

Produktifiera för optimal bränslebas

Productify for optimal fuel base



FOTO: LARS FRIDH

Förord

Projektet ”Produktifiera för optimalbränslebas” syftar till att undersöka förutsättningar för att tillämpa produkttegenskaper för skogsbränsle samt undersöka hur förbättrade informationsflöden om skogsbränslets egenskaper kan skapa förutsättningar för att leveranser av bränslet sker med ökad jämnhet och med förutsägbara egenskaper.

Projektets syfte är även att tillsammans med branscherna arbeta fram ett konkret förslag till överenskommelse om klassning och karaktärisering av skogsbränslen som ska kunna användas vid upphandling av skogsbränslen.

Projektet har genomförts inom ramen för Samverkansprogrammet inom bränslebaserad el- och värmeproduktion (SEBRA) 2016-2019, med finansiering från Energimyndigheten och Energiforsk. Skogforsk har varit projektledare samt ansvarat för kommunikation och delprojekten 1) Produkttegenskaper – förankring och verifiering och 4) Fallstudier av typflöden. Biometria (tidigare SDC) har ansvarat för delprojekten 2) Mätning och karaktärisering av produkttegenskap och 3) Affärsmodeller – redovisning och kommunikation.

Projektet har genomförts med stöd från en av Energiforsk utsedd referensgrupp bestående av; Fredrik Steineck, Stora Enso Bioenergi, Fabian Levihn, Fortum Värme/ Stockholm Exergi, Daniel Ivarsson, Jämtkraft och Paul Cho, Valmet. Till referensgruppen har Jonas Torstensson, Eon, Staffan Dalbrink, Mellanskog och Mattias Thafvelin, Biometria knutits.

Uppsala, juli 2019

Maria Iwarsson Wide
Programchef Värdekedjor



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

©Skogforsk 2019 ISSN 1404-305X

Förord

Denna rapport är slutrapportering av projekt S43427 Produktifiera för optimal bränslebas (POB) (Energimyndighetens projektnummer P 43427) inom SEBRA, samverkansprogrammet för bränslebaserad el- och värmeproduktion.

Programmets övergripande mål är att bidra till långsiktig utveckling av effektiva miljövänliga energisystemlösningar. Syftet är att medverka till framtagning av flexibla bränslebaserade anläggningar som kan anpassas till framtida behov och krav.

Programmet är indelat i fyra teknikområden: anläggnings- och förbränningsteknik, processtyrning, material- och kemiteknik samt systemteknik. Programmet är en samverkan mellan Energiforsk och Energimyndigheten. Ingående projekt finansieras alltså av Energimyndigheten och av de parter som Energiforsk samlar i programmet.

Detta projekt har haft som syfte att undersöka förutsättningarna för att tillämpa produkttegenskaper för skogsbränsle samt undersöka hur förbättrade informationsflöden om skogsbränslets egenskaper kan skapa förutsättningar för att leveranser av bränslet sker med ökad jämnhet och med förutsägbara egenskaper. Projektets syfte har även varit att tillsammans med branscherna arbeta fram ett konkret förslag till överenskommelse om klassning och karaktärisering av skogsbränslen som ska kunna användas vid upphandling av skogsbränslen.

Utförare av projektet har varit Skogforsk med Maria Iwarsson Wide som huvudprojektledare.

Projektet har följts av en referensgrupp bestående av:

Fredrik Steineck, Stora Enso Bioenergi

Fabian Levihn, Stockholm Exergi

Daniel Ivarsson, Jämtkraft

Paul Cho, Valmet

samt

Jonas Torstensson, E. ON

Staffan Dalbrink, Mellanskog

Mattias Thafvelin, Biometria

Stockholm april 2019

Helena Sellerholm

Områdesansvarig Termisk energiomvandling

Energiforsk AB

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Både skogs- och energiföretagen har en önskan om effektivare beställning och leverans av rätt skogsbränsle till rätt förbränningsanläggning. Idag omsätts stora värden, och för att möjliggöra kvalitetsdrivande utveckling och hantering av skogsbränsle krävs möjlighet att mäta och prognosticera kvalitetsrelaterade och väl definierade bränsleegenskaper längs hela produktionskedjan. Genom att sätta samman egenskaper kan en unik produktbeskrivning skapas. Skogsbrukets IT-företag, Biometria, arbetar nu med en totalrevidering och översyn av virkessystemet VIOL. Ett arbete som löpt parallellt och samordnat med detta projekt.

Upptakten i projektet var ett seminarium där branscherna samlades för att diskutera förutsättningar och former för framtida skogsbränsleaffärer. Projektet har genomförts i fyra olika delprojekt med stor uppslutning och medverkan från olika berörda aktörer. Den tidigare föreslagna produktstrukturen har verifierats för att säkerställa gränsvärden, intervall, indelningar av karaktäriserande egenskaper och produktbeskrivningar av skogsbränsle. Fokus har varit att identifiera och beskriva de behov av information, metod och teknik som saknas i dagens operativa hantering av skogsbränsle, men som krävs för en framtida tillämpning av produkttegenskaper.

De verktyg som behövs för att kunna mäta kvalitetsparametrarna finns på plats. Att i nästa steg skapa affärsmodeller och redovisningslösningar för detta kan leda till att skogsbränsleaffärer kan göras upp på fler sätt än idag. För askhalt kan ett kollektivupplägg vara rationellt, även om standardvärden också ger relativt bra resultat. För fraktionsandelar bör man överväga exakt vilka parametrar man vill analysera och hur man vill påverka priset med resultatet, då olika parter troligen har olika målbild. En kombination av fraktionsklass (P-klass) och kollektiv för finfraktion kan troligen vara en framkomlig väg. Ett kollektiv kan bestå av lass/leveranser från en eller flera leverantörer.

Det nya VIOL3 kommer att innebära nya sätt att beskriva det rundvirke och trädbränslesortiment som kommer att handlas med. En av de viktigare förändringarna är ett nytt sätt att beskriva de varor som affärerna avser. Nuvarande system (SSTE) med betydelsen *Sortiment – Trädslag - Egenskap* kommer ersättas med en ny struktur *Sortimentskategori – Handelssortiment – Produkt*. Sortimentskategori kan beskrivas som den ursprungliga råvaran. Detta projekt har fokuserat på de skogliga bränslena; Träddelar, Grot och Bränsleved samt i viss mån berört de skogsindustriella biprodukterna; Sågspån, Bark och Torrflis. Övriga sortiment har inte berörts, men den produktifiering som studien visar kan även appliceras på andra bränslesortiment som exempelvis returträ.

Ett Handelssortiment beskriver i vilken form och vilka kvalitetskrav som gäller för att bränslet ska anses vara leveransgillt. Det kan även beskriva om godkänd leverans kan delas upp i flera egenskapsklasser. All vederlagsmätning ska inledas med en mottagningskontroll. Denna ger bland annat svar på om leveransen håller

avtalade minimikrav avseende kvalitet. Om kvalitetskraven uppfylls är bränslet leveransgillt och mätningen fortsätter. Ett handelssortiment ska innehålla minst en produkt, men kan innehålla fler. Normalt innehåller bränslesortimenten en produkt som utgör leveransgill råvara. Om man däremot önskar kvalitetssätta eller trädslagsklassa leveransen vid mätningen utgörs dessa av olika produkter. Av de gränssättande faktorerna erhålls torrhalt från mätmetoden. De övriga faktorerna går i dagsläget inte att praktiskt mäta per leverans.

Prisräkning av ett Handelssortiment sker per produkt. Man kan även ha differentierade priser efter torrhaltsnivåer eller fraktionsklasser. Om inget skäl finns att differentiera prissättning räcker det med en produkt för aktuellt handelssortiment. Om torrhalt är enda kriteriet för differentierade priser är en produkt tillräckligt. Prisdifferentieringen sker genom stafflade priser, där priset sjunker med antal köpta enheter eller ökande volym, efter torrhaltsnivåer. Produkt för enskild leverans, exempelvis TRB-klass, anges vid vederlagsmätningen. En trädbränsleklass (TRB-klass) beskriver olika basprodukter av trädbränslen utifrån deras olika bränsleegenskaper. Kunder som finner det motiverat kan även sätta ihop handelssortiment utifrån enskilda parametrar istället för TRB-klass. Den specifikationen kan även användas för att beskriva flis som består av en blandning av flera sortimentskategorier.

Redan idag finns stora mängder information och mätdata längs flödet från skog till industri. När det gäller skogsbränsle är endast en liten andel av informationen tillgänglig via Biometrias informationsnav VIOL. Framförallt bedöms data av bättre precision gällande kvantitet och fukthalt som mycket relevanta. Projektet har kartlagt och beskrivit möjligheter att fånga upp dessa i dagens system och försökt värdera informationer i relation till dagens affär och hanteringskedja.

För att få en god prognos av avverkade kvantiteter skogsbränsle, trädslagsblandning och positionsbestämning finns möjlighet att installera och använda en modul för beräkningar baserat på skördardata tillgänglig via Biometria. I dag är det få skördare som använder denna modul. En tredje produktionsform (sönderdelning) skulle kunna registreras via en app (RAPP). Produktionsrapportering av sönderdelade volymer skulle kunna göras i form av en kopia på rapport från skotning.

Om kunden får ett torrare material innebär det möjlighet för lagring samt att man kan blanda flisen med ett blötare, billigare material. Idag finns relativt säkra informationer om fukthalten i materialet vid avverkning att använda som ingångsvärden i torrhaltprognoser. På så sätt kan leverantören av skogsbränsle få en indikation på torknings- och återfuktningsprocesser. Dessa prognosfunktioner bör dock verifieras och förfinas ytterligare, men kan redan idag ge en god indikation. På så sätt kan flöde och lager prognosticeras och fungera som beslutsunderlag och stöd vid beslut om sönderdelning, hantering av material, styrning mot en specifik produkt och för leverans. Skulle man kunna mäta fukthalt vid sönderdelningen skulle det ha ett värde som beslutsunderlag för ruttplanering av sönderdelning och styrning av transporter samt dess energieffektivitet. Information om materialet (fukthalt, fraktionsfördelning, färskhet) skulle vara relevant för kunden för bedömning av dess lämplighet att lagras eller för direkt förbränning i pannan.

Att kunna hantera en varierad efterfrågan med samma maskinresurser genom aktiva val innebär en rad fördelar. Samma energimängd kan då levereras med färre maskintimmar och därmed mindre energiåtgång och miljöbelastning. Resultat visar att det finns en klar vinst i systemet i form av ökat energiinnehåll under perioden november – februari.

Eventuella problem med höga finfraktionsandelar hanteras idag genom blandning med andra material. Finfraktionsandel är en viktig kvalitetsparameter men det finns begränsat med dokumenterade erfarenheter gällande förbränningseffektivitet i olika pannor kopplat till finfraktionsandelar. Kännedomen att finfraktionsandelen påverkar fukthalten och lagringsbarheten är dock spridd, men få aktörer har gjort direkta ekonomiska kalkyler baserat på detta.

Stora delar av de data som efterfrågas finns idag tillgänglig någonstans i systemen. Genom bättre tillgång på data och ett mer automatiserat informationsflöde finns potentialer att effektivisera försörjningskedjorna och skapa ett högre nettovärde, dels genom minskade kostnader men framförallt genom att skapa ett högre värde på slutprodukten. För att realisera nyttan med ökad tillgång på information krävs systemstöd för att hantera och kommunicera informationen.

Summary

Both forest and energy companies have a desire for more efficient ordering and delivery of the right forest fuel to the right plant. Today, large values are traded, and in order to enable quality driven development and management of forest fuel, it is possible to measure and forecast quality related and well-defined fuel properties along the entire production chain. By putting together properties, a unique product description can be created. Forestry's IT company, Biometria, is now working on a total revision and review of the VIOL system. A work that ran parallel and coordinated with this project.

The project started with a seminar where the industries gathered to discuss the conditions and forms for future forest fuel business. The project has been carried out in four different sub projects with great support and participation from different stakeholders. The previously proposed product structure has been verified to ensure limit values, intervals, divisions of characteristic properties and product descriptions of forest fuel. The focus has been on identifying and describing the need for information, method and technology that is lacking in today's operational management of forest fuel, but which is required for a future application of product properties.

The tools needed to measure the quality parameters are in place. Creating business models and accounting solutions for this in the next step can lead to forest fuel business being settled in more ways than today. For ash content, a collective arrangement can be rational, although standard values also give relatively good results. For fractional shares, one should consider exactly which parameters one wants to analyze and how one wants to influence the price with the result, as different parties probably have different target image. A combination of P-class and collective for fine fraction can probably be a way forward.

The new VIOL system will mean new ways of describing the round wood and wood fuel assortments that will be traded. One of the more important changes is a new way of describing the material and products to which the business relates. Current system (SSTE) with the meaning; Assortment - Tree species - Property will be replaced with a new structure; Assortment category - Trade assortment - Product. Assortment category can be described as the original raw material. This project has focused on the forest fuels; Delimbed or Whole trees, Logging residues and Fuelwood and to some extent also the forest industry by-products; Sawdust, Bark and Dry chips. Other assortments have not been dealt with, but the categorisation that the study shows can also be applied to other fuels such as return wood.

A trade assortment describes in what form and which quality requirements apply for the fuel to be regarded as delivery valid. It can also describe if approved delivery can be divided into several property classes. All measurements as basis for payment should be initiated with a check on delivery. This gives, among other things, answers to whether the delivery holds agreed minimum quality

requirements. If the quality requirements are met, the fuel is delivered and the measurement continues. A trading assortment should contain at least one product, but it may contain more. Normally, the fuel range contains one product that constitutes a supply-grade raw material. If, on the other hand, you want to set the quality or the tree-class delivery at the measurement, these are made up of different products. Dry content is obtained from the measurement method, the other factors are currently not practical to measure per delivery.

The price calculation of a trading assortment is per product. One can also have differentiated prices for dry content levels or fractional classes. If there is no reason to differentiate pricing, one product for the current trade assortment will be enough. Also if dry matter is the only criterion for differentiated prices, one product is sufficient. Price differentiation takes place through set prices according to dry content levels. Product for individual delivery, such as TRB class, is stated at the measuring. Customers who find it justified can also put together trade assortment based on individual parameters instead of TRB class. This specification can also be used to describe chips that consist of a mixture of several assortment.

Today there are large amounts of information and measurement data along the flow from forest to industry. In the case of forest fuel, only a small proportion of the information is available via Biometria. Above all, data of better precision regarding quantity and moisture content would be very relevant. The project has mapped and described opportunities to capture these in today's system and tried to evaluate information in relation to today's business and management chain.

In order to get a good forecast of harvested quantities of forest fuel, tree species mixture and position determination, it is possible to install and use a module for calculations based on harvest data available via Biometria. Today, few harvesters use this module. A third production form (chipping) could be registered via an app (RAPP). Production reporting of chipped volumes could be made in the form of a copy of a report from the forwarding.

If the customer can receive a drier material, this means an opportunity for storage and that it can be mixed with a moister, cheaper material. Today, relatively safe information is available on the moisture content of the material at the time of harvesting. This information can be used as input values in dry matter forecasts. In this way, the supplier of forest fuel can get an indication of the drying and moisturizing processes in the material. However, these forecasting functions should be further verified and refined, but can already today give a good indication. In this way, production and storage can be forecasted and act as a basis for decision-making and support in deciding on chipping, control towards a specific product and for delivery. Should one be able to measure moisture content already during the chipping, it would have a value as a basis for decision-making for route planning of chipping equipment and control of transport and its energy efficiency. Information about the material (moisture content, fractional distribution, freshness) would be relevant to the customer for deciding its suitability for storage or for direct combustion in the boiler.

Being able to handle a varied demand with the same machine resources through active choices means a number of advantages. The same amount of energy can

then be supplied with fewer machine hours and with less energy consumption and lower environmental impact. Results show that there is a clear profit in the system in the form of increased energy content during the period November - February.

Any problems with high proportions of fine fractions are handled today by mixing with other materials. Fine fraction share is an important quality parameter, but there is limited documented experience regarding climate performance and combustion efficiency in different boilers linked to fractions. However, the knowledge that the distribution of fractions affects the moisture content and storage capacity is spread, but few actors have made direct economic calculations based on this.

Large parts of the data that are requested are now available somewhere in the systems. Through better access to data and a more automated information flow, there are potentials to streamline the supply chains and create a higher net value, partly through reduced costs but above all by creating a higher value in the final product. In order to realize the benefits of increased access to information, system support is required to manage and communicate the information.

Innehåll

1	Bakgrund	12
2	Mål och syfte	14
2.1	Effektmål	14
2.2	Produktmål	14
3	Avgränsningar och projektförutsättningar	15
4	Genomförande	16
4.1	Produktegenskaper – förankring och verifiering	17
4.2	Mätning och karaktärisering av produktegenskaper	17
4.2.1	Fraktionsfördelning	17
4.2.2	Askhalt	18
4.3	Affärsmodeller – redovisning och kommunikation	18
4.4	Fallstudier av typflöden	19
4.5	Förslag till klassning och karaktärisering av skogsbränsle	19
4.5.1	Framtagande av nyttokalkyl	20
5	Resultat	21
5.1	Produktegenskaper – förankring och verifiering	21
5.1.1	Fukthalt	21
5.1.2	Askhalt	22
5.1.3	Fraktionsfördelning	22
5.1.4	Finfraktionsandel	23
5.1.5	Trädslagsfördelning	24
5.1.6	Lagring	24
5.1.7	Sönderdelning	25
5.1.8	Skrymdensitet	25
5.1.9	Klassning av biprodukter	25
5.1.10	Övriga frågeställningar	26
5.2	Mätning och karaktärisering av produktegenskaper	26
5.2.1	Fraktionsfördelning	26
5.2.2	Askhalt	27
5.2.3	Stickprovsmätning via kollektiv	28
5.3	Affärsmodeller – redovisning och kommunikation	29
5.3.1	Sortiment	29
5.3.2	Handelssortiment	30
5.3.3	Produkt	30
5.3.4	Prissättning	32
5.4	Fallstudier av typflöden	34
5.4.1	Fallstudie 1	34
5.4.2	Fallstudie 2	35
5.4.3	Fallstudie 3	37

5.5	Förslag till klassning och karaktärisering av skogsbränsle	37
5.5.1	Kartläggning av tillgängliga och önskvärda data	39
5.5.2	Nyttokalkyler	41
6	Slutsatser	45
7	Diskussion	47
7.1	Kommunikation och beslutsstöd	47
7.2	Mätning	48
7.3	Framtida bedömningsfaktorer	48
8	Referenser	49
9	Bilaga	51

1 Bakgrund

Både skogs- och energiföretagen har en önskan om effektivare beställning och leverans av rätt skogsbränsle till rätt förbränningsanläggning. Detta har blivit en viktig och prioriterad fråga för hela branschen (Iwarsson Wide, m fl, 2015). Idag omsätts stora värden, men produkterna är inte väl definierade vilket är ett bekymmer för aktörerna. Dagens beskrivningar av egenskaper och de koder för skogsbränsle som hanteras i virkessystemen har ofta svag koppling till de bränsleegenskaper som en förbränningsanläggning styr efter. Ofta har egenskaperna en större koppling till hur bränslet har producerats, lagrats och andra parametrar som mer är förknippade med skogliga åtgärder och hanteringar. Det produceras ibland för dåliga, men ibland också för bra bränslen. Detta medför bl.a. att hantering av beställning, styrning och uppföljning av leverans försvåras då de befintliga koderna inte kan användas, vilket i sin tur medför ett administrativt merarbete. Genom en tydligare beskrivning av egenskaper som täcker köparens och säljares informationsbehov skulle affärskommunikationen underlättas.

