten att sälja spån i olika sortiment finns. Både sågverk och pelletstillverkare kan tjäna på en sådan sortering efter sortiment. Spån från fruset virke har något annorlunda karaktäristik än spån från ofruset (Näslund m.fl., 2003), vilket sågverkspersonal borde ta hänsyn till vid flisproduktionen. Detta vore intressant att mer ingående studera.

Slutsatser

Studien visade att spån från olika sönderdelningsteknikerna på ett sågverk har skillnader i karaktäristik:

- Spån som sönderdelats i första sönderdelningen respektive hyvleriet skiljer sig markant från varandra vad gäller fraktionsfördelning, form och fukthalt.
- Spån från första sönderdelningen och andra sönderdelningen gav fraktioner som var relativt tjocka.
- Denna studie visar på relativt små skillnader på spån från grovt respektive klint virke från samma sönderdelare avseende fraktionsfördelning, fukthalt och form.
- Spån från andra sönderdelningen och hyvleriet har lika fraktionsfördelning, men i form skiljer de sig åt.
- Det fanns skillnader i fraktionsfördelning och form på spån från virke sönderdelat med olika matningshastighet men i samma sönderdelare. Huruvida det är matningshastighet eller dimension på virket som avgjorde vilka karaktärer spånen fick efter sönderdelning kunde inte avgöras i denna studie.

Resultaten från detta examensarbete kan användas för att göra en noggrann sortimentindelning av sågspånen från Sävar såg. Om råmaterialet är heterogent kommer pelleten att bli av varierande kvalitet, (Jirjis m.fl., 2002) därför bör spånen sorteras. Sorteringen av spån borde göras så att spån från tall och gran förvaras i separata högar för alla sönderdelningar. Spån från FS och AS förvaras i samma hög om flisen sorteras bort från FS. Sönderdelningarna J och H spån bör förvaras i separata högar. Förvaringen bör ske i ett väl skyddat utrymme för väder och vind för spån från J och H, spån från FS och AS är fuktigt från början och därför är det kanske inte lika viktigt med ett väl skyddat utrymme. Denna sortering kan sedan användas som grund vid sortimentsortering av sågspånen vid andra sågverk. En indelning av sågspån i olika sortiment är något både sågverk och pellettillverkare kan tjäna pengar på.

Tillkännagivande

Ett stort tack till Iwan Wästerlund och Dan Bergström som guidat mig genom detta examensarbete. Jag vill tacka Sävar såg som tillät mig samla in mina spånprover hos dem. Tack även till er på Sävar såg som ställt upp och svarat på mina många frågor. Tillslut vill jag tack Biobränsletekniskt centrum där jag fick låna utrustning som möjliggjorde bestämningen av karaktärerna på spånen.

Referenser

- Anon. 1998a. *Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change*. United Nations. Tillgänglig: www.unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf [2001-10-02].
- Anon. 1998b. *SS 18 71 20*. Swedish standard institute.
- Anon 2011a. *Energiläget i siffror 2011*. Energimyndigheten Tillgänglig: <http://energimyndigheten.se/sv/Press/Nyheter/Energilaget-i-siffror-2011-nu-pa-webben/> [2011-09-28].
- Anon. 2011b. *Pelletsindustrins Riksförbund: Leveransstatistik Sverigemarknaden* Tillgänglig: <http://www.pelletsindustrin.org/web/Leveransstatistik.aspx> [2011-04-22].
- Anon. 2011c. *Skogsencyklopedin* [online]. Föreningen Skogen och Skogforsk. Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/KunskapDirekt/templates/Skogsencyklopedin.aspx?id=22808&epslanguage=sv> [2011-10-23].
- Anon. 2011d. *Torkning av virke*. Skogssverige – skogsnäringens portal på internet. Tillgänglig: <http://www.skogssverige.se/tra/furan/torka.cfm?sid=7> [2011-12-07].
- Arshadi, M. Gref, R. Geladi, P. Dahlgvist, S-A. & Lestander, T. 2008. The influence of raw material characteristics on the industrial pelletizing process and pellet quality. *Fuel Processing Technology*, 89: 1442-1447.
- Bengtsson, K. Björklund, L. & Wennerholm, H. 1998. *Värdeoptimerat virkesutnyttjande – En studie av förutsättningarna för ökad lönsamhet inom privatskogsbruket genom effektivare virkesutnyttjande*. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. f Skog-Industri-Marknad, nr. 50.
- Berghel, J. Frodeson, S. Granström, K. Renström, R & Ståhl, M. 2011. *Kartläggning och nulägesbeskrivning av pelletskedjan*. SWX-Energi. Rapport nr 23.
- Bergström, D. 2005. *Pelletering av tallspån - grundläggande studier*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för Skogsskötsel. Umeå. Examensarbete nr. 80.
- Bergström, D. Israelsson, S. Öhman, S. Dahlgvist, S.-A. Gref, R. Boman, C. & Wästerlund, I. 2008. *Effects of raw material particle size distribution on the characteristics of Scots pine sawdust fuel pellets*. *Fuel processing technology*, 89: 1324-1329.
- Grönlund, A. 1992a. *Sågverksteknik del I råvaran*. Markaryd ISBN: 91-7322-724-2.
- Grönlund, A. 1992b. *Sågverksteknik del II processen*. Markaryd ISBN: 91-7322-150-3.
- Grönlund, A. 2004. *Träbearbetning*. 2 upplagan. Västervik. ISBN 91-88170-32-2.