För att möjliggöra kvalitetsdrivande utveckling och hantering av skogsbränsle krävs möjlighet att mäta och prognosticera kvalitetsrelaterade och väl definierade bränsleegenskaper längs hela produktionskedjan. Detta är en förutsättning för att leveranser av skogsbränsle ska kunna ske med jämnhet och med förutsägbara egenskaper.

För rundvirkessortimenten timmer och massaved görs i dag omfattande transportoptimerande byten mellan olika leverantörer. Detta sker mer sällan för skogsbränsle, beroende på att det inte finns vedertagna beskrivningar av de egenskaper som påverkar betalningsgrunden för skogsbränsle.

Mot bakgrund av detta genomfördes under 2014-2015 projektet "Produktegenskaper för skogsbränsle" (Fridh, 2015 a) med målet att skapa bättre produktbeskrivningar för skogsbränsle. Projektet utarbetade ett förslag till karaktärisering, indelning och struktur av egenskaper för skogsbränsle utifrån fukt- och askhalt, fraktionsklass eller finfraktionsandel. Den föreslagna strukturen behöver verifieras och justeras för att kunna fungera i en operativ hantering av skogsbränsle. En av utmaningarna är att kunna mäta dessa karaktäriserande egenskaper på ett snabbt och effektivt sätt för att kvalitetssäkra det efterfrågade bränslet.

Projektet utarbetade ett förslag till indelning, struktur och definition av egenskaper för skogsbränsle, beskrivet i sex olika egenskapskategorier (Fridh, 2015 a):

1. Bränsle – egenskaper som t.ex. askhalt, fukthalt, fraktionsfördelning.
2. Administration – egenskaper som t.ex. ägare, ursprung, traktdata.
3. Avverkning – egenskaper som t.ex. avverkningsform, tidpunkt, volymer.
4. Sönderdelning – egenskaper som t.ex. metod, tidpunkt, fukthalt.
5. Transport – egenskaper som t.ex. transporttidpunkt, lastningsmetod.
6. Lagring – egenskaper som t.ex. lagringstidpunkt, täckning, yta, plats.

Genom att sätta samman egenskaper från de olika kategorierna kan en unik produktbeskrivning skapas. Antalet möjliga kombinationer blir dock mycket stort, därför föreslogs 23 standardiserade BAS-produkter, femton för sönderdelat bränsle och åtta för ej sönderdelat. En av de stora utmaningarna i förslaget är fångst och kommunikation av data som beskriver egenskaperna vid de olika momenten i produktionsprocessen från skog till förbränningsanläggning.

Skogsbrukets IT-företag, Biometria, har startat en förnyelseprocess, en totalrevidering och översyn av virkessystemet VIOL, som pågår under 2015-2019. Det nya virkessystemet, VIOL3, beräknas kunna tas i drift 2020. I processen med att ta fram VIOL3 tillämpas ett scenarioupplägg, där ett av scenarierna är "Skogsråvara till värmeverk som energiberäknas". För att kunna kommunicera de föreslagna egenskaperna och produktbeskrivningarna måste den pågående förnyelsen av VIOL vara genomförd och först då kan det omfattande informationsflödet som förslaget med produkttegenskaper och BAS-produkter bygger på komma att bli en realitet i operativ drift. Ett arbete med att operativt tillämpa egenskaper för skogsbränsle, kommer vid en mycket lämplig tidpunkt. Detta projekt är därför ett tillfälle att identifiera och konkretisera vad som kan behöva justeras, förfinas och utvecklas med avseende på metod, teknik och kommunikation för rationell hantering av produkttegenskaper, innan en framtida storskalig tillämpning med att produktifiera skogsbränsle realiserar.

Bättre produktbeskrivningar förväntas ge ett antal positiva effekter för skogsbränslebranschen:

- Köparen kan lägga en klar och entydig beställning av ett bränsle som passar för pannans tekniska förutsättningar.
- Leverantören får en klar och tydlig målbild för det bränsle som ska produceras och levereras.
- Leverantören kan fortlöpande följa upp sin produktionsprocess med avseende på bränslets egenskaper.
- Köpare och leverantör kan få en snabb och tydlig prognos och återkoppling på beställt/levererat bränsle via ordinarie virkessystem.
- Möjlighet att öka andelen transportoptimerande byten. För timmer och massaved sker sedan länge omfattande byten mellan olika leverantörer för att minimera transportkostnaderna. Det är mer ovanligt för skogsbränsle, bland annat beroende på att det inte finns några vedertagna beskrivningar – man vet i bästa fall vad man har, men inte vad man får vid ett byte.

2 Mål och syfte

Syftet med projektet är att undersöka förutsättningarna för att tillämpa produkttegenskaper för skogsbränsle, samt vidareutveckla metod och teknik för produktbeskrivning av skogsbränslen och att använda dessa metoder och tekniker för att bättre kommunicera bränslets kvalité mellan leverantör och användare.

2.1 EFFEKTMÅL

- Projektet förväntas att leda till förbättrade informationsflöden om skogsbränslets egenskaper genom leveranskedjan samt skapa förutsättningar för att leveranser av bränslet sker med ökad jämnhet och med förutsägbara egenskaper.
- Projektet syftar till att skapa en sammanhållen informationskedja där skogs- och energiföretagen får en struktur för att definiera och klassificera skogsbränslen vilket kommer att leda till ökad resurs- och kostnadseffektivitet.
- Projektets resultat förväntas kunna användas som underlag för upphandling av skogsbränslen, något som saknas i dagsläget och är värdefullt för såväl skogs- som energiindustri.

2.2 PRODUKTMÅL

- Konkret förslag till överenskommelse om klassning och karaktärisering av skogsbränslen som ska kunna användas vid upphandling.
- Konkret förslag till mätmetoder, prismodeller och redovisningslösningar anpassade ny produktstruktur och i enlighet med nya virkesmätningssystemen.
- Anpassa det branschgemensamma IT-stödet för mätning och redovisning av affärer via SDC för biobränslehandelns behov och krav.

3 Avgränsningar och projektförutsättningar

Projektet har byggt på att bränslemarknadens aktörer aktivt deltagit i seminarier och arbetsgrupper för att utarbeta konkreta förslag till bränsleklassificering.

Utgångspunkten för projektet har varit det förslag till indelning och klassificering av skogsbränsle som utarbetades under 2014-2015 inom ESS-projektet "Produktegenskaper för skogsbränsle" (Fridh, 2015 a och b).

4 Genomförande

Upptakten var ett seminarium som genomfördes i november 2017, där nyckelpersoner från både köpare och säljare av skogsbränsle samlades för att diskutera förutsättningar och former för framtida skogsbränsleaffärer. Samtliga aktörer från energi- och skogsbranschen som handlar med skogsbränslen bjöds sedan via utskick och direkta kontakter in att delta i projektet. Projektet har genomförts i fyra olika delprojekt, varav deltagarna aktivt kunnat delta i tre, gällande produkttegenskaper, affärsmodeller och fallstudier.

I april 2018 genomfördes ett projektmöte där 35 personer och 18 olika företag deltog. Detta projektmöte var även upptakten för arbetet i delprojekten gällande produkttegenskaper respektive affärsmodeller. Utifrån företagets storlek och affärer delades deltagarna i respektive delprojekt in i tre olika arbetsgrupper.

AG1 – Från skogen till mindre värmeverk med *särskilda förutsättningar och krav*

AG2 - Från skogen till större värmeverk med *allmänna förutsättningar och krav*

AG3 - Från träindustri direkt till värmeverk

Respektive arbetsgrupp arbetade sedan vidare med frågeställningarna gällande klassning och karaktärisering av produkttegenskaper respektive hur affärsmodeller, redovisning och kommunikation vid upphandling och affärer med skogliga biobränslen bör se ut i framtiden. Varje arbetsgrupp hade tre Skypemöten för att arbeta fram sina förslag, som förankrades och diskuterades med kollegor utanför projektet mellan varje möte.

I juli 2018 redovisades förslagen från de respektive arbetsgrupperna vid ett nytt större projektmöte med drygt trettio deltagare från de medverkande företagen. Ett gemensamt förslag från de tre arbetsgrupperna per delprojekt presenterades och förankrades i projektgruppen. Resultaten från de olika delprojekten har summerats till ett förslag till klassning och karaktärisering av skogsbränslen och även förslag till hur det fortsatta arbetet med produktifiering av skogsbränslen kan prioriteras och verkställas.

I augusti 2018 genomfördes en workshop i Linköping för att starta upp fallstudierna. Då VIOL3 blivit försenat och i sin första version inte kommer att innehålla all den data och möjlighet till informationsöverföring som man inledningsvis inom detta projekt hoppats på beslutades att fallstudierna skulle förenklas.

Projektet har genomförts som ett samarbete mellan biobränslesektorn, Biometria, Skogforsk, och medfinansierats av Energiforsks forskningsprogram SEBRA och Energimyndigheten. Ett nära samarbete med Biometrias förnyelseprocess, virkesmätningsföreningarna och skogs- och energiföretagen har varit en förutsättning för projektets genomförande.

4.1 PRODUKTEGENSKAPER – FÖRANKRING OCH VERIFIERING

Den tidigare föreslagna produktstrukturen verifierades för att säkerställa gränsvärden, intervall, indelningar av karaktäriserande egenskaper och produktbeskrivningar av skogsbränsle. Arbetet påbörjades vid det inledande seminariet och bearbetas därefter i tre olika arbetsgrupper, med fokus från skogen till värmeverk med särskilda förutsättningar och krav respektive allmänna förutsättningar och krav samt från träindustri direkt till värmeverk. Produktstrukturen förankrades med ett större antal aktörer i arbetsgruppernas diskussioner.

Fokus i diskussionerna var att identifiera och beskriva de behov av information, metod och teknik som saknas i dagens operativa hantering av skogsbränsle, men som är nödvändiga för en storskalig, rationell och kostnadseffektiv tillämpning av produkttegenskaper och eventuella BAS-produkter. Ytterligare ett syfte och fokus var att få klarhet i om indelningen och nivåerna för de egenskaper som definierar en BAS-produkt kan fungera operativt.

Exempel på frågeställningar som diskuterades i arbetsgrupperna för att utreda vad som behöver justeras eller utvecklas med avseende på:

- Vilka är de definierande egenskaperna? Behövs det fler eller färre egenskaper för att definiera en produkt?
- I förslaget finns askhalt, fukthalt, fraktionsklass och finfraktion specificerade i olika intervall. Vilka intervall bör finnas tillgängliga att redovisa för de olika definierande egenskaperna?
- Vad behöver utvecklas med avseende på;
 - × Metoder (t.ex. mätning, prognos, beslutsstöd, transport, sönderdelning)
 - × Teknik (t.ex. mätinstrument, maskiner, kommunikationsutrustning)
 - × Informationsflöde (t.ex. vad när och hur behövs vilken information)

4.2 MÄTNING OCH KARAKTÄRISERING AV PRODUKTEGENSKAPER

Den föreslagna produktstrukturen baseras på egenskaperna fukthalt, askhalt och fraktionsfördelning/finfraktion. Studierna inom detta delprojekt genomfördes för att:

- fastställa hur mätning av partikelstorleksklass hos skogsbränsle kan ske med en godkänd repeterbarhet och reproducerbarhet samt
- fastställa en snabbare metod för askhaltsbestämning samt möjlighet att använda bättre erfarenhetstal.

4.2.1 Fraktionsfördelning

Arbete gällande fraktionsfördelning inleddes med att samla in den erfarenhet som finns av denna typ av sällning. I t.ex. Tyskland och Österrike har man arbetat mer kring klassning och specificering av skogsbränsle än i Sverige.

Insamling av prover gjorde vid Falu Energis anläggning samt från en leverans trädelsflis vid Mellanskogs bränsleterminal utanför Borlänge. Samtliga prover breddes ut på stora plastsäckar och förtorkades i rumstemperatur. Förtester för att komma fram till lämplig sällningstid utfördes därefter på två småprov med 4 olika

sållningstider (2.5, 5, 7.5 och 10 minuter). Proverna analyserades i sållet i VMF Qberas flislabb i Falun. En viktig del av delprojektet var att studera reproducerbarhet vid sållning enligt SS-EN ISO 17827-1:2016. Reproducerbarheten beskriver hur väl resultatet överensstämmer mellan två mätningar som utförts under samma förutsättningar men av olika labb. För att undersöka detta insamlades och sållades åtta bränsleprover á 8-10 liter vid flislabbet i Falun. Efter sållning i Falun skickade fyra av de åtta proverna till Växjö Energi vars sållningsutrustning är identisk med den i Falun. Resterande fyra prov skickades till Eurofins anläggning i Lidköping för sållning i deras tvådimensionellt skakande sållningsutrustning. För att undersöka spridningen i fraktionsfördelning togs tio väl utspridda prov á 2-3 liter från tio olika punkter från samma leverans. Genom att sälla dessa 2-3 liter från varje provpunkt kunde man se hur stor variationen i fraktionsfördelning är mellan olika punkter inom samma leverans.

4.2.2 Askhalt

I många skogsbränsleaffärer idag används erfarenhetstal på aska som inte kontrolleras regelbundet. Askhalten kan variera kraftigt både mellan och inom sortiment. Det finns därmed stora risker att de erfarenhetstal som används både leder till stora tillfälliga fel och systematiska fel.

För att undersöka möjligheten till bättre erfarenhetstal studerades den data som redan idag finns tillgänglig. För att studera skillnaderna mellan inmätt och producerad aska valdes ett värmeverk (Åbyverket i Örebro) ut som fallstudieobjekt. Mängden producerad flygaska och bottenaska för 2016-07-01 t.o.m. 2017-06-30, samt mängden inköpt sand till bädden i värmeverket togs fram av värmeverket. För att koppla mot det summerades den totala mängden inmätt aska för samtliga leveranser av bränsle till värmeverket under samma tidsperiod enligt EB-nyckeln. För sortiment som inte mäts in i MWh (och därmed inte bestäms en askhalt för) gjordes antagande om deras torrhalt och askhalt. Det handlar om bränsleved som antogs ha en medeltorrhalt på 60% och en medelaskhalt på 1%. Summerade mängder aska kunde sedan jämföras för de två datakällorna för att se hur väl dessa stämde överens.

4.3 AFFÄRSMODELLER – REDOVISNING OCH KOMMUNIKATION

Sedan 10 år pågår ett arbete på att ersätta nuvarande redovisningssystem VIOL med ett nytt. I detta delprojekt var målet att försöka hitta en tänkt målbild för hur man kan beskriva hur det trädbränsle man beställer ska definieras, men även hur de levererade trädbränslena ska mätas och klassas i det kommande VIOL 3. Vi skiljer på den 'ultimat' tänkta hanteringen av beställning och informationsinsamling som blir målbild vart branschen vill nå och vad som kan realiseras i samband med starten av VIOL 3, som tidigast inträffar 2021.

Även i detta delprojekt genomfördes arbetet genom Skype-diskussioner och arbete vid ett par workshops i olika arbetsgrupperna. Branschföreträdare tillsammans med SDC-affärsutveckling utredde och förslag prismetoder, kollektivförfaranden och redovisningslösningar anpassade till den föreslagna produktstrukturen och mätmetoder för biobränslen i enlighet med nya virkesmätningssystemen.

De produkter som är föreslagna och strukturen för produkttegenskaper måste kunna omsättas till förbränningsanläggningens behov och beställning av bränsle.

Exempel på de frågor som diskuterades är:

- Går det att beställa efter produkterna?
- Hur går det till att beställa BAS-produkterna, täcker de föreslagna produkterna in förbränningsanläggningens behov?
- Till vilka produkter kan dagens leveranser kopplas?
- Hur hanteras leveranser som inte ligger inom en produktspecifikation?

4.4 FALLSTUDIER AV TYPFLÖDEN

Avsikten har varit att provtrycka den nya standarden i VIOL3 strukturen för att utvärdera hur de önskemål projektet har tagit fram gällande att skapa en sammanhållen informationskedja kan realiseras. VIOL3 syftar till att stödja de bränsleaffärer som genomförs där skogs- och energiföretagen får en struktur för att definiera och klassificera skogsbränslen och där relevant information kan hämtas från tidigare hanteringsled i kedjan. Fallstudierna ska även utvärdera hur väl VIOL3 kan hantera produktifieringen i redovisning och affärsupplägg. Fallstudierna har genomförts som hypotetiska och förberedda test, med syfte att senare i det pågående demoversionsarbetet inom VIOL3 göra mer konkreta tester och utvärderingar.

Fallstudierna genomfördes som endagsworkshops med diskussioner mellan berörda parter utifrån hur dagens affärer genomförs och de möjliga förbättringspotentialer man kan se. Tre olika typflöden av skogsbaserade biobränslen från leverantör till mottagning vid förbränningsanläggning har studerats för att klargöra att de verifierade egenskaperna, mätning och karaktärisering samt kommunikation och affärsmodell kan ge den förväntade operativa effekten.

För respektive typflöde indelades produktionsprocessen i tre delprocesser;

1. **Avverkning – Lager vid väg.** När processen kommit till väglagret ska det gå att fastställa vilken produkt som ligger i lager.
2. **Lager vid väg – Leverans av produkt.** I delprocessen studeras de olika kombinationer av transporter, terminaler och sönderdelning som skogsbränslet kan styras genom innan leverans till förbränningsanläggning.
3. **Mottagning produkt och bestämning av vederlag.** När produkterna levererats måste varje leverans inmätas för att fastställa:
 - a. Vilken produkt som levererats
 - b. Vilket värde denna produkt har

4.5 FÖRSLAG TILL KLASSNING OCH KARAKTÄRISERING AV SKOGSBRÄNSLE

Utifrån resultaten i delprojekten ett till fyra sammanställdes ett konkret förslag till överenskommelse om klassning, karaktärisering av skogsbränslen som ska kunna användas vid upphandling samt ett konkret förslag till mätmetoder, prismodeller

och redovisningslösningar anpassade ny produktstruktur och i enlighet med nya virkesmätningsslagen.

Utifrån de diskussioner som förts i de respektive arbetsgrupperna inom olika delprojekt, vid gemensamma workshops samt i projektarbetsgruppen har en prioriterad lista över vad som behöver justeras, utvecklas och tillpassas med avseende information, metod och teknik vid produktifiering av skogsbränsle för att det ska kunna tillämpas på ett rationellt och kostnadseffektivt sätt.