- Holm, J. Henriksen, U. Hustad, J. & Sørensen, L. 2006. *Toward an Understanding of Controlling Parameters in Softwood and Hardwood Pellets Production*. Energy & Fuels, 20: 2686-2694.
- Jirjis, R. Vinterbäck, J. Engberg, J & Öhman, M. 2006. *Variationer inom träråvaran för pelletstillverkning och deras påverkan på pelletskvaliteten Slutrapport*. Energimyndigheten. Projekt nr 12323. Eskilstuna.
- Jirjis, R. Öhman, M. & Vinterbäck, J. 2006. *Pellets-kvalitet – påverkan av råvaruegenskaper och tillverkningsprocess*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. f Bioenergi, nr 14.
- Lehtikangas, P. 1998. *Lagringshandbok för trädränslen*. Uppsala. ISBN 91-576-5564-2.
- Lehtikangas, P. 1999. *Quality properties of fuel pellets from forest biomass*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. f skogshushållning. Licentiate thesis, nr 4.
- Lehtikangas, P. 2001. *Quality properties of pelletised sawdust, logging residues and bark*. Biomass and Bioenergy, 20: 351-360.
- Lundberg, Y. Hagelin, Å. Malmberg, M. Eriksson, A. Holmgren, L. Persson, M. Stendahl, O. & ÅF Energikonsult Syd. 1998. *Förädling av sågverkens biprodukter*. Stockholm: (Trätekn. 9804020).
- Mize, C. & Schultz, R. 1985. *Comparing treatment means correctly and appropriately*. Canadian journal of forest research, 15(6): 1142-1148.
- Mollek, V. 1986. *Sågspån som råvara för fiberskivor – Sällning och laboratieförsök*. Stockholm: Träteknikcentrum (8610067).
- Nalin, E. 2008. *Skogsbränslemarknaden - En inledande översikt*. Växjö: Växjö Universitet (Examensarbete TD096/2008).
- Nylinder, M. Lundström, H. & Fryk, H. 2000. *Skador och fel på tall- och grantimmer*. Andra upplaga. Uppsala. ISBN 91-576-5968-0.
- Nylinder, M. & Fryk, H. 2011. *Timmer*. Uppsala. ISBN 978-91-576-9030-2.
- Näslund, M. Fjällström, T. Nordin, J-Å. Söderström, J. & Petterson, M. 2003. *Teknik och råvara för ökad produktion av bränslepellets*. Energidalen i Sollefteå AB.
- Obernberger, I. & Thek, G. 2010. *The pellet handbook the production and thermal utilisation of biomass pellets*. London. Earthscan. ISBN 978-1-84407-631-4.
- Rhen, C. 2006. *Basic studies on the characterization, pelleting and pellet combustion of spruce woody fuel*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet, nst. f skogshushållning. Doktorsavhandling; 2006:83.

- Ringman, M. 1996. *Trädbränslesortiment definitioner och egenskaper. Wood fuel assortments definitions and properties*. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. f virkeslära, nr 250.
- Royse, D. & Sanchez-Vazquez, J. 2001. *Influence of substrate wood-chip particle size on shiitake (*Lentinula edodes*) yield*. *Bioresource technology*, 76(3): 229-233.
- Samuelsson, R. Thyrel, M. Sjöström & Lestander, A. 2009. Effect of biomaterial characteristics on pelletizing properties and biofuel quality. *Fuel processing technology* 90: 1129-1134
- Staland, J. Navrén, M. & Nylinder, M. 2002. *Såg 2000 – Resultat från sågverksinventeringen 2000*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. f skogens produkter och marknader, nr 3.
- Stendahl, M. 2009. *Product development in Wood Industry- Breaking Gresham's Law*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Dept. of forest products. Doktorsavhandling nr 3.
- Thek, G & Obernberger, I. 2004. *Wood pellet production costs under Austrian and in comparison to Swedish framework conditions*. *Biomass and Bioenergy*, 27: 671-693.
- Personlig kommunikation:**
- Larsson, Sylvia. 2011. Enheten för biomassateknologi och kemi, Umeå. Samtal september 2011.
- Fredriksson, Johan. 2011. Sävar Såg, Sävar. Telefonsamtal december 2011.

Bilaga

Tabell 9. Pellets-kvalitéer enligt SS 18 71 20

Table 9. Pellet quality according to SS 18 71 20

Egenskaper	Provningsmetod	Enhet	Grupp 1	Grupp 2	Grupp 3
Dimensioner: diameter längd i producenternas lager	Genom mätning av minst 10 slumpvis uttagna bränslepellets	mm	Anges max 4 ggr Ø	Anges max 5 ggr Ø	Anges max 5 ggr Ø
Skrymdensitet	SS 18 71 78	kg/m ³	≥ 600	≥ 500	≥ 500
Hållfasthet i producenternas lager	SS 18 71 80	Finandel i vikt % <3 mm	≤ 0,8	≤ 1,5	> 1,5
Effektivt värmevärde (i levererat tillstånd)	SS-ISO 1928	MJ/kg kWh/kg	≥ 16,9 ≥ 4,7	≥ 16,9 ≥ 4,7	≥ 16,1 ≥ 4,2
Askhalt	SS 18 71 71	Vikt % av TS	≤ 0,7	≤ 1,5	> 1,5
Total fukthalt (i levererat tillstånd)	SS 18 71 70	Vikt % av färsk vikt	≤ 10	≤ 10	≤ 12
Total svavelhalt	SS 18 77 77	Vikt % av TS	≤ 0,08	≤ 0,08	anges
Halt tillsatsmedel		Vikt % av TS	Halt och typ anges		
Klorider	SS 18 71 85	Vikt % av TS	≤ 0,03	≤ 0,03	Anges
Asksmältförlopp	SS-ISO 540	°C	Initialtemperaturen (IT) anges		