Kartläggning av tillgänglig information;

- Vilken prognosinformation finns tillgänglig från skogen?
 - × Trädslagsblandning
 - × Avverkningstidpunkt, skotningstidpunkt - Färsighet
 - × Information om lagringsplats – Fukthalt
 - × Tidpunkt sönderdelning - Färsighet / Fukthalt
 - × Teknik sönderdelning - Finfraktioner – fraktionsfördelning
 - × Koppling mellan olika avtalsobjekt
 - Rundvirke – inmätning vid industri
 - Skogsbränsle - skördarrapportering
- Vilken information kan och bör finnas med i framtida leveransavisering?
- Vilken information kan mottagaren ha konkret nytta av – nyttokalkyl?
 - × Kan leverantören fånga in och sända informationen?
 - × Hur kan den lämpligast fångas in?
 - × Hur ska den rapporteras?

4.5.1 Framtagande av nyttokalkyl

Som stöd till prioritering av fortsatt arbete genomfördes en strukturerad kartläggning av tillgängligt data och information genom hanteringskedjan för skogsbränslen. Projektet analyserade vinsten att samla in och presentera informationen i olika led, främst utifrån de diskussioner som förts vid fallstudierna och projektledarnas kunskaper och tidigare erfarenheter. Utgångspunkt togs från de olika relevanta parametrar som berör skogsbränsles kvalitet och värde och som kan ligga som beslutsunderlag för hantering och styrning av olika flöden. Nyttokalkyler ställdes upp för att visa på värdet av informationen och hur olika investeringar i VIOL3 kan räknas hem i olika hanteringsled hos olika aktörer.

- Vilka informationer skulle kunna skapa ett faktiskt värde hos mottagaren/kunden, i form av ett högre förädlingsvärde eller mindre problem/begränsningar/värdeförluster i hantering och lagring?
- De egenskaper som styr priset i affären (prisräkning) ska finnas med som en parameter i sortimentsstrukturen – övrig information av värde kan finnas med som en leveransinformation vid sidan om.

5 Resultat

5.1 PRODUKTEGENSKAPER – FÖRANKRING OCH VERIFIERING

Parametrarna som identifierats är de samma som finns redogjorda i dokumentet "Produktifiera för att kommunicera" (Fridh, 2015 b).

Tabell 1. Bränsleegenskaper.

BRÄNSLE-egenskaper			
Fukthalt (%)	Askhalt (%)	Fraktion	Finfraktion <3,15 mm (%)
M25 ($\leq 25\%$)	A1.0 ($\leq 1\%$)	P16	F05 ($\leq 5\%$)
M35 ($\leq 35\%$)	A3.0 ($\leq 3\%$)	P31	F10 ($\leq 10\%$)
M45 ($\leq 45\%$)	A7.0 ($\leq 7\%$)	P45	F15 ($\leq 15\%$)
M55 ($\leq 55\%$)		P63	F20 ($\leq 20\%$)
M55+ ($> 55\%$)		P100	F25 ($\leq 25\%$)
		P200	F30 ($\leq 30\%$)
			F30+ ($> 30\%$)

5.1.1 Fukthalt

Fukthalten är av stor betydelse för lagrings- och förbränningsegenskaper samt grundläggande för beräkningar av det effektiva energivärdet. Det är ofta svårt att mäta fram exakta värden, detta gäller både i fält och vid industri. I den operativa hanteringen anses det tillräckligt med klasser inom 10% fukthalt, i kombination med en övre och en nedre angivelse för leveransgillt material.

Biprodukter faller ut med ganska givna och snäva fukthaltsintervall. Sortimenten levereras vanligen ganska omgående och leverantören har normalt ingen eller liten möjlighet att påverka fukthalten. Torrflis och kutterspån faller ut efter torkning med fukthalter under 20 %. Lagring utomhus driver upp fukthalten, med risk för sammanfrysning som följd. Bark har en variation i fukthalt över året (40 – 70 %). Lagring kan få till följd att fukthalten minskar dels av avrinning, dels på grund av inre värmealstring. Bark kan därför hålla olika fukthaltklasser.

Önskvärd information i VIOL3

- I tidigare förslag saknas en klass som bör benämnas M55 (45-55 %).
Förslag till nya klasser; **M25** ($\leq 25\%$) **M35** ($\leq 35\%$) **M45** ($\leq 45\%$)
M55 ($\leq 55\%$) **M55+** ($> 55\%$).
- Gränsen för leveransgillt material bör kunna sättas i varje enskild affär.
- Information om fukthalt bör fångas på "bästa sätt" i samtliga processteg från avverkning till inmätning hos förbrukare.

Kommentarer – framtida önskemål

- För leverantören är det viktigt att kunna prognosticera hur fukthalten förändras vid lagring i skogen respektive på avlägg. Några företag har egna modeller idag, men i framtiden är det viktigt att via torkningsprognoser koppla väderdata till objektet.
- Möjlighet till information om fukthalt i flisat material minskar lagerdifferenser vid utkörning från lager. Önskas möjlighet att ange fukthalt vid inkörning till lagerplats, helst MWh-registrering.
- Det är mycket viktigt att få en så "rätt" fukthaltsprovtagning som möjligt för att minska variationen av fukthalt från samma trakt/leverans. Det är också viktigt att få fram energiinnehåll på leverans så fort som möjligt med hjälp av modern teknik.
- Det finns ett behov av framtagning av arbetssätt där alla parter mäter fukthalten på samma sätt. Varierande provtagningar av fukthalten har idag en stor påverkan på uppmätt MWh-innehåll.

5.1.2 Askhalt

Askhalterna varierar delvis naturligt mellan olika råvaror. Det finns en variation som påverkas av olika grader av föroreningar. Vid beräkning av EB-nycklar baseras beräkningen på fastställda resultat på stickprovsmätningar inom en vis tidsperiod. Som förslag för riktvärde anges för stamvedsflis - **A1** ($\leq 1\%$), för grot- och träddelesflis - **A3** ($\leq 3\%$) samt för bark, krossat material och stubbar mm **A5** ($\leq 5\%$).

Önskvärd information i VIOL3

- I del fall då askhalterna av olika skäl antas avvika kraftigt från det förväntade bör detta förmedlas till mottagare innan leverans.

5.1.3 Fraktionsfördelning

De olika skogsbränslesortiment som förekommer på marknaden är mer eller mindre heterogena. Fraktionsfördelningen anges idag närmast som en fraktionsklass, men variationen mellan och inom de olika klasserna kan vara stor och se olika ut. I vissa fall är sållkurvorna väl sammanhållna (kurva med tydlig topp) och i andra fall sprider det stort med flera fraktioner i samma material (flacka kurvor). Även i det bränsle som sållats fram som leveransgillt inom gängse standard förekommer stora variationer som leder till "skeva såll-kurvor". Möjlighet att kunna styra produkten tydligare inom respektive P-klass är önskvärt. Förbrukarna önskar information för att kunna optimera sin bränslemix och på så sätt kunna ta emot de material och fraktioner som finns tillgängliga i närområdet. I mindre pannor påverkas främst inmatning, i större pannor har det mer en förbränningsteknisk effekt.

Önskvärd information i VIOL3

- Information som kopplar till fraktionsfördelning bör finnas vid tillfället för sönderdelning samt anges vid leverans.
 - × I första hand bör sönderdelningsmetod och ursprungsmaterial anges, detta ger en god första indikation om fraktionsklass.
 - × Bedömd/uppmätt fukthalt vid sönderdelningen påverkar fraktionsfördelningen, gäller särskilt för GROT.
- Möjlighet att kunna ange uppgifter om sållstorlek vad gäller biprodukter (sågspån, städbark).

Kommentarer – framtida önskemål

- Både i syfte att från förbrukarens perspektiv kunna ange önskad fraktionsfördelning tydligt i beställningen och för leverantörens del att ha bättre styrning och koll på sina leveranser är det önskvärt att styra en produkt tydligare inom en fraktionsklass.
 - × Kartläggning av fraktionsfördelning vid sönderdelning av olika material vid olika fukthalt och med olika utrustning ger viss indikation och erfarenhetstal som kan vara ett stöd för val av utrustning och såll för att styra mot olika produkter.
 - × Leverantörer vill kunna tillhandahålla information om sönderdelningsutrustning och sållval i kombination med fukthalt i leveransavisering.
 - × Möjlighet finns att ange medianfraktion utifrån kumulativa sållkurvor, kräver dock att man tar sållprover. Gränsvärden för medianvärden kan sättas först då det finns en bättre kännedom om vad som är önskvärt vid olika pann typer.
 - × Det önskas instruktioner för hur man på enklaste sätt tar fram fraktionsfördelningen och hur sållproverna ska tas.

5.1.4 Finfraktionsandel

Mängden finfraktion, den procentuella delen av totalvikten i ett prov, har diskuterats och behandlats tidigare i relation olika standarder. I förslaget från "Produktifiera för att kommunicera" föreslås att använda standarden SS-EN-ISO 17225-1:2014 som i sin tur bygger på intervall om 5 % från **F5** (≤ 5 %) till **F30** (≤ 30 %) och **F30+** (> 30 %). Finfraktionsandelen påverkas bland annat av material och fukthalt, men även av varvtal i huggen, hur vassa knivarna är och storlek på bottensållet. Förbrukarna löser idag eventuella problem med finfraktionsandelar genom att blanda med andra material. Idag görs normalt enbart en okulär bedömning vid ankomst.

Önskvärd information i VIOL3

- Finfraktion är en viktig information för vissa pannor för att göra en bra mix in i pannan och påverkar om man väljer att elda materialet direkt eller lagra och ska därför kunna anges.
 - × Det bör finnas möjlighet att i avtalet markera vilka intervall/klasser som är accepterat inom leveransavtalet.
 - × Önskvärt att kunna ange för hög finfraktionsandel som vrakorsak utifrån specifikation i leveransavtalet.

5.1.5 Trädslagsfördelning

Olika trädslag eller blandningar av trädslag ger en viss variation i bränsleegenskaper. Störst skillnad finns i jämförelsen mellan ädla lövträd och övriga trädslag. Det kan ibland även finnas behov att skilja på löv- och barrträdsbark. Till viss del påverkas energiinnehållet både per vikt- och volymenhet. Information om trädslag och eventuell blandning är dessutom intressant ur ett affärsperspektiv då det ger möjlighet att jämföra priser mellan skogsbränsle och rundvirke. Viktig information vid industriell förbrukning, påverkar lagringsbarheten för tallspån vid pelletstillverkning.

Önskvärd information i VIOL3

- Information om trädslagsblandning bör var möjlig att ange vid leverans. Anges som helhet för leverans eller som information om andelar vid blandning.
 - × Förslag att som lägsta upplösning/informationsnivå utgå från sortimentskoder; barr, tall, gran, löv, ädellöv.
 - × I den mån informationen finns anges trädslagsblandningen som en uppskattad procentandel per sortimentskod. I annat fall enligt följande; >50% barr = barr, >50% löv =löv, >50% ädellöv = ädellöv

5.1.6 Lagring

Lagringsfrågan gäller i detta sammanhang främst träddelar och grot och huruvida man kan förvänta sig gröna barr eller inte i det material som levereras. Information om materialet är täckt eller otäckt finns hos leverantör, men är inte viktig för kund annat än indirekt.

Önskvärd information i VIOL3

- Fokus bör ligga på rätt avverkningstidpunkt och skotningstidpunkt, sönderdelningstidpunkt samt information om täckning i systemet. På så sätt vet man hur länge materialet har lagrat och utifrån de parametrarna kan leverantören bedöma lager och lämpligt tillfälle för leverans. Egenskaper som "färskt" eller "lagrat" fås genom den informationen och bör aviseras vid eller före leverans.
- Under delar av säsongen kan det vara ok att köra in olagrad grot till vissa förbrukare. Det bör därför kunna registreras som ett eget sortiment. Positivt för båda parter att ha den möjligheten.

5.1.7 Sönderdelning

Olika typer av sönderdelningsmetoder påverkar bränslets egenskaper, främst andel finfraktion, viskositet och rasvinklar, och har betydelse för intern bränslematning, lagringsbarhet och förbränning. Det är viktigt att särskilja sönderdelningsmetoderna krossat respektive hugget, särskilt då det gäller grottflis. Vanligen ger krossning en indikation på en högre föroreningsgrad, och påverkar även materialets egenskaper vid inmatning i pannan.

Önskvärd information i VIOL3

- Information om sönderdelningsform ska finnas mottagaren tillhanda före leverans.
- Information om målfraktion ska vara möjligt att ange.

5.1.8 Skrymdensitet

Förhållandet mellan volym och vikt används ibland som en indikator på fukthalt i det bränsle som hanteras på olika ställen. Det bygger vanligen på erfarenhetstal och tumregler, men är ofta till stor hjälp både för att leverera rätt bränsle till rätt kund samt för att snabbt kunna avgöra den interna bränsleplanslogistiken, genom en första uppgift om fukthalt och därmed lagringsbarhet. Skrymdensiteten kan variera mellan olika råmaterial, men även för samma råmaterial, beroende av sönderdelnings- och lastningsmetod, hur materialet har skakat ihop under frakt, samt om det är fruset eller inte.

Önskvärd information i VIOL3

- Intressant information för leverantören vid flisning för att avgöra om materialet är för blött för att vara leveransgillt, eller förvarna kund om att nu kommer ett blött lass. Bör finnas möjlighet att registrera i nya VIOL3.
- Leverantörerna ser gärna att skrymdensiteten finns tillgänglig efter lastning då både skrymvolym och lastvikt finns tillgängliga. En tanke är att leveransaviseringen samlar båda dessa måttuppgifter.

5.1.9 Klassning av biprodukter

Torrflis har behov av fukthaltklassning och möjligen fraktionsklass. För fukthalt gäller förslagsvis:

- < 20 % fukthalt
- 20 % fukthalt
- Eventuellt någon högre fukthaltklass förslagsvis >35 %.

Sågspån behöver klassning efter träslag och eventuellt lagring

- Gransågspån
- Barrsågspån, d.v.s. annat än ren gransågspån.
- Lagrat sågspån

Bark behöver klassa rivning. Därutöver kan fukthalt och trädslag vara av intresse.

- Riven/ej riven
- Fukthalt <60 % eller > 60 %. Gränsen kan sättas individuellt.
- Tall, gran eller björk.

5.1.10 Övriga frågeställningar

Information från avverkningen. Viktigt att "Viol 3.2" stöttar att göra all relevant information tillgänglig för alla handelsled, t. ex. skördardata som avverknings- och skotningstidpunkt. Viktigt att få med information mellan handelsleden. Idag stannar t.ex. avverkningstidpunkt hos andra led och finns inte tillgängligt för 3e handelsled.

Leveransavisering kommer inte med i "Viol 3.1" för biobränsle. Angeläget att få med leveransavisering för att förbättra möjlighet att följa upp veckobeställningar och leveranser, och på så sätt säkra att leverantören får in rätt antal leveranser under en tidsperiod enligt överenskommelse med kund.

5.2 MÄTNING OCH KARAKTÄRISERING AV PRODUKTEGENSKAPER

Delprojektet har utarbetat ett förslag till mätmetoder anpassade för ny produktstruktur och i enlighet med virkesmätningsslagen. Inom delprojektet har det utförts tester och undersökningar av hur mätning av fraktionsfördelning kan ske. Dessutom har möjligheterna till snabbare askhaltsbestämning samt möjligheten att använda bättre erfarenhetstal gällande askhalt från produktionen undersökts.

5.2.1 Fraktionsfördelning

Standarden anger att det är olämpligt att sälla prover upprepade gånger, alternativt för länge, då det kan leda till nötning av materialet, som då innebär att andelen finfraktion ökar (ISO, 2016). Förtester kunde dock inte påvisa några sådana tydliga effekter vid upprepande sällningar, även om finfraktionsandelen för vissa prov ökade något mellan sällningarna. Sammantagen bedömning av förtester var att tio minuters sällning var fullt tillräckligt för de stora prov á 8–10 liter för att nå reproducerbarhet, samt att fem minuter var tillräckligt för de små prov á 2–3 liter som sällades för att studera spridningen. Tre prover sällades direkt efter insamling i rått tillstånd för att sedan torkas på samma sätt som andra prover och sällas på nytt för att påvisa eventuella skillnader mellan dessa sällningar. I denna undersökning var det mycket små skillnader mellan sällning i rått respektive torrt tillstånd. Tendensen var dock att medianfraktionen var något mindre för de torkade proverna samt att andel flis under 7 mm var marginellt större för de torkade proven.

De utförda testerna visar att det är fullt möjligt att uppnå god reproducerbarhet vid sällning av bränsleflis enligt SS-EN ISO 17827-1:2016. En möjlig kritik mot standarden är att de krav på reproducerbarhet som finns känns något irrelevanta samt förutsätter att man har exakt samma håldiameter på de olika säll man jämför. Att istället fokusera på fraktionspercentiler ger mer flexibilitet var gäller olika

håldimensioner när man undersöker reproducerbarhet. Även metodiken för förtorkning (max 40°C) är omständlig om sällning ska utföras i någon större skala. Den metodik som används vid Växjö Energi (torkning i 80°C i åtta timmar och därefter två timmar i rumstemperatur kan nog vara en lämplig metodik för att öka produktiviteten i förtorkningen.

Spridningen i fraktionsfördelning inom en leverans kan variera ganska kraftigt varför det är viktigt att anpassa provtagningen till önskad noggrannhet i mätningen. Hur många prov man ska ta bör styras av vilket behov av noggrannhet man har för det aktuella materialet. Det behovet bör i sin tur bero av hur data om fraktionsfördelning ska användas och varför. Utifrån de resultat som redovisas i denna rapport känns det rimligt att rekommendera minst sex provpunkter per leverans.

En P-klass ska spegla huvudfraktionen i ett bränsleprov och definieras som att minst 60 % ska vara inom den övre gränsen för P-klassen och gränsen för finfraktion. För en P45 ska alltså minst 60% av vikten i provet vara mellan 45–3,15 mm. Resultatet visar att klasserna P16 och P45 förekommer för både grottflisen och trädelsflisen i undersökningen. Resultatet visar även att kopplingen mellan medianfraktion och andra fraktionspercentiler och P-klass är ganska svag. Ett prov som klassas som P45 kan ha en klenare medianfraktion än ett prov som klassas som P16. Detta beror på att finfraktionsandelen inte räknas in i P-klassen. Man bör alltså inte bara beskriva önskat bränsle genom en P-klass, utan även med en finfraktionsandel om man är intresserad av att beskriva även detta.

Utifrån resultatet av sällningar kan det konstateras att finfraktionsandelen för grottflis många gånger ligger på ganska höga nivåer, vanligtvis över 10 % och ibland uppemot 30 %, vilket stämmer bra med andra undersökningar (Ljungberg, 2015) (Eriksson, 2015). De föreslagna gränserna som tagits fram inom detta projekt har med andra ord ganska dålig koppling till hur verklighetens finfraktionsandel normalt ser ut. Detta innebär antingen att gränserna för finfraktionsandel i produkterna bör höjas, alternativt behöver fler produkter läggas till i det tänkta upplägget med fasta BAS-produkter. Det upplägget som finns i ISO-standarderna ger större flexibilitet i att specificera vilka produkttegenskaper ett bränsle har.

5.2.2 Askhalt

Resultaten visar att det finns ett visst glapp mellan de inmätta kvantiteterna aska och de utvägda kvantiteterna aska från produktionen. Skillnaden kan bero på flera olika faktorer, t.ex. p.g.a. att felaktiga värden anges vid inmätningen av bränslet. En annan möjlighet är att det i ett fåtal lass kommer in stora mängder föroreningsaska, som inte fångas upp vid provtagningen av askhalten. Det kan även förekomma oförbrända organiska rester i askan från värmeverket.

Möjligheterna att använda värdena på producerad aska för att förbättra erfarenhetstalet försvåras av att det förekommer en stor variation av sortiment till ett värmeverk. Det blir i praktiken omöjligt att skapa något data över producerad aska som kopplar till sortimenten. Man kan endast skapa ett genomsnitt över andelen producerad aska i relation till total mängd förbränt material, vilket inte kommer ge några möjligheter att skapa bättre erfarenhetstal för olika sortiment.

Endast i situationer när endast en typ av bränsle från en leverantör används på ett värmeverk skulle det kunna vara aktuellt att studera mängden producerad aska för att skapa erfarenhetstal på hur mycket aska materialet innehåller.

5.2.3 Stickprovsmätning via kollektiv

För de parametrar man väljer att inte mäta leveransvis, men som ändå påverkar affären, bör man sätta upp ett kollektiv för stickprovsvis mätning av variabeln (vilket egentligen kan vara alla parametrar i mätningen). Genom att sätta samman flera leveranser och/eller leverantörer i ett kollektiv krävs färre stickprov. Kollektivets storlek och urval beror av hur mycket en parameter tillåts sprida och hur stor variationen i olika leveranser förväntas vara. Kollektivet bör vara framåtriktat för att på så sätt kunna generera ett värde för parametern för varje leverans vid inkörning till industrin. Exempelvis bör askhalten för en inkommande leverans styras av tidigare resultat i kollektivet. Detta innebär att man får en askhalt som är representativ för tidigare leveranser i kollektivet, men inte nödvändigtvis för den aktuella leveransen. Denna typ av upplägg är främst lämplig för att avgöra pris mellan större aktörer som har ett större antal leveranser. Även för sällningen kommer den troligen utföras på ett urval av leveranser i någon form av kollektiv eller liknande struktur. Hur många prov ska tas bör styras av önskad noggrannhet i mätningen. För cellulosafällis styrs antalet leveranser som det tas ur prov på ett önskat medelfel på bestämningen av kollektivets värde.

Eftersom det inte finns någon färdig prismodell för hur fraktionsfördelningen ska påverka priset avseende skogsbränsle kan inte samma beräkning utföras för bränslesortimenten. Man får istället avgöra hur exakt man vill veta t.ex. finfraktionsandelen för ett kollektiv, titta på dess spridning och avgöra lämpligt antal prov därefter. Hur P-klasser ska hanteras i mätningen är något oklart, men borde vara avhängigt på vilken nivå man gör upp affären. Om det ska bestämmas och prissräknas för varje leverans får man nog nöja sig med leverantörens angivelse, alternativt en manuell bedömning av chaufför eller liknande. Om man istället gör upp affär i större perspektiv, t.ex. samtliga leveranser av ett visst sortiment under en månad, kan man tänka sig att slumpa ut ett antal sällningsprov som man använder för att bestämma P-klass på materialet. Utöver ett kollektivupplägg krävs dessutom någon form av modell att hantera informationen från sällningen och annan mätdata så att det kan ge prispåverkan.

Sammanfattningsvis kan man säga att de verktyg som behövs för att kunna mäta andra kvalitetsparametrar finns på plats. Att i nästa steg skapa affärsmodeller och redovisningslösningar för detta kan i så fall leda till att skogsbränsleaffärer kan göras upp på fler sätt än idag. För askhalt känns en kollektivupplägg som ett naturligt steg att ta, även om standardvärden också ger ganska bra resultat. För fraktionsandelar bör man analysera exakt vilka parametrar man vill analysera och hur man vill påverka priset med resultatet, då alla troligen inte har exakt samma målbild. En kombination av P-klass och kollektiv för finfraktion kan troligen vara en framkomlig väg framåt.

5.3 AFFÄRSMODELLER – REDOVISNING OCH KOMMUNIKATION

Delstudien grundar sig på rapporten Produktifiera för att kommunicera (Fridh, 2015 b).

5.3.1 Sortiment

Det nya VIOL 3 som kommer ersätta nuvarande system innebär nya sätt att beskriva det rundvirke och trädbränslesortiment som kommer att handlas med. En av de viktigare förändringarna är ett nytt sätt att beskriva de varor som affärerna avser. Nuvarande system SSTE med betydelsen Sortiment – Trädslag - Egenskap kommer ersättas med en ny struktur Sortimentskategori – Handelssortiment – Produkt. Sortimentskategori kan beskrivas som den ursprungliga råvaran. Exempel på kategorier för de vanligaste kategorierna;

Tabell 2. Sortimentskategorier

Kategori	Namn
410	Träddelar
413	Träddelar, löv
418	Träddelar, ädellöv
500	Bränsleved
503	Bränsleved, löv
508	Bränsleved, Ädellöv
510	Grot
513	Grot, löv
518	Grot, ädellöv
560	Energitorv
603	Energiskog
660	Stubbar
680	Briketter
690	Pellets
800	Sågspån, rå
820	Kutterspån
840	Torrflis
850	Bark
890	Städbark
570	Blandade sortiment

I det arbete som gjorts inom detta delprojekt har studien fokuserats på de skogliga bränslena Träddelar, Grot och Bränsleved samt i viss mån berört de skogsindustriella biprodukterna Sågspån, Bark och Torrflis. Övriga sortiment har inte berörts, men den produktifiering studien visar kan även appliceras på andra bränslesortiment som exempelvis returträ.

I tabellen ovan delas de skogliga sortimenten Träddelar, Grot och Bränsleved upp i kategorierna löv och ädellöv, i de fall lövinslag har betydelse för avsättning och pris. Kategorierna uppstår vid upparbetningen av stammarna. Träddelar avser

avverkning av hela träd där inget rundvirkessortiment tas ut alternativt slutavverkningar där enbart timmersortiment och grövre massaved tas ut och okvistade långa toppar lämnas till bränslekategorin träddelar. Förädlade bränslen och biprodukterna uppstår som ett resultat av industriell bearbetning. De olika kategorierna biprodukter uppstår vid olika steg i den industriella processen. Bark och sågspån härrör från den råa stocken medan torrflis och kutterspån uppstår efter att trävarorna torkats. Blandade sortiment uppstår när två olika bränslen mixas till en målsatt fukthalt, sönderdelningsklass, finfraktionsklass och i enstaka fall askhalt, d.v.s. enligt ett recept som utgör ett handelssortiment. Det kan tyckas strida mot tidigare princip om ursprunglig råvara. Men blandade sortiment kan sägas uppstå i samband med blandningen och kan därför motivera sin benämning som kategori.

5.3.2 Handelssortiment

Ett Handelssortiment beskriver i vilken form och med vilka kvalitetskrav som gäller för att bränslet ska anses vara leveransgillt. Det kan även beskriva om godkänd leverans kan delas upp i flera egenskapsklasser. Exempelvis kan sortimentskategorin Träddelar levereras antingen i ej sönderdelad form eller som flisad/krossad. Träddelarna kan vara antingen vara lagrade eller färska. Sedan kan bränslet vara avtalat om önskvärd kvalitet är enligt TRB-11, men mottagaren kan även tolerera exempelvis TRB-14.

All vederlagsmätning (som affären grundar sig på) ska börja med en mottagningskontroll. Denna ger bland annat svar på om leveransen håller avtalade minimikrav avseende kvalitet. Om kvalitetskraven uppfylls så är bränslet leveransgillt och mätningen fortsätter. Nedan finns ett utdrag ur "Nationella instruktioner för Virkesmätning, kvalitetsbestämning av sönderdelat trädbränsle". Observera att andra kriterier kan avtalas om så erfordras.

Krav på leveransgill skäppa med trädbränsle

Skäppas yta måste vara fullt åtkomlig för inspektion. Ytan får ej vara snötäckt.

Skäppa med sönderdelat trädbränsle får ej innehålla:

- Sten (fraktionsstorlek > 20 mm) eller metall
- Oorganiska föroreningar i övrigt till en mängd överstigande 5 % av totalvikten
- Tjälblock överstigande 30 x 30 x 30 cm. (med tjälblock avses hårt sammanfruset material)

Krav rörande bedömd fraktionsfördelning, t.ex. andel överstora flisbitar, kan avtalas. Krav rörande lägsta torrhalt kan avtalas om mätplatsen har utrustning för torrhaltsmätning.

5.3.3 Produkt

Ett handelssortiment ska innehålla minst en produkt, men kan innehålla fler. Normalt innehåller bränslesortimenten en produkt som utgör leveransgill råvara. Om man däremot önskar kvalitetsätta eller trädslagsklassa leveransen vid mätningen så utgörs dessa av produkter, se exemplet ovan med flisade träddelar;

den önskade klassen TRB-11 och den annars godkända klassen TRB-14. Produkt för enskild leverans, i detta fall TRB-klass, anges vid vederlagsmätningen, figur 1. Av de gränssättande faktorerna erhålls torrhalt från mätmetoden. De övriga faktorerna går i dagsläget inte att praktiskt mäta per leverans. Askhalten, såvida inte förorening tillkommit, kan sättas utifrån ursprungsmaterial eller framåtriktade stickprov. Oavsett blir den inte uppmätt eller skattad per lass, utan sortimentskollektiv. Alltså ingår denna inte i TRB-klassningen.

Varje flishugg kan beskriva vilken fraktionsklass den producerar i normala fall. Men tyvärr så ger skadade huggstål sämre utfall och dessa måste fångas upp på något sätt. I en framtid kan scanning och bildtolkning bli en metod att klara det momentant, men där är vi inte ännu. Följaktligen måste ett mänskligt öga avgöra om flisen håller sin normala klass eller om det är ett sämre utfall. Finfraktionen är den faktor som är svårast att avgöra genom okulär bedömning. Dessutom varierar denna med kända faktorer, men även utan kända orsaker. Ska den anges per leverans så blir det med rejält mått av osäkerhet.

För både Fraktionsklass och Finfraktionsandel kan det bli frågan om 'felsökning' och detta följs sedan upp med fraktionssällning under förutsättning att utrustning och tid finns för förfarandet. När samtliga faktorer som ingår för TRB-klassbestämning finns tillgängliga blir det upp till mätaren att registrera vilken produkt leveransen har.

BAS Produkt Söndedelat	Karaktär	Gränssättande egenskaper				Informativa egenskaper		
		Fukthalt (%)	Askhalt (%)	Fraktion (klass)	Fin- fraktion	Skrym- densitet	Ursprungsmaterial	
							1	2
TRB-1	Mycket torrt & fint	M25	A1.0	P16	F35	BD150	Biprodukt	Flis
TRB-2	Torrt & mellangrovt	M35	A1.0	P45	F15	BD150	Primärved	Stamved
TRB-3	Halvtorrt & fint	M45	A1.0	P16	F20	BD150	Primärved	Stamved
TRB-4	Halvtorrt & mellangrovt	M45	A1.0	P45	F15	BD250	Primärved	Stamved
TRB-5	Halvtorrt & grövre	M45	A1.0	P63	F10	BD250	Primärved	Stamved
TRB-6	Fuktigt & mycket fint	M45+	A1.0	P16	F10	BD200	Biprodukt	Sågspån
TRB-7	Fuktigt & fint	M45+	A1.0	P16	F20	BD150	Primärved	Stamved
TRB-8	Fuktigt & mellangrovt	M45+	A1.0	P45	F15	BD250	Primärved	Stamved
TRB-9	Fuktigt & grövre	M45+	A1.0	P63	F10	BD250	Primärved	Stamved
TRB-10	Torrt & mellangrovt	M35	A3.0	P45	F15	BD150	Primärved	Grenar, toppar Helträd u rot
TRB-11	Halvtorrt & mellangrovt	M45	A3.0	P45	F15	BD150	Primärved	Grenar, toppar Helträd u rot
TRB-12	Halvtorrt & grövre	M45	A3.0	P63	F10	BD250	Primärved	Grenar, toppar Helträd u rot
TRB-13	Fuktigt & mellangrovt	M45+	A3.0	P45	F15	BD250	Primärved	Grenar, toppar Helträd u rot
TRB-14	Fuktigt & grövre	M45+	A3.0	P63	F10	BD250	Primärved	Grenar, toppar Helträd u rot
TRB-15	Bark	M45+	A7.0	P45-P100	F05	BD350	Primärved	Bark

Figur 1 . Förslag till produktklasser enligt TRB-klassning.

5.3.4 Prissättning

Prisräkning av ett Handelssortiment sker per produkt. Man kan också ha differentierade priser efter torrhaltsnivåer eller fraktionsklasser. Om inget skäl finns att differentiera prissättning så räcker det med en produkt för aktuellt handelssortiment. Är torrhalt det enda kriteriet för differentierade priser så räcker det ändå med en produkt. Prisdifferentieringen sker genom stafflade priser efter torrhaltsnivåer. Detsamma gäller om enbart fraktionsfördelning är grunden. Prissättning sker då per fraktionsklassfördelning från sållningsresultat enligt stickprov. Ligger två eller fler faktorer gemensamt till grund för olika prissättning måste handelssortimentet innehålla fler produkter och inmätningen registrerar vilken produkt aktuell leverans håller.

Produkt för enskild leverans, i detta fall TRB-klass, anges vid vederlagsmätningen. Av de gränssättande faktorerna erhålls torrhalt från mätmetoden. De övriga faktorerna går i dagsläget inte att praktiskt mäta per leverans.

Kategori	Kategori namn	HS, kod			Produkt	Produkt	Produkt	Produkt	Produkt	Produkt	Produkt
500	Stamvedsflis	639-1	Stamved flisad, ej fördelat		639						
501	Stamvedsflis	639-2	Stamved flisad, Fördelat på produkter		TRB2	TRB3	TRB4	TRB5	TRB7	TRB8	TRB9
502	Stamvedsflis	639-3	Stamved flisad, fördelat på FH-klasser		639	Priser enligt torrhaltsskaller i prislista					
503	Stamvedsflis	639-4	Stamved flisad, fördelat på fraktionsklasser	Från sållning	F1	F2	F3A	F3B	F4	F5	
649	Grot	649-1	Grot hel		519						
649	Grot	649-2	Grot flisad, ej fördelat		649						
649	Grot	649-3	Grot flisad, fördelat på produkter		TRB10	TRB11	TRB12	TRB13	TRB14		
649	Grot	649-4	Grot flisad, fördelat på FH-klasser		649	Priser enligt torrhaltsskaller i prislista					
649	Grot	649-5	Grot flisad, fördelat på fraktionsklasser	Från sållning	F1	F2	F3A	F3B	F4	F5	
649	Grot	649-6	Grot flisad, färsk		TRB13						
800	Sågspån	809-1	Sågspån, barr		800						
800		809-2	Sågspån, gran		801	802					
800		809-3	Sågspån, löv		803						
859	Bark	859-1	Bark, ej riven		850						
859		859-2	Bark, riven		850						
859		859-3	Bark riven fukthaltsskaller		850	Priser enligt torrhaltsskaller i prislista					

Figur 2. Förslag till struktur över nya handelssortiment och produkter.

Ovanstående figur 2 är några förslag på hur handelssortiment skulle kunna beskrivas i VIOL 3. Träddelar är inte beskriven, men kan hanteras på samma sätt som Grot.

Flisad grot kan då enligt tabellen avtalas på följande sätt;

- Utan någon uppdelning av sortimentet,
- Med pristrappa kopplat till två eller flera fukthaltsintervall
- Med prissättning efter fraktionsfördelning,
- Efter uppdelning i TRB-klasser.

I hanteringen av TRB-klasser är det praktiskt svårt att hantera mer än två klasser. Därmed bör man välja ut en klass som motsvarar den önskade och avtalade kvaliteten, samt en klass som klarar kraven för godkänd leverans.

Kunder som finner det motiverat kan också sätta ihop handelssortiment utifrån enskilda parametrar istället för TRB-klass, jämför tabell 1 respektive figur 1. Exempelvis på ett sortiment som beskrivs på detta sätt:

- M45
- A7.0
- P63
- F10

Den specifikationen kan uppnås av flis från flera sortimentskategorier. Men det kan ett bli billigare bränsle genom blandning av stamvedsflis och bark.

5.4 FALLSTUDIER AV TYPFLÖDEN

I arbetet genomfördes tre fallstudier där olika typflöden genomlystes tillsammans med avtalsparterna. Målet var att djupare identifiera enskilda flöden och dess olika behov av data och information än vad som varit möjligt i tidigare delprojekt.

5.4.1 Fallstudie 1

Studien genomlyste ett avtal gällande grotflis från leverantör A till mottagare M1.

Tabell 3. Fallstudie 1 - ingående parter och sortiment.

Mottagningsplats M1				
Sort. kat.	Handelssortiment	Beskrivning	Handelsmått	Anmärkning
50	5090 Spån		MWh	Prisreglerat på månadsmedelvärde
51	519(0) Grotflis		MWh	
51	519(1) Bark		MWh	

I avtalet finns utrymme att även leverera vissa volymer av spån och bark. I avtalet efterfrågas bränsle med torrhalter inom 50 – 65%. Detta regleras med en pristrappa som ger bäst pris om medelvärdet ligger inom rätt spann på en månad. Ligger medelvärdet utanför spannet görs prisavdrag, det sker främst vid för torra leveranser. Detta innebär att affären kräver daglig handpåläggning av logistikern

som håller koll på ackumulerad medeltorrhalt. Grot, spån och bark har olika torrhalter och detta används för att justera medeltorrhalten i slutet av varje leveransmånad. Det finns inga angivna kvoter mellan de olika sortimenten i avtalet.

Från leverantör A finns önskemål om att ersätta på lassnivå istället för månadsmedelvärde. Leverantör A är avtalspart men det finns ett samarbete med leverantör B som levererar på avtalet. Detta försvårar överblick och leveransplanering utifrån det önskade månadsmedelvärdet då man saknar information om de andra leverantörernas torrhalter.

De viktigaste frågorna var framtida möjligheter att styra och följa information om varje enskild leverans från skog till panna.

Värdefull information

- Information om avverknings- och skotningstidpunkt
- Information om sönderdelningsmetod, målfraktion och finfraktionsandel
- Implementerade prognosverktyg som tar hänsyn till geografisk och meteorologisk information för varje avlägsplats

Diskussionen berörde även framtida möjligheter för automatiserade mätplatser med utvecklad teknik, exempelvis artificiell intelligens som ett led till snabbare informationshantering.

5.4.2 Fallstudie 2

I denna studie genomlystes två separata flöden från leverantör C till mottagningsplats M2 respektive mottagningsplats M3. Mottagningsplatser tillhör samma organisation men ligger geografiskt skilda åt.

I avtalen hanteras de sortiment som beskrivs i tabell 4.

Tabell 4. Fallstudie 2 - ingående parter och sortiment.

Mottagningsplats M2				
Sort. kat.	Handelssortiment	Beskrivning	Handelsmått	Anmärkning
50	5090 Bränsleved		M3fub	Max 70 cm
51	519(0) Lösgrot	Lagrat	MWh	
51	519(1) Lösgrot	Färskt	MWh	Destineras om
41	4193 Träddelar	Färskt/Lagrat	Ton	
Mottagningsplats M3				
Sort. kat.	Handelssortiment	Beskrivning	Handelsmått	Anmärkning
51	519(0) Lösgrot	Lagrat	MWh	
51	519(1) Lösgrot	Färskt	MWh	

Det uppkom intressanta diskussioner rörande lagringskravet på lösgrot. Då mottagningsplatsen har egen utrustning för sönderdelning har man sett att ett lagrat material beter sig annorlunda jämfört med ett färskt material vid krossningen. Lagringskravet är således inte primärt för materialets bränsleegenskaper, utan för att säkerställa att man får fram önskad målfraktion i sönderdelningen.

Värdefull information

- Avverkningstidpunkt bör komma med i hanteringen. Lagrat respektive färskt material är två olika produkter och ersätts med olika priser.
- Skotningstidpunkt är intressant för att avgöra om lagring skett på hygge eller vid bilväg.
- Torrhaltsinformation före leverans. Informationen kan baseras på prognoser med relativt bra noggrannhet. Anses vara viktigt för att:
 - × Kunna destinera bränslet till rätt plats på bränsleplanen
 - × Kunna blanda och lagra rätt bränsleblandningar
 - × Vid den ena av mottagningsplatserna går det flisade bränslet rakt in till pannan.
 - × Leveransavisering skulle ge ett bättre tidsfönster och förbättra möjligheterna att destinera om lass istället för att avvisa dom.

Var finns informationen och hur kan den tas till vara och användas?

Från skördaren:

- Avverkningstidpunkt med datum från skördaren ger möjlighet att beräkna lagringstid.
- Informationen finns lagrat i skördarens produktionsfil tillsammans med trädslagsfördelning, volymuppgifter och geografisk position av grothögarna på hygget.

Från skotaren:

- Skotningstidpunkt med datum och vikt bör gå att erhålla genom kranspetsvägar eller skattning. Även en skattad eller prognosticerad torrhalt bör gå att registrera vid skotningstillfället.
- Information huruvida vältorna är täckta bör ingå i informationen som skickas i skotarens produktionsrapportering
- Information om vältornas placering med tanke på metod för sönderdelning bör skickas i skotarens produktionsrapportering. Detta extra viktigt för att kunna köpa vältor från andra leverantörer.

Från sönderdelaren:

- Sönderdelningstidpunkt med datum och vikt/volym med hjälp av lastceller eller motsvarande. Även en skattad eller prognosticerad torrhalt bör gå att registrera vid sönderdelningstillfället.
- Traktorhuggar kan idag använda "Rapp" för produktionsrapportering. Kvantitetsinfo, volym och vikt, men inte torrhalt.
(I appen kallas detta för skotarrapportering eftersom flisning inte finns som produktionsform, men bör gå att ordna med en uppdatering).

Från transportören:

- Lastbilar kan idag kommunicera med Biometria via befintliga system, men kan inte meddela information om torrhalter. De kan dock meddela transportuppgifter, kvantiteter och bedömda ankomsttider (leveransavisering).
- Volym och vikt ger en ungefärlig torrhalt.

- Vägtransportstidpunkt med datum ger total lagringstid.
- Uppgifterna bör kunna användas av mätande företag, köpare, säljare och transportföretag

Ankomst och vederlagsmätning bör kunna:

- Registrera produkt (produkten blir ett resultat av mätningen)
- Ge svar om på vikt, torrhalt, finfraktion (ev. som kollektiv) och målfraktion
- Ge svar om lagringstid
- Askhalt (vid behov)
- Rapporteras av mätande företag
- Lagras VIOL 2 och 3
- Ge resultat att användas av köpare, säljare, transportföretag som vederlag
- Ge snabba mätresultat. Alla resultat ska vara tillgängliga så fort det finns ett resultat.

5.4.3 Fallstudie 3

I denna studie genomlyses ett affärsupplägg enbart bestående av biprodukter (tabell 5) från leverantör D till mottagare M4. Leveranserna sker året runt och torrhaltsbestämning sker vid leverans. Torrflis är oftast homogent.

Tabell 5. Fallstudie 3 - ingående parter och sortiment.

Sort. kat.		Mottagningsplats M4			
		Handelssortiment	Beskrivning	Handelsmått	Anmärkning
50		5090 Bränsleved		M3fub	Max 70 cm
51		519(0) Lösgrot	Lagrat	MWh	
51		519(1) Lösgrot	Färskt	MWh	Destineras om
41		4193 Träddelar	Färskt/Lagrat	Ton	

I affärsavtalet finns en pristrappa som straffar leveranser av fuktig flis. De olika stegen i trappan ligger utanför de klasserna som diskuterats i "TRB-förslagen". Prismodellen fokuseras enbart på torrhalt då det finns ett fraktionssåll integrerat i produktionen som ger en homogen fraktionsfördelning. I förlängningen kan stegen i pristrappan utgöra egna produktklasser eller egna produkter för torrflis i VIOL3.

Under fallstudien diskuterades exempel från Biometria på vilka SSTE som är frekvent använda och vilka som endast är sporadiskt använda nationellt. Där framkom att det finns många handelssortiment upplagda på 64XX, likaså på 80XX, ex 80 2 = torrspån.

5.5 FÖRSLAG TILL KLASSNING OCH KARAKTÄRISERING AV SKOGSBRÄNSLE

Förslaget till klassning bygger på tabell 1 och har framarbetats och verifierats av projektets medlemmar. För att få ett hanterligt antal möjliga klasser finns mycket att vinna genom att utgå från ursprungsmaterialet. Utifrån ursprungsmaterial ges god information om faktorerna askhalt och torr/rå-densitet. I viss mån kan även

finfraktionsandelen begränsas till ett fåtal klasser. TRB-klasserna fyller relativt väl det behov av klassning som gäller avtal och leverans.

De verktyg som behövs för att kunna mäta kvalitetsparametrarna finns på plats. Fukthalt är idag den enda egenskap som mäts per leverans. Genom okulär bedömning kan man vanligen skatta om avtalad fraktionsklass hålls eller underskrids. Askhalt och fraktionssammansättning kan bestämmas genom stickprov och tillhörande kollektiv.

Att i nästa steg skapa affärsmodeller och redovisningslösningar för detta kan leda till att skogsbränsleaffärer kan göras upp på fler sätt än idag.

Det nya VIOL 3 kommer att innebära nya sätt att beskriva rundvirke och trädbränslesortiment. En av de mest påtagliga förändringarna är ett nytt sätt att beskriva de varor som affärerna avser. Nuvarande system (SSTE) med betydelsen **Sortiment – Trädslag - Egenskap** kommer ersättas med en ny struktur **Sortimentskategori – Handelssortiment – Produkt**. Sortimentskategori kan beskrivas som den ursprungliga råvaran. Detta projekt har fokuserat på de skogliga bränslena Träddelar, Grot och Bränsleved samt i viss mån berört de skogsindustriella biprodukterna Sågspån, Bark och Torrflis. Övriga sortiment har inte berörts, men den produktifiering studien visar kan även appliceras på andra bränslesortiment som exempelvis returträ.

Ett Handelssortiment beskriver i vilken form och vilka kvalitetskrav som gäller för att bränslet ska anses vara leveransgillt. Det kan även beskriva om godkänd leverans kan delas upp i flera egenskapsklasser. Sedan kan bränslet vara avtalat om önskvärd kvalitet är enligt TRB-11, men mottagaren kan även tolerera exempelvis TRB-14., se figur 1 för förslag till produktklasser enligt TRB-klassning. All vederlagsmätning ska inledas med en mottagningskontroll. Denna ger bland annat svar på om leveransen håller avtalade minimikrav avseende kvalitet. Ett handelssortiment innehåller minst en produkt, men kan innehålla fler. Normalt innehåller bränslesortimenten en produkt som utgör leveransgill råvara. Om man däremot önskar kvalitetssätta eller trädslagsklassa leveransen vid mätningen utgörs dessa av olika produkter. Av de gränssättande faktorerna erhålls torrhalt från mätmetoden. De övriga faktorerna går i dagsläget inte att praktiskt mäta per leverans.

Prisräkning av ett Handelssortiment sker per produkt. Man kan också avtala om differentierade priser efter torrhaltsnivåer eller fraktionsklasser. Prisdifferentieringen sker genom stafflade priser efter torrhaltsnivåer. Produkt för enskild leverans anges vid vederlagsmätningen. Kunder som finner det motiverat kan också sätta ihop handelssortiment utifrån enskilda parametrar istället för TRB-klass, se tabell 1. Den specifikationen kan uppnås av flis från flera sortimentskategorier.

Med de begränsade möjligheterna att mäta per lass kan man välja att enbart mäta den faktor som har störst inverkan på bränslets användbarhet. Vanligen går man då enbart på fukthalt. Fraktionssällning via stickprov kan ge en fraktionsfördelning och därmed möjlighet att prissätta efter fraktionsklass. Ett tänkbart alternativ är att mätaren får i uppgift att sätta produktklass på leveransen när fraktionsbedömning är gjord och fukthalten är bestämd.

5.5.1 Kartläggning av tillgängliga och önskvärda data

Redan idag finns stora mängder information och mätdata längs flödet från skog till industri. Problemet är att dessa data är spridda i olika delar av företagens interna system eller hos enskilda tjänstemän eller entreprenörer. När det gäller skogsbränsle är endast en liten andel av informationen tillgänglig via Biometrias informations nav VIOL. Nedan i tabell 6 finns en sammanställning av de data och informationer som på något sätt finns tillgängliga i dag och även de önskvärda framtida data som inom kort bör kunna finnas om branscherna tydligt efterfrågar dem. Framförallt data om kvantitet och fukthalt bedöms som mycket relevanta att ha bättre precision kring.

Tabell 6. Sammanställning av data och informationer som finns tillgängliga idag respektive är önskvärda för framtiden, kvantitet, fukthalt och fraktion.

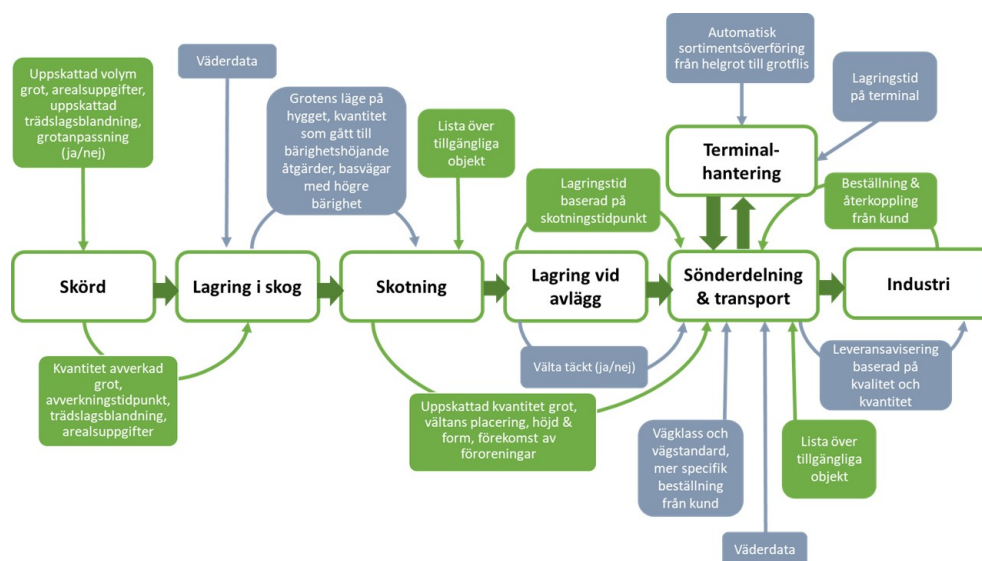
	KVANTITET	FUKTHALT	FRAKTION
PRODUKTIONSDATA			
<i>Tillgänglig data/info</i>	Skattning av volymsuttag		
<i>Framtida data/info</i>	Inmätt volym från skördare	Torrhaltsprognoser Data från sönderdelning	Data från sönderdelning Erfarenhetstal
<i>Säkerhet/precision</i>	<i>Relativt god precision</i>	<i>Relativt god precision</i>	<i>Svårt att uttala sig om</i>
<i>Vem behöver, när?</i>	Säljare/Planerare	Planerare- flisning/transp.	Leveransansvarig
<i>Värde/nytta av info?</i>	<i>Stort värde - prognos/sälj</i>	<i>Stort värde - prognos/sälj</i>	<i>Varierande - men troligen</i>
<i>Påverkan på beslut?</i>	<i>Nej</i>	<i>Ja</i>	<i>Inte i dagsläget</i>
TRANSPORTDATA			
<i>Tillgänglig info</i>	Lastfyllnadsgrad	Lastfyllnadsgrad	
<i>Framtida data/info</i>			
<i>Säkerhet/precision</i>	<i>Medelgod precision</i>	<i>Medelgod precision</i>	
<i>Vem behöver, när?</i>	Planerare- flisning/transp.	Leveransansvarig	
<i>Värde/nytta av info?</i>	<i>Varierande - men troligen</i>	<i>Stort värde - energieffektiv.</i>	
<i>Påverkan på beslut?</i>	<i>Varierande - men troligen</i>	<i>Transportkostnad -ja/nej?</i>	
MÄTNING			
<i>Tillgänglig info</i>		Volym och vikt - indikation	Provtagning
<i>Framtida data/info</i>		Mätning vid lev, provtagning	Sållning. Kollektiv?
<i>Säkerhet/precision</i>		<i>Relativt god precision</i>	
<i>Vem behöver, när?</i>		Affärs/redovisningsansvarig	
<i>Värde/nytta av info?</i>		<i>Stort värde</i>	<i>Varierande - men troligen</i>
REDOVISNING			
<i>Tillgänglig info</i>			
<i>Framtida data/info</i>	Sammanhållen datakedja	Sammanhållen datakedja	Sammanhållen datakedja
<i>Säkerhet/precision</i>			
<i>Vem behöver, när?</i>			
<i>Värde/nytta av info?</i>	<i>Relativt stort värde</i>	<i>Stort värde</i>	<i>Varierande - men troligen</i>

Det finns även en rad annan information om skogsbränslet i dessa system som är relevant för hanteringen och affären, så som färskhet, trädslag, lagring och metod för sönderdelning. Även denna typ av information bör vara intressant att bygga in i framtida system.

Tabell 8. Sammanställning av data och informationer som finns tillgängliga idag respektive är önskvärda för framtiden, färskhet, trädslag, sönderdelning och lagring.

	FÄRSKHET	TRÄDSLAG	SÖNDERDELNING	LAGRING
PRODUKTIONSDATA				
<i>Tillgänglig data/info</i>	Avverkningstid	Traktinfo	Tidpunkt	Info om lagringsplats
<i>Framtida data/info</i>	Torrhaltsprognos		Vikt/Volym/Fukthalt	Torrhaltsprognos Vältplacering
<i>Säkerhet/precision</i>	<i>Relativt god</i>	<i>God</i>		
<i>Vem behöver, när?</i>	Leveransansvarig		Kopia skotarrapport	Leveransansvarig
<i>Värde/nytta av info?</i>	<i>Ja</i>	<i>Ja</i>	<i>Varierande</i>	<i>Ja</i>
<i>Påverkan på beslut?</i>	Skotningstid		Utrustning/teknik	
TRANSPORTDATA				
<i>Tillgänglig info</i>			Produktionsrapportering	Avstånd
<i>Framtida data/info</i>			Vikt/Volym/Fukthalt	Läge - enskilda väg?
<i>Säkerhet/precision</i>				
<i>Vem behöver, när?</i>			Leveransavisering	Leveransansv./panna
<i>Värde/nytta av info?</i>	<i>Varierande</i>	<i>Ja</i>	<i>Varierande</i>	<i>Varierande</i>
<i>Påverkan på beslut?</i>	<i>Val av kund/lagring</i>	<i>Ja, kund</i>	<i>Val av kund</i>	<i>Val av kund/lagring</i>
MÄTNING				
<i>Tillgänglig info</i>			3:de produktionsform?	
<i>Säkerhet/precision</i>			<i>Metod; hugg/kross</i>	
<i>Vem behöver, när?</i>			<i>1 eller 0 för kund</i>	
<i>Värde/nytta av info?</i>				
REDOVISNING				
<i>Överföring av data mellan olika led</i>			Koppling avtalsobjekt Mätning	Koppling avtalsobjekt

Utifrån respondenternas beskrivningar av försörjningskedjorna kan befintligt informationsflöde respektive önskat beskrivas enligt Figur 3 (Holappa Jonsson m fl, 2019). De gröna figurerna motsvarar den information som idag endast finns tillgängligt internt och därmed kräver handpåläggning. De grå figurerna motsvarar information som inte finns idag men som respondenterna anser vara till nytta inför de olika processerna och skulle kunna ge ett ökat värde för hela försörjningskedjan.



Figur 3. Informationsflöde i försörjningskedjorna. De gröna figurerna motsvarar information som finns tillgänglig internt men som inte överförs automatiskt. De grå figurerna markerar önskad information.

5.5.2 Nyttokalkyler

Utifrån ovan kartlagda informationer och mätdata har projektet kartlagt och beskrivit möjligheter att fånga upp dessa i dagens system. Projektet har även försökt värdera dessa informationer i relation till dagens affär och hanteringskedja.

Genom att hantera försörjningskedjan som en värdekedja blir både kvantitet och kvalitet viktig, vilket innebär ett ökat fokus på värdeskapande processer och borde kunna innebära bättre resursutnyttjande.

Mycket av den administrativa tiden går idag till att felsöka och reda ut vad som hänt i tidigare hanteringsled. Digitala system- och beslutstöd skulle både ge en högre kvalitetssäkring och effektivisera berörd personals hantering. Exempelvis har Södra gjort bedömningen att en automatisering av deras informationsflöde skulle bespara deras personal ungefär två timmars arbete i veckan. Med tanke på att de har 19 skogsvårdsledare som idag hanterar skogsbränslet skulle det innebära 1 900 timmar på ett år, bara för Södras del (Holappa Jonsson m fl, 2019).

Kvantitet

Idag sker vanligen en grov uppskattning av mängden möjlig skördad grot av en virkesköpare eller en planerare. För att få en mer tillförlitlig uppfattning av uttagen volym samt dess läge på hygget finns möjlighet att installera och använda en modul för beräkning av skogsbränsle baserat på skördardata som möjliggör positionsbestämning och prognoser av avverkade kvantiteter skogsbränsle (Bhuiyan m fl, 2012). Informationen från skördaren har integrerats som kartlager för att visualisera skogsbränslet i GIS-program, vilket även ger skotarföraren information om var bärighetshöjande åtgärder är utförda (Möller m fl, 2009). Det finns även möjlighet för vidare justering vid grotskotning, då en del grot ibland behöver läggas i stickvägen vid terrängtransport. Denna beräkningsfunktion finns

tillgänglig via Biometria. Detta skulle medföra en god volymsuppskattning och även ge en säker information av trädslagsblandningen och positionen på groten.

I dag finns ingen möjlighet att via VIOL ange och rapportera då materialet övergår till ett sönderdelat sortiment i hanteringskedjan. Men en tredje produktionsform skulle kunna registreras via en app (RAPP) och utgå från information från sönderdelningen. Produktionsrapportering av sönderdelade volymer skulle kunna göras i form av en kopia på rapport från skotning. En sådan lösning skulle utgå från samma volymer men anges i ton i skotningen och som m³s i sönderdelningen.

Fukthalt

Oavsett vilka preferenser mottagande kund har önskar man ett material som håller en jämn och förutsägbar fukthalt. Om kunden får ett torrare material innebär möjlighet för lagring samt att man kan bland flisen med ett blötare, billigare material, till exempel bark. Dagens kundanpassning sker genom att entreprenörerna som ansvarar för sönderdelning och transport har kännedom om kundernas önskemål och förutsättningar. På så vis försöker de välja objekt utifrån lagringstid och trädslagsblandning så länge det inte påverkar transportavstånden nämnvärt.

Idag finns relativt säkra informationer om fukthalten i materialet vid avverkning. Genom att använda denna information som ingångsvärden i torrhaltprognoser kan leverantören av skogsbränsle få en indikation på torknings- och återfuktningsprocesser. Modeller för skattning av uttorkning och återfuktning av grenar och toppar på hygge och i välta har utvecklats baserat på väderdata samt uppgifter om biomaterialets sammansättning och initiala fukthalt (Routa m fl, 2015). Dessa prognosfunktioner bör dock verifieras och förfinas ytterligare, men kan redan idag ge en god indikation. Upp till 80% av de dagliga förändringarna av fukthalter kan modelleras. Uppläggning vid väg, medföljande snö vid flisning, effektiv täckning av vältorna och variationer i initial fukthalt hos materialen är viktiga komponenter att utveckla för att minska variationen mellan prognos och praktiskt resultat.

På så sätt kan flöde och lager prognosticeras och fungera som beslutsunderlag och stöd vid beslut om sönderdelning och leverans. Till detta behövs data om avverknings- och skotningstidpunkt, koordinater för hygge och lagringsplats, information om kvaliteten på lagringsförutsättningarna i vältan (uppläggning av grot, täckning, samt bedömning av vind- och solexponering). Sveaskog har byggt ett eget internt system för detta. Utifrån betygssättningar av ovanstående faktorer och bedömning av säsongsklimat sätter man kvalitetsstämplar på materialet där det anges om man kan leverera året om, under våren eller enbart under sommaren.

Denna information skulle kunna användas som beslutsunderlag för hantering av material och för att påverka dess egenskaper i de fall man önskar styra mot en specifik produkt. Dessutom skulle det ge god input för att ha koll på skogslager och för att kunna göra en säkrare prognos på vilka volymer och egenskaper man kan leverera i olika tider. Informationen skulle kunna användas vid beslut om när materialet är leveransklart beroende av kundens önskan av fukthalt samt hur man bör sönderdela för att få lämplig fraktion till lämplig kund. Idag gör entreprenören en okulär skattning av fukthalten i materialet vid sönderdelning. Vanligen är den

tillräckligt god för att fungera som beslut för leverans, och i vissa fall styrs enskilda lass bort från särskilda kunder med detta som underlag. Skulle man kunna mäta fukthalt vid sönderdelningen skulle det ha ett värde som beslutsunderlag för ruttplanering av sönderdelning och styrning av transporter samt dess energieffektivitet (von Hofsten m fl, 2018).

Denna information om materialet (fukthalt, färskhet, fraktionsfördelning) skulle även vara relevant för kunden för bedömning av dess lämplighet att lagras eller för direkt förbränning i pannan (Gunnarsson, m fl, 2016). I en studie simulerades olika scenarion där man valde trakter för sönderdelning beroende av avverkningsdatum, avstånd till närliggande trakter och kund, samt med olika kvalitetsstyrning med avseende på fukthalt, så jämn som möjligt under året alternativt så låg fukthalt som möjligt under vintern (Holappa Jonsson, 2019). Att kunna hantera en varierad efterfrågan med samma maskinresurser genom aktiva val innebär en rad fördelar (Eriksson, m fl, 2017). Samma energimängd kunde då levereras med färre maskintimmar och därmed mindre energiåtgång och miljöbelastning. Ekonomiskt är det fördelaktigt att kunna nyttja en resurs så effektivt som möjligt under året, då onödig överkapacitet kostar mycket pengar. Vidare är en jämnare arbetsbelastning bra för entreprenören och maskinförarna. Vid planering av arbetsresurser kan t.ex. en ökad efterfrågan hanteras genom att någon huggbil går upp på tvåskift under en period. Omfördelningen är möjlig genom att mer information adderas i försörjningskedjan. Både information om objektens geografi samt förväntad kvalitet har i simuleringarna visats kunna förflytta arbetstimmar från toppplastmånaderna till övriga månader. Resultaten visar att det finns en klar vinst i systemet i form av ökat energiinnehåll under perioden november – februari. Bättre prognoser skulle sannolikt kunna motverka den minskning av energiinnehåll som i simuleringen, och även ofta i verkligheten, infaller i mars.

Det är inte utrett med vilken noggrannhet det går att mäta fukthalten i en huggmaskin. Troligtvis är det utmanande att mäta fukthalten kontinuerligt på millisekund- eller sekund-nivå. Däremot är det troligtvis möjligt att estimerar fukthalten sett över en längre tidsperiod eller för en större mängd träflis (delar eller hela lasset på en flisbil).

Fraktion

Finfraktionsandelen påverkas bland annat av material (grot, träddeklar) och fukthalt, men även av hur och med vilken teknik som sönderdelning har utförts. Eventuella problem med höga finfraktionsandelar hanteras idag genom att blanda med andra material. Finfraktionsandel är en viktig kvalitetsparameter, eftersom mottagande kunders pannor är olika väl anpassade till att hantera olika fraktionsstorlekar. Dock är kunskapen relativt låg, och det finns begränsade dokumenterade erfarenheter gällande klimatprestanda respektive förbränningseffektivitet i olika pannor kopplat till finfraktionsandelar. Kännedomen att finfraktionsandelen påverkar fukthalten och lagringsbarheten är dock spridd, men få aktörer har gjort direkta ekonomiska kalkyler baserat på detta. Trots att det går att mäta finfraktionsandelen genom sällprov anser många av aktörerna i branschen att det är svårt att dra slutsatser direkt kopplade till råvarans egenskaper.

Skogforsk har försökt att göra skattningar och ta fram erfarenhetstal av fraktionsfördelningar respektive finfraktionsandelar utifrån trädslag, sortimentsgrupp, om materialet är färskt eller lagrat samt vald sönderdelningsutrustning. Men de påverkande faktorerna är alltför många för att kunna ta fram kvalitetssäkrade erfarenhetstal.

Övriga informationer

Lagringsfrågan gäller främst huruvida man kan förvänta sig gröna barr eller inte i det material (träddelar och grot) som levereras. Många pannor kan inte ta emot olagrat material (grön grot) då man i så fall får problem med slitage och höga Nox-halter, men under vissa perioder av året kan en del pannor hantera detta. Eftersom organisationerna även har som ambition att omsätta terminallager så snabbt som möjligt, behövs information om hur länge groten eller grotflisen lagrats vid terminal. Informationen behövs även för att minska lagringsförluster som medför både ekonomiskt svinn och leder till minskat energiinnehåll per volym. Det har även investerats både tid, pengar och energi (diesel) som gör att balansen energi in/ut försämras i hanteringen.

Olika trädslag eller blandningar av trädslag ger en viss variation i bränsleegenskaper, och vissa pannor kan av olika skäl inte hantera flis från ädla lövträd. Det kan ibland även finnas behov att skilja på löv- och barrträdsbark. Vid industriell förbrukning och pelletstillverkning är det önskvärt att skilja på tallspån då det påverkar lagringsbarheten.

Olika typer av sönderdelningsmetoder påverkar bränslets egenskaper och har betydelse för intern bränslematning, lagringsbarhet och förbränning. Mindre pannor kan vanligen inte ta emot krossat material. Vanligen ger även krossning en indikation på en högre föroreningsgrad, och påverkar även materialets egenskaper vid inmatning i pannan.

6 Slutsatser

- Projektet har tagit fram, verifierat och förankrat konkreta förslag till överenskommelse om klassning och karaktärisering av skogsbränslen samt mätmetoder, prismodeller och redovisningslösningar anpassade till ny produktstruktur.
- Genom att sätta samman egenskaper kan en unik produktbeskrivning skapas. Framtagande av nya affärsmodeller och redovisningslösningar kan leda till att skogsbränsleaffärer kan göras upp på fler sätt än idag.
- Nya VIOL3 kommer att innebära nya sätt att beskriva rundvirke och trädbränslesortiment i en ny struktur *Sortimentskategori – Handelssortiment – Produkt*. Sortimentskategori kan beskrivas som den ursprungliga råvaran. Handelssortiment beskriver i vilken form och vilka kvalitetskrav som gäller för att bränslet ska anses vara leveransgillt och innehåller minst en produkt som utgör leveransgill råvara. Önskar man kvalitetssätta eller trädslagsklassa leveransen utgörs dessa av olika produkter.
- Prisräkning av ett Handelssortiment sker per produkt. Man kan även ha differentierade priser efter torrhaltsnivåer eller fraktionsklasser. Handelssortiment kan även sättas ihop utifrån enskilda parametrar istället för TRB-klass. Den specifikationen kan även användas för att beskriva flis som består av en blandning av flera sortimentskategorier.
- De verktyg och metoder som behövs för att kunna mäta kvalitetsparametrarna finns på plats. Men för att hantera de föreslagna produktklasserna i ett flöde och per leverans efterfrågas snabbare och billigare tekniker och metoder.
- Fukthalten är av stor betydelse för lagrings- och förbränningsegenskaper samt grundläggande för beräkningar av det effektiva energivärdet. Det är ofta svårt att mäta fram exakta värden, detta gäller både i fält och vid industri. I den operativa hanteringen anses det tillräckligt med klasser inom 10% fukthalt, i kombination med en övre och en nedre angivelse för leveransgillt material.
- Fraktionsfördelningen anges idag närmast som en fraktionsklass, men variationen mellan och inom de olika klasserna kan vara stor och se olika ut. Även i det bränsle som sällats fram som leveransgillt inom gängse standard förekommer stora variationer som leder till "skeva såll-kurvor". Möjlighet att kunna styra produkten tydligare inom respektive P-klass är önskvärt.
- Finfraktion är en viktig information för vissa pannor för att göra en bra mix in i pannan och påverkar om man väljer att elda materialet direkt eller lagra och ska därför kunna anges. Det bör finnas möjlighet att i avtalet markera vilka intervall/klasser som är accepterat inom leveransavtalet.

- Redan idag finns stora mängder information och mätdata längs flödet från skog till industri. När det gäller skogsbränsle är endast en liten andel av informationen tillgänglig via Biometrias informationsnav VIOL. Framförallt bedöms data av bättre precision gällande kvantitet och fukthalt som mycket relevanta.
- Med bättre information kan flöde och lager prognosticeras och fungera som beslutsunderlag och stöd vid beslut och styrning mot en specifik produkt och för leverans.
- Information om materialet skulle vara relevant för kunden för bedömning av dess lämplighet att lagras eller för direkt förbränning i pannan.
- Det varierar mellan organisationer huruvida information som genereras av skördaren används eller om man förlitar sig på en visuell uppskattning.
- För att realiserad nyttorna med ökad tillgång på information krävs systemstöd för att hantera och kommunicera informationen. Stora aktörer inom skogsbruket har bättre möjligheter till intern utveckling av systemstöd, vilket medför en risk eftersom den branschgemensamma nyttan då blir lägre.
- Nästa steg är att kunna kommunicera mätdata och omsätta dem till beslutsunderlag. För detta krävs system och beräkningsmodeller.
- Effektivare försörjningskedjor torde innebära lägre nettoproduktionskostnad, högre energieffektivitet och därmed förbättrad klimatprestanda. Nettoproduktionskostnaderna i relation till bränslets energiinnehåll skulle sannolikt minska vid bättre tillgång till data och en mer automatiserad informationsöverföring.

7 Diskussion

Det finns stora miljö- och samhällsvinster med att ersätta förbränning av fossila material med skogsbränsle. För att nå dit behöver skogsbränslet bli mer konkurrenskraftigt, tillgängligt och affären mer överblickbar. Det är målet med detta projekt, som syftar till att ge tydliga spelregler och underlätta handeln med skogsbränsle. Till exempel kan projektet leda till kortare transporter genom effektivare bränslebyten. Värmeverken kan se fram mot mindre driftstörningar och bättre utnyttjande av anläggningarna.

Försörjningskedjan för skogsbränsle är väldigt kostnads känslig och lönsamheten är beroende både av bränslets egenskaper och kvalitet, men också av kvaliteten på utförandet av själva processerna. Detta ställer krav på information, och framförallt automatisering av informationsflöden. Att kunna följa hela process- och flödeskedjan med avseende på biomassans egenskaper kommer att vara avgörande framgångsfaktorer för en väl fungerande marknad med biobaserade råvaror. Ökad information genom processerna skulle dessutom kunna bidra till beslutsunderlag kring hur material hanteras för att passa kundernas behov på bästa sätt, samt hur försörjningskedjorna kan effektiviseras i form av resursutnyttjande.

7.1 KOMMUNIKATION OCH BESLUTSSTÖD

Stora datamängder blir alltmer tillgängliga inom skogsbruket. Genom att samla och hantera dessa data på ett integrerat sätt, finns stora potentialer att effektivisera värdekedjan från stående skog till färdig produkt, vilket både är förknippat med kostnader och hållbarhetsaspekter (Scholz m.fl., 2018). Produktion och leveranser av skogsbränslen kännetecknas av att flera olika aktörer som hanterar materialet genom försörjningskedjan, vilket innebär risk för dubbelarbete, suboptimering och att information går förlorad (Eriksson m.fl., 2015).

För branschen som helhet är det viktigt att ha beslutsunderlag där man har informationer om kvalitet och kvantitet på tillgängliga objekt. Leverantören behöver denna data för att kunna styra och prognostisera sitt flöde på ett effektivt sätt. På samma sätt behöver kunderna information av inkommande flöden för att på bästa sätt styra vad som går direkt till förbränning och vad som kan lagras. Dessutom behövs informationen som en grund för affärskommunikationen, avtal och beställning.

Det varierar mellan organisationer huruvida information som genereras av skördaren används eller om man förlitar sig på en visuell uppskattning. För att realiserad nyttorna med ökad tillgång på information krävs systemstöd för att hantera och kommunicera informationen. Stora aktörer inom skogsbruket har ofta bättre möjligheter till intern utveckling av systemstöd. Dock finns en risk förknippad med att olika större aktörer investerar i intern systemutveckling, eftersom den branschgemensamma nyttan blir lägre, då systemen inte kommer att kunna användas i affärer mellan olika leverantörer.

Nästa steg är att kunna kommunicera mätdata och omsätta dem till beslutsunderlag. För detta krävs system och beräkningsmodeller i ett användarvänligt gränssnitt. Det svenska skogsbrukets IT-företag, Biometria, fungerar som skogsbranschens informationsnav vad gäller handel med virke och biobränslen. De genomför för närvarande en mycket omfattande systemförnyelse som bland annat kommer innebära nya möjligheter att hantera egenskapsinformation kopplade till den skogliga biomassan. Den inkluderar grundläggande funktioner för en ny produktstruktur som möjliggör nya kommunikations- och affärsmodeller. Detta kommer att möjliggöra datasamling och kommunikation i samtliga processteg. Det nya systemet kommer att driftsättas i februari 2020.

7.2 MÄTNING

Dagens mätinstrument har tekniska krav på att kalibreras. Instrumenten mäter egentligen inte vattenmängd, utan någon annan parameter som sedan korrelerar mot fukthaltsinnehållet. Ju mer variationsrikt ett material är desto svårare är det att finna generella kalibreringsmodeller. Genom tydliga avgränsningar i egenskaper som fraktion, finfraktion, aska, fukthalt kan produkter definieras, och då går det att ta fram relevanta kalibreringsmodeller.

7.3 FRAMTIDA BEDÖMNINGSAKTÖRER

Bedömningsfaktorerna för nettoproduktionskostnad, energieffektivitet och klimatprestanda är nära kopplade till varandra. Effektivare försörjningskedjor torde innebära lägre kostnader, högre energieffektivitet och därmed även förbättrad klimatprestanda (Holappa Jonsson m fl, 2019). Nettoproduktionskostnaderna i relation till bränslets energiinnehåll skulle sannolikt minska vid bättre tillgång till data och en mer automatiserad informationsöverföring. Vad gäller energieffektiviteten borde det inte vara några problem att få tag på data, eftersom bränsle- och tidsåtgång i de olika processtegen generellt finns tillgänglig. Klimatprestanda är dock lite svårare, men inte omöjligt, att modellera. En bra LCA förutsätter att systemgränserna är tydligt beskrivna.

Den mest väsentliga frågan är egentligen hur kostnader, energieffektivitet och klimatprestanda kopplade till skogsbränslehanteringen skall allokeras i förhållande till andra sortiment.

8 Referenser

- Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller, J. J. (2012). Kartunderlag för effektivare grotskotning genom export av shapefiler. Arbetsrapport 764. Skogforsk, Uppsala.
- Eriksson, A., Eliasson, L., Sikanen, L., Hansson, P-A. & Jiris, R. (2017). Evaluation of delivery strategies for forest fuels applying a model for Weather-driven Analysis of Forest Fuel Systems (WAFFS). *Applied Energy* 188, pp 420–430.
- Eriksson, B., Ohls, J., Norin, K. & Eliasson, L. (2015). Processkartläggning – Ett verktyg för att förbättra försörjningskedjor. Arbetsrapport 879. Skogforsk, Uppsala.
- Eriksson, A.-F. (2015). En jämförelse mellan två standardmetoder för sållning av bränsleflis. Umeå: SLU.
- Fridh, L. 2015a. Produkttegenskaper för skogsbränsle. – Förslag till indelning, struktur och definitioner. Arbetsrapport 873. Skogforsk, Uppsala.
- Fridh, L. 2015b. Produktifiera för att kommunicera. Förslag till standardiserade sortiment för skogsbränsle. Skogforsk, Uppsala. ISBN: 978-91-979694-8-2.
- Gunnarsson, C., Anerud, E., Iwarsson Wide, M., Jonsson, N. & Segerborg-Fick, A. (2016). Optimerad lagring av biomassa – en strategisk innovationsagenda. Rapport 442, Lantbruk & Industri. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Holappa Jonsson, S, Eriksson, A., Eliasson, L. 2019. Underlag för bedömning av förbättringsfaktorer vid digital styrning av biomassaflöden. Slutrapport till energimyndigheten.
- ISO. (2016). *ISO 17827-1 Solid biofuels- Determination of particle size distribution for uncompressed fuels - Part 1: Oscillating screen method using sieves with apertures of 3,15 mm and above*. Genève: ISO.
- Iwarsson, Wide, M. (2015). Skogens energi – en källa till hållbar framtid. Sammanfattande rapport från Effektivare Skogsbränslesystem 2011-2015. Skogforsk, Uppsala. ISBN: 978-91-979694-7-5.
- Ljungberg, M. (2015). Skogsbränslets fraktionsfördelning. Kalmar Växjö: Linnéuniversitetet.
- Möller, J J., Hannrup, B., Larsson, W., Barth, A. & Arlinger, J. (2009). Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata. Arbetsrapport 677. Skogforsk, Uppsala.
- Routa J, Kolström M, Ruotsalainen J, Sikanen L. (2015). Precision measurement of forest harvesting residue moisture change and dry matter losses by constant weight monitoring. *Int J For Eng* 2015;26:71–83
- Scholz, J., De Meyer, A., Marques, A. S., Pinho, T. M., Boaventura-Cunha, J., Van Orshoven, J., Rosset, C., Künzi, J., Kaarle, J. & Nummila, K. (2018). Digital

Technologies for Forest Supply Chain Optimization: Existing Solutions and Future Trends. Environmental Management. DOI:10.1007/s00267-018-1095-5

Von Hofsten, H., Eliasson, L. & Johannesson, T. (2018). GROT-skotningens kostnader i nästa led. Arbetsrapport 993. Skogforsk, Uppsala.

9 Bilaga

Jägbrant, S. 2018. Delrapport. Produktifiera för optimal bränslebas - Delprojekt 2. Mätning och karaktärisering. SDC, 2018.



Datum

2018-11-27

Författare

Sven Jägbrant

Status

Utkast

Produktifiera för optimal bränslebas

-Delprojekt 2

Mätning och karaktärisering

Innehåll

1	SAMMANFATTNING	3
2	BAKGRUND.....	3
2.1	PRODUKTKLASSER.....	3
2.2	FRAKTIONSFÖRDELNING.....	5
2.3	ASKHALT.....	10
3	MATERIAL OCH METOD.....	12
3.1	FRAKTIONSFÖRDELNING.....	12
3.1.1	<i>Provinsamling.....</i>	<i>12</i>
3.1.2	<i>Provberedning och förtester.....</i>	<i>12</i>
3.1.3	<i>Analys av prov (sällning).....</i>	<i>12</i>
3.1.4	<i>Reproducerbarhet sällning.....</i>	<i>13</i>
3.1.5	<i>Spridning inom leveranser</i>	<i>13</i>
3.2	ASKHALT.....	13
4	RESULTAT OCH DISKUSSION.....	14
4.1	FRAKTIONSFÖRDELNING.....	14
4.1.1	<i>Förtester sällningstid.....</i>	<i>14</i>
4.1.2	<i>Förtester torrhalt.....</i>	<i>15</i>
4.1.3	<i>Reproducerbarhet.....</i>	<i>16</i>
4.1.4	<i>Spridning inom leveranser</i>	<i>17</i>
4.1.5	<i>P-klasser och medianfraktion.....</i>	<i>19</i>
4.1.6	<i>Produkter.....</i>	<i>19</i>
4.2	ASKHALT.....	20
5	SLUTSATSER OCH FÖRSLAG.....	21
6	LITTERATURFÖRTECKNING	24

1 Sammanfattning

Delrapport två inom POB-projektet syftar till att föreslå mätmetoder anpassade till en ny tilltänkt produktstruktur. Arbetet har fokuserats på analys av fraktionsfördelning hos bränsleflis då de största kunskapsluckorna bedömdes finnas där innan arbetet drogs igång. Resultatet visar bl.a. att man kan uppnå god reproducerbarhet vid sällning av bränsleflis, samt att man bör ta minst sex delprov från en leverans få att ett representativt prov då skillnaderna mellan olika provpunkter kan vara ganska stor. Slutsatsen blir att mätning enligt en tänkt produktstruktur är fullt möjlig, med föreslagna mätmetoder. Hur man i praktiken lägger upp stickprovsuttag och liknande kommer troligen variera i olika affärer (då man är intresserad av olika parametrar) och bör vara något för affärsparterna att överenskomma om.

2 Bakgrund

Delprojekt två inom POB-projektet har som mål *att utarbeta konkreta förslag till mätmetoder anpassade till ny produktstruktur och i enlighet med nya virkesmätningsslagen*. Projektet kopplar väl mot de övriga delprojekten utifrån att det för att kunna göra vissa typer av affärer kommer krävas mätning som inte utförs idag. Fokus i delprojektet har framförallt legat på mätning av fraktionsfördelning, då flera aktörer som är inblandade i projektet har pekat på detta som en viktig kvalitetsparameter, samt då erfarenheten av denna typ av mätningar är ganska begränsad i Sverige. Arbete har även lagts på att jämföra mängd aska ifrån inmätning mot vad som deponerats för att ge en indikation om de askhaltsvärden som används är rimliga. Ett problem har varit att den *”nya produktstrukturen”* i DP1 som mätningen ska anpassa till fortfarande bara är på utkast-nivå och inte helt spikad när detta skrivs.

2.1 Produktklasser

Målet med delprojektet är att utarbeta förslag till mätmetoder anpassade till ny produktstruktur. Det behövs därför en kort beskrivning av vad nya produktklasser skulle kunna innebära för mätningen. POB utgår ifrån de resultat och förslag till produkter som presenterades av Skogforsk 2015 (Fridh, 2015) som sedan diskuterats vidare på olika seminarier och i möten med olika arbetsgrupper. Fridhs arbete baseras i sin tur på den ISO-standard (ISO, 2014) som finns för specificering och klassificering av fasta biobränslen (SS-EN ISO 17225-1:2014). Många likheter finns mellan båda dessa arbeten, framförallt att man använder samma mätbara parametrar/egenskaper som normativa när man anger produktklass. Skillnaderna mellan dessa är egentligen att man i Fridhs arbete diskuterat med aktörer på bränslemarknaden i Sverige på vilket sätt man kan begränsa mängden möjliga produkter på marknaden genom att försöka undersöka vilka gränsnivåer som är viktiga i dagens affärsupplägg.

Dessa diskussioner har inom POB-projektet fortsatt och delvis lett i en annan riktning. Den tydligaste skillnaden är att tanken på endast 15 produkter utifrån mätbara normativa egenskaper har ifrågasatts då man ser behov av mer flexibla produktspecifikationer (tabell 1). Observera att antal produkter endast är utifrån mätbara normativa egenskaper (fukthalt, askhalt, fraktionsklass och finfraktionsandel). Antalet möjliga unika produkter blir

mångdubbelt fler om man lägger till de informativa egenskaper som branschen efterfrågat för bestämningen av produkten (t.ex. träslagsblandning, skrymdensitet, lagring m.m.).

Tabell 1. Viktiga skillnader mellan SS-EN ISO 17225-1, Produktifiera för att kommunicera (Fridh, 2015) samt input från seminarier och gruppdiskussion inom POB-projektet (Iwarsson Wide, 2018).

Huvudprinciper	SS-EN ISO 17225-1	Produktifiera för att kommunicera	POB
Ansvar för att avgöra produkten	Leverantör/producent	Lämnas öppet	Lämnas öppet
Antal normativa mätbara egenskaper	4	4	4
Antal mätbara informativa egenskaper	6	1	1
Antal möjliga produkter (sönderdelat material, endast normativa egenskaper)	7700	15	630
På vilken nivå bestäms produkten	Flexibelt	Lassnivå	Flexibelt

Enligt ISO-standarderna ligger ansvaret för att bestämma vilken produkt man levererar på producenten eller leverantören av bränslet. Det finns enligt standarderna tre möjliga sätt att komma fram till vilken produkt man levererar;

- erfarenhetstal baserat på historiska leveranser
- beräkning av egenskaper utifrån en kombination av erfarenhetstal och mätning
- mätning av alla normativa egenskaper

I praktiken kan man mäta vissa variabler (t.ex. fukthalt) och använda erfarenhetstal för andra (t.ex. askhalt). Standarderna är flexibla vad gäller på vilken nivå klassen ska fastställas; klassningen ska göras per enhet, som i praktiken kan vara hur stor eller liten som helst, tex, samtliga leveranser av ett sortiment till ett värmeverk under en månad, en båt eller ner till enskild lastbil om man så vill. För den nivå man väljer att definiera sin produkt måste dock alla normativa egenskaper bestämmas (på något av de tre sätten ovan). I det förslag som Skogforsk tog fram beskrivs inte vem i affären som ansvarar för att avgöra produkten, då man i Sverige specificerar det mätande företag som ansvarar för mätningen vid affären (kan vara köpare, säljare eller oberoende part) men produkten ska enligt förslaget bestämmas på leveransnivå med sådan noggrannhet att man uppfyller virkesmätningslagens krav. Krav i virkesmätningslagen är för övrigt att det får finnas obetydliga systematiska fel (14 §) maximal avvikelse för enskilt parti (15 §) samt en systematisk och ändamålsenlig kontroll av den mätning (inklusive omvandlingstal) man utför (17 §) (SKSFS, 2014).

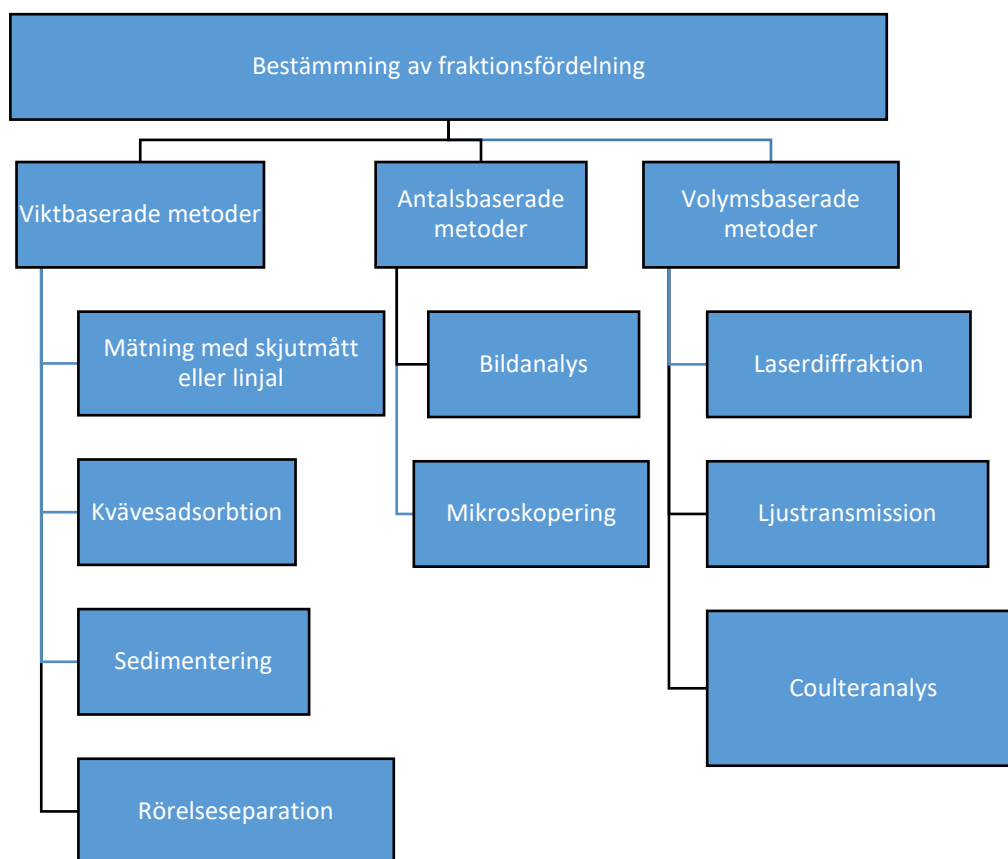
För tanken med produktklasser innebär det att man måste ha en kontrollverksamhet för att avgöra hur väl man klarar att bestämma de egenskaper som ingår i definitionen av en produkt (fukthalt, askhalt, fraktionsstorlek och finfraktion). Skarpa avvikelsekrav finns

endast på kvantitetsbestämningen, för kvalitetsegenskaperna är kravet endast att man ska kontrollera den mätning man utför ändamålsenligt. Man kan alltså hypotetiskt använda erfarenhetstal på t.ex. finfraktionsandelen på leveranser vid inmätningen så länge man har en ändamålsenlig kontroll av sina erfarenhetstal på något sätt, exempelvis genom sällning.

2.2 Fraktionsfördelning

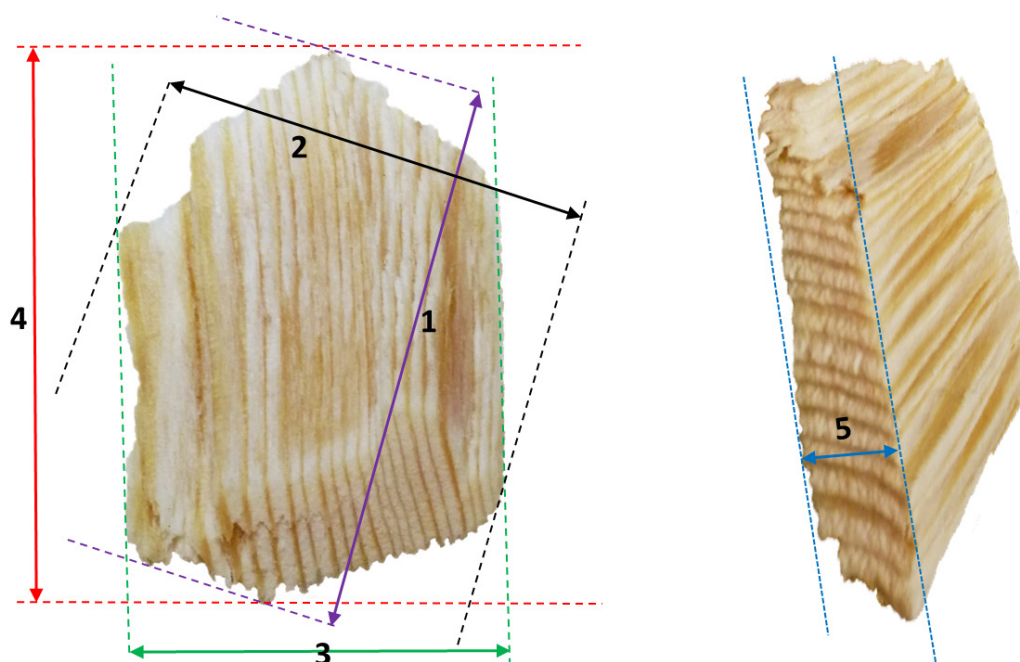
Inför arbetet genomfördes en litteraturstudie som syftade till att undersöka möjliga mätmetoder för fraktionsfördelning samt vilka erfarenheter som fanns av dessa. Kortfattat kan man säga att fraktionsfördelning visar andelar av det analyserade provet efter uppdelning på valt mått i valda klasser som beskriver partiklarnas storlek. Det man mäter är alltså ett mått på partikelstorleken och det man visar som resultat är fördelningen i de klasser man delar upp partiklarna i.

Partikelstorlek är intressant inom en rad olika områden och en mängd olika metoder för att mäta detta har utvecklats (figur 1). Vissa metoder är direkta, på så sätt att man faktiskt mäter det mått man är intresserad av (t.ex. mätning med skjutmått och bildanalys) medan många metoder är indirekta på sådant sätt att man mäter något annat som korrelerar mot partikelstorlek - exempelvis diffraktionsvinkel eller adsorption (Rawle, 2003). Det är mycket viktigt när man studerar resultat som beskriver partikelstorlekar eller fraktionsfördelning att först undersöka exakt vilka mått och storheter som avses, då det skiljer en del mellan olika branscher och material som undersöks. Det finns en uppsjö av olika mått som studeras för partikelstorlek och fördelningen av material i fraktionsklasser kan baseras utifrån olika storheter (figur 1) (Rawle, 2003). Vilket mått och storhet man väljer att basera sin partikelstorlek och fraktionsfördelning på beror av vad man är intresserad av att veta, hur processen påverkas av partikelstorleken och fraktionsfördelningen samt vilka möjliga mätmetoder som finns. Det förekommer även att man blandar olika mått i analyserna, som t.ex. i standarden för mätning av fraktionsfördelning hos cellulosafilis (SCAN, 2001) där både flisbitarnas tjocklek och bredd påverkar fraktionsfördelningen.



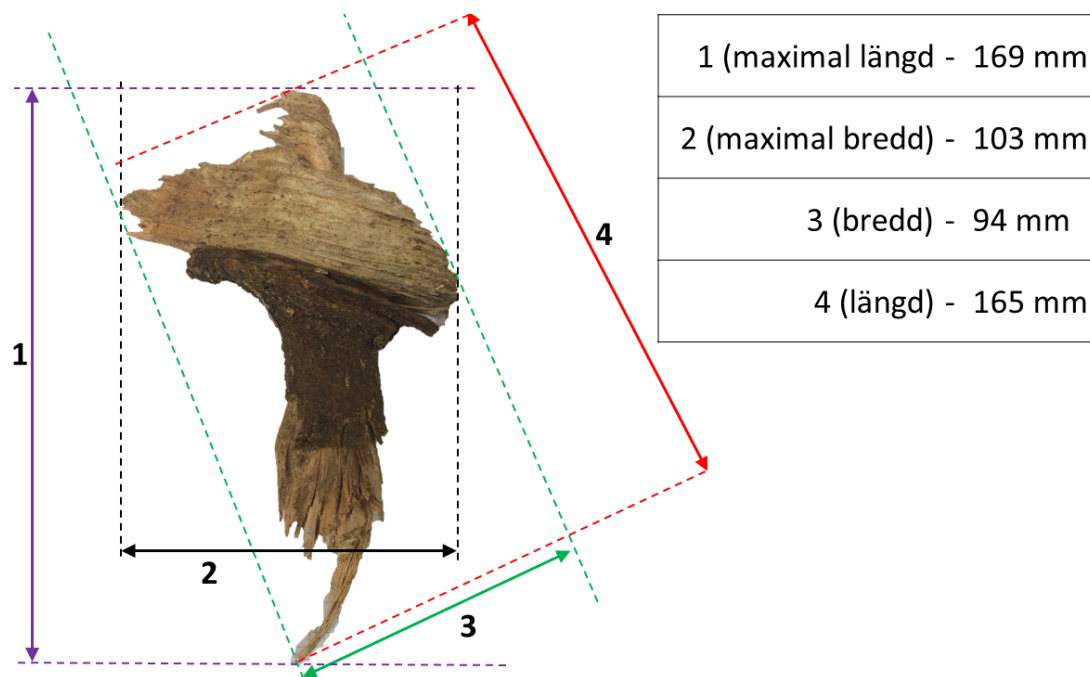
Figur 1. Översikt med exempel på möjliga metoder för att bestämma fraktionsfördelning uppdelat på storheter. Vissa metoder (exempelvis mätning med skjutmått) kan även användas för att fastställa en antals- eller volymbaserad fraktionsfördelning. Baserat på (Eriksson, 2015) (Rawle, 2003) (Hartmann, et al., 2006) (Essick, 1966).

Ett vanligt mått att studera vid analys av partikelstorlek är feret-diametern, eller skjutmått-diametern (Merkus, 2009) (Pabst & Gregoravá, 2007). Det är avståndet mellan två parallella tangenter på varsin sida om konturen av objektet i någon riktning när man betraktar objektet i 2D (exempelvis som i figur 2, vänstra bilden). Man studerar alltså projektionen av objektet ovanifrån när det vilar på ett plant underlag så stabilt som möjligt. Antalet möjliga feret-diametrar på en flisbit är stort då man kan mäta i en mängd olika riktningar på ett objekt, samtliga mått i figur 2 (1–4) är exempel på olika feret-diametrar. När man jämför och utvärderar partikelstorlekar använder man sig inte av en massa olika mått utan man studerar några specifika. Det kan t.ex. vara någon form av medelvärde utifrån en mängd feret-diametrar eller något/några specifika mått som man utgår från när man studerar partikelstorleken. Exempelvis kan man studera maximal längd (1) som definieras som objektet största feret-diameter. Maximal bredd (2) blir då feret-diametern vinkelrätt mot den maximala längden (1). Man kan även studera objektets bredd (3) som kan definieras som objektets minsta feret-diameter, samt längden (4) som då definieras som feret-diametern vinkelrätt mot bredden (3). Tjockleken (5) definieras vanligen som objektets största höjd när det vilar så stabilt som möjligt på ett plant underlag, eller som den största feret-diametern vinkelrätt mot det plan som bredd- och längdmåttet bildar. Att studera fraktionsfördelning hos flisbitar handlar alltså om att sortera upp flisbitar i olika fraktionsklasser baserat på mätning av partikelstorleken av det mått man väljer att studera.

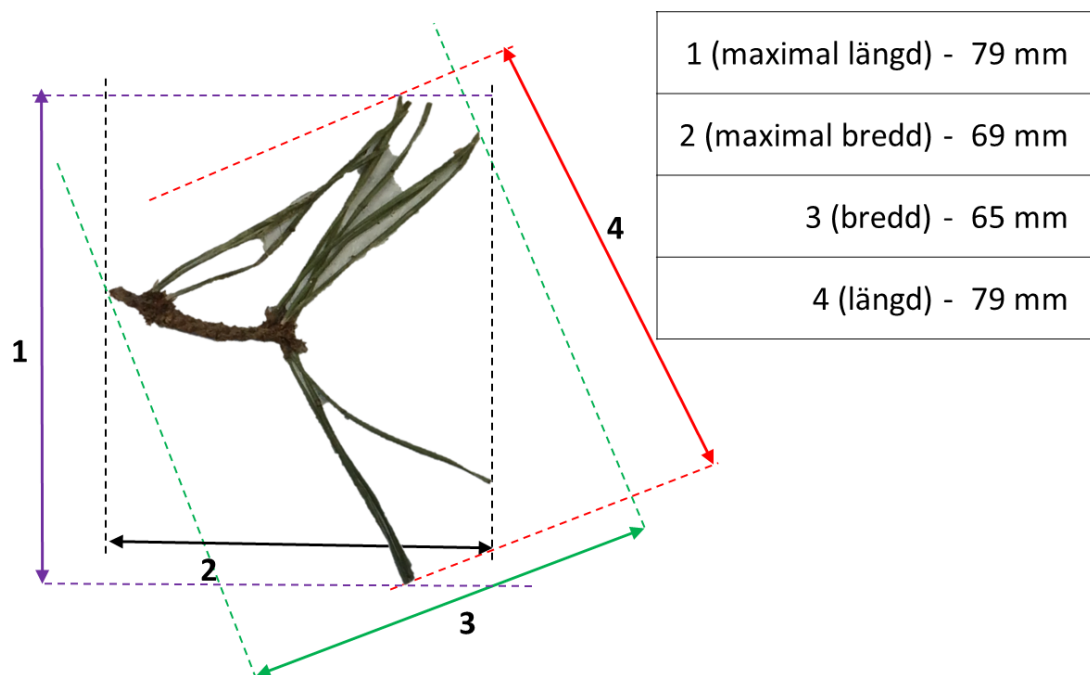


Figur 2. Exempel olika möjliga dimensioner hos en flisbit att beskriva partikelstorlek utifrån. Maximal längd (1), maximal bredd (2), bredd (3), längd (4) och tjocklek (5). För mer ingående beskrivning och definition se text. Foto: Peter Eriksson, montage: Sven Jägbrant.

I teorin, samt på flisbitar med regelbunden form (t.ex. som de i figur 2) så fungerar dessa definitioner på dimensioner i kombination vid resultatet vid olika typer av analyser. Observera dock att det skiljer mellan olika typer av analyser vilket av dessa mått på partikelstorlek man mäter och bestämmer fraktionsfördelningen efter. För oregelbundna former på flisbitarna däremot blir det lite krångligare, speciellt vid sållning. Ytterligare en definition på dimension är därför sållningsdiametern (Merkus, 2009) som då alltså är den minsta håldiameter som en flisbit kan passera igenom vid sållning. Ett exempel kan vara flisbiten i figur 3. Denna flisbit har en udda form och tack vare det så kan den vid skaksållning kontinuerligt byta läge och riktning och på så sätt komma igenom hålstorlekar i sållen som är mindre än dess bredd. I det aktuella fallet i figur 3, så kom flisbiten igenom 63 mm lådan, men stannade i 45 mm lådan och sållningsdiametern blir därför 63 mm. Enligt standarden för bränsleflis så ska dock alla bitar större än 100 mm (längsta måttet) sorteras ur provet och placeras i en egen ”övergrov klass” (100+ mm). Man kan även jämföra med flisbiten, eller kanske snarare kvisten med barr på, i figur 4 som visar en flisbit som ej tagit sig igenom 63 mm lådan och har därmed en sållningsdiameter över 63 mm. Då den ej är över 100 mm som är maximal tillåten längd enligt SS-EN ISO 17225-1:2015 så kan den klassas som att ha sållningsdiameter 100 mm. I praktiken är denna bit mindre än den i figur 3 på många sätt, men den klassas (utifrån sållningsdiameter) trots det som större, vilket är en effekt av hur sållningen fungerar. Dessa två flisbitar är exempel på att bildanalys eller mätning med skjutmått sällan är enkla att jämföra mot sållning och detta är en av förklaringarna till varför olika metoder att bestämma partikelstorlek och fraktionsfördelning sällan är helt jämförbara (Hartmann, et al., 2006).



Figur 3. En flisbit från ett grothlisparti som vid sållning hamnade i fraktionsklassen 45- 63 mm, samt dess mått definierade på några olika sätt. Sållningsdiameter var 63 mm, men följer man standarden för sållning av bränsleflis ska den sorteras ut och placeras i klassen 100+ mm. Foto och montage: Sven Jägbrant.



Figur 4. En flisbit (kvistbit med kvarhängande barr) från ett grothlisparti som vid sållning hamnade i fraktionsklassen 63+ mm, samt dess mått definierade på några olika sätt. Foto och montage: Sven Jägbrant.

En studie (Hartmann, et al., 2006) jämförde olika metoder vid sållning av bränsleflis. I den aktuella studien användes den maximala längden, den maximala bredden och tjockleken som de mått (se figur 2,3 och 4) man utgick ifrån. Man jämförde därefter rymdgeometrisk mätning (mäta flisbitar med skjutmått) med bildanalys samt roterande och skakande sållningsapparater. Resultaten visade på stora skillnader mellan metoderna (Hartmann, et al., 2006), t.ex. så var bildanalysen närmast den rymdgeometrisk mätningen när man försökte analysera flisbitarnas maximala längd, medan skaksåll presterade bäst när man försökte analysera flisbitarnas maximala bredd (åtminstone för huggen flis). Sammantaget kan man konstatera att olika metoder sällan är jämförbara då det ofta är olika mått och storheter som de korrelerar mot (figur 1), däremot kan man få jämförbara resultat mellan olika utrustningar som bestämmer fraktionsfördelning med samma metodik. Även för andra typer av material än bränsleflis kan detta konstateras (Ferraris, Hackley, Áviles, & Buchanan, 2002)

För bränsleflis finns en internationell standard för att bestämma fraktionsfördelningen, SS-EN ISO 17827-1:2016, genom rörelseseparation (alltså en viktbaserad fraktionsfördelning). Standarden används i ganska begränsad omfattning, åtminstone i direkt koppling till mätning för ersättning mellan köpare och säljare av bränsleflis, men är normerande för mätning av flisbitars dimensioner enligt klassificeringsstandarden (SS-EN ISO 17225-1:2015) och påverkar även hur man ska utföra provtagningen enligt SS-EN ISO 18135:2017 och provberedning enligt SS-EN ISO 14780:2017. Det finns dock ett fåtal anläggningar i Sverige som jobbar aktivt med att kolla på fraktionsfördelningen utifrån denna standard. SS-EN ISO 17827-1:2016 beskriver en metodik för att mäta partikelstorlek och fraktionsfördelning genom att skaka proven med en oscillerande rörelse (i en- eller två dimensioner) i staplar av lådor med runda hål. Lådor med runda hål innebär att flisbitarna kan passera igenom hålen på längden, det är alltså lite förenklat (se figur 2 och 3) flisbitarnas bredd (minsta feret-diameter) man sorterar efter vid sållning i lådor med runda hål om de har regelbunden form (Hartmann, et al., 2006) & (Horiba Scientific, 2017). Standarden beskriver väl hur lådorna ska se ut, hur provberedningen ska ske samt ställer krav på reproducerbarhet och repeterbarhet. Standarden beskriver även att maskinens exakta skakrörelse och intensitet är viktig att anpassa för olika material och maskiner, men specificerar inga inställningar för olika sortiment eller maskiner. Man hänvisar istället till att förtester ska utföras för att komma fram till vilka inställningar som är lämpliga för varje enskild maskin och sortiment. Anledningen till detta är att olika tillverkare av sållningsapparater definierar skakrörelsernas intensitet på olika sätt, samt att de kan justeras på olika sätt – vilket innebär att standarden måste hållas ganska öppen för att möjliggöra för alla tillverkare att konkurrera med sin produkt på marknaden -ett grundkrav när man tar fram standarder. Rent praktiskt innebär detta att det kan bli skillnader mellan olika utrustningar om man inte gjort noggranna undersökningar av vilka inställningen varje aktuell maskin kräver för att åstadkomma en fullständig sållning. Detta visade t.ex. Eriksson (2015) då hon fick stora skillnader mellan två olika utrustningar, vid sållning av bränsleflis, vilket misstänktes bero på felaktiga inställningar för en av apparaterna som testades.

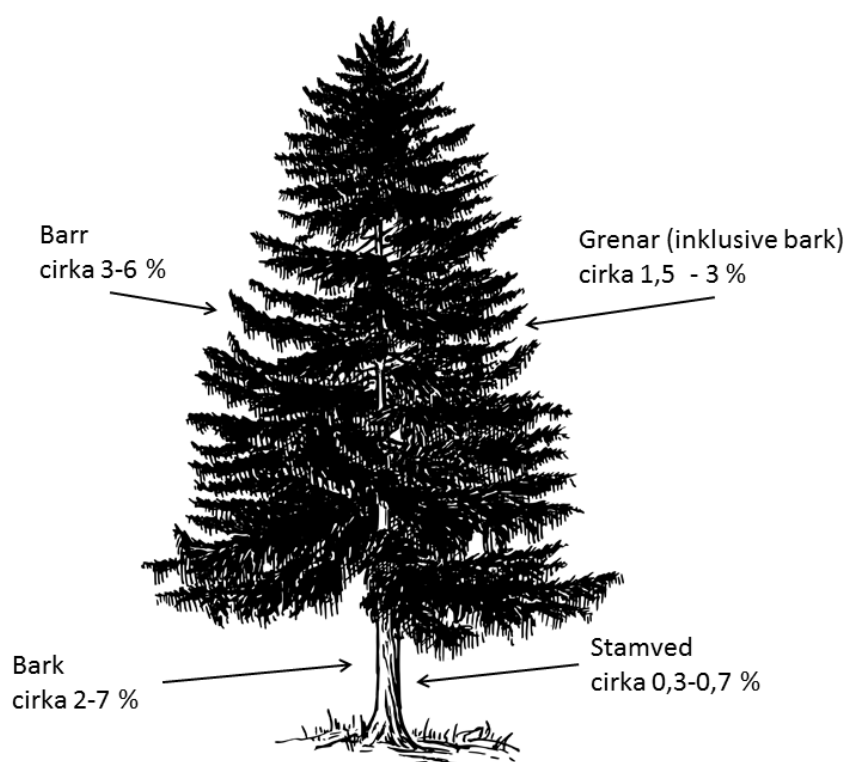
Det finns överlag ganska lite undersökningar av fraktionsfördelning hos bränsleflis, och i de undersökningar som gjorts är fokus oftast kring själva analysen av provet (Eriksson, 2015) (Hartmann, et al., 2006) (Ljungberg, 2015). I litteraturstudien har ingen undersökning av spridningen i fraktionsfördelning inom leveranser/partier kunnat hittats, man vet alltså

väldigt lite om hur provtagning bör ske för att det prov som sedan analyseras ska vara representativt för leveransen/partiet. Vid mätning av energiinnehåll i grotflis är en tumregel att cirka 80% av den totala osäkerheten i mätningen härrör från provtagningen (Jägbrant, 2018) (Strömberg & Herstad Svärd, 2012), och om förhållandet är detsamma vid mätning av partikelstorlek så behöver mer fokus läggas på att undersöka spridningen i partikelstorlek inom en leverans eller parti.

2.3 Askhalt

Trä är uppbyggt av framförallt kol (C), syre (O) och väte (H) som tillsammans bildar de tre viktigaste beståndsdelarna av trädet; cellulosan, hemicellulosa och ligninet. Utöver dessa ämnen finns det även en del mineralämnen som träden tagit upp ur marken (Lehtikangas, 1999) och som trädet behöver för att kunna växa. Mineralämnena är främst koncentrerade till de delar av trädet som stödjer trädets livsfunktioner (barr/löv och bark). Exempel på mineralämnena är kalcium (Ca), kalium (K), kväve (N) och magnesium (Mg). Vid förbränning av trä bildas aska av dessa oorganiska mineralämnena –detta är trädets naturliga askhalt (nativa askhalt). Askhalten varierar mellan olika trädkomponenter, trädslag och växtplatser. Stamveden har generellt den lägsta askhalten och barr och bark den högsta (figur 5). Den naturliga askhalten i olika sortiment beror med andra ord på vilka olika trädkomponenter som ingår i sortimentet, men kan även variera med växtplats och trädslag.

Utöver naturlig aska förekommer även föroreningsaska. Föroreningsaskan tillkommer vid hanteringen av trädbränslet, då nedsmutsning av exempelvis sand och grus innebär en ökande askhalt. Den askhalt som används vid energibestämning är den totala askhalten i det levererade materialet, alltså både den naturliga askan och föroreningsaskan.



Figur 5. Naturliga askhaltsvärden (i viktsprocent av torrsubstans) för trädets komponenter, baserat på (Ringman, 1996) (Nylinder & Törnmarck, 1986) (Hakkila 1978 genom Lehtikangas 1999) (Lehtikangas, 1991).

Vid inmätning av skogsbränsle används ofta avtalade standardvärden/medelvärden för aska, alternativt tillämpas gles provtagning som delas upp per leverantör och sortiment där samlingsprov skickas för analys månadsvis. Askhalten mäts vanligen på labb genom förbränning av ett prov i en speciell askugn. Exakt procedur beskrivs i SS-EN ISO 18122:2015 (ISO, 2015) men kortfattat utgår man från ett samlingsprov som mals ner och blandas för att sedan ta ut ett mycket litet prov (minimum 1 gram) för inaskning i ugn. Denna procedur tar tid, förutom att den analyserade provmängden är mycket liten. Alternativa tekniker för att mäta askhalt är med röntgen (Torgrip & Fernández-Cano, 2017) och NIR (Mancini, Rinnan, Pizzi, & Toscano, 2018) vilka båda kan snabba på mätningen, samt hantera större provmängder. Problemet är dock att båda dessa metoder har svårt att mäta föroreningsdelen i den totala askhalten.

En tidigare undersökning (Gustafsson & Vikinge, 2016) visade att de värden som vanligtvis används vid redovisning av skogsbränsleaffärer är rimliga utifrån de naturliga askhalter som förekommer för olika beståndsdelar av trädet. Däremot tar man sällan hänsyn till eventuell förekomst av föroreningsaska, vilket troligen beror på att det är relativt ovanligt med större mängder av detta. I de fall som det förekommer så kan det dock innebära ganska stora mängder aska i det enskilda fallet; en leverans med förekomst av föroreningar som analyserades i anslutning till denna studie visade sig ha 14% askhalt (i form av föroreningar av sten större än 3,15 mm) för de analyserade proven – vilket skulle innebära strax över 5 ton för hela leveransen om de uttagna proverna är helt representativa. Det behövs med andra ord

inte så många lass med förekomst av föroreningar för att askhalten ska dra iväg rejält. Avtalade standardvärden kommer inte leda till att dessa upptäcks, och även med gles provtagning så är det osäkert om man upptäcker dessa, antagligen få, förorenade leveranser. Detta skulle kunna innebära att man underskattar den totala askhalten vid värmeverken om man bara studera vad som mäts in på det levererade bränslet.

Ett moment i delprojektet bestod av att undersöka om man på något sätt kunde jämföra den beräknade mängde aska enligt inmätning mot den faktiska mängden som producerats och deponerats från värmeverken. Detta skulle möjligen kunna ge stöd till bättre erfarenhet för askhalten.

3 Material och metod

3.1 Fraktionsfördelning

3.1.1 Provinsamling

Insamling av prover skedde vid Falu Energis anläggning i Falun 2018-04-27 samt 2018-09-18. Det togs även prover från en leverans trädelsflis vid Mellanskogs bränsleterminal utanför Borlänge 2018-09-18. Proven tog med en skopa med öppningsstorleken 18 cm, provtagningsstandarden för fasta biobränslen (ISO, 2017) kräver en öppning 2,5 gånger största partikelstorlek, där största partikelstorlek definieras som den största hålstorlek i ett såll som minst 95 % av materialet förväntas passera igenom (ISO, 2017). Detta innebär att den aktuella spaden är lämplig för provtagning av material med upp till cirka 7 cm största partikelstorlek.

3.1.2 Provberedning och förtester

Samtliga prover breddes ut på stora plastsäckar och förtorkades därefter i rumstemperatur till dess att deras vikt stabiliserats med omgivningen. Detta definierades som att inte tydliga provförluster fick äga rum mellan två på varandra följande dagar. Viss förändring av provens vikt sker hela tiden då de kommer i jämvikt med den omgivande luften som hela tiden förändras. Ingen kontroll av exakt torrhalt på proverna gjordes, men de bedömdes ha en torrhalt mellan 80–90%. Tre av de större proverna sållades en gång innan de breddes ut på plastsäckar för torkning, för att kunna påvisa eventuella skillnader mellan att sålla prov råa eller torkade.

Förtester för att komma fram till lämplig sållningstid utfördes därefter på två småprov med 4 olika sållningstider (2.5, 5, 7.5 och 10 minuter). Testerna utfördes efter varandra, sammanlagd sållningstid för proven var alltså 25 minuter (10+7.5+5+2.5). För två av de stora proverna genomfördes också förtest av sållningstid genom att jämföra sållning under 10 minuter mot sållning i 15 minuter. Då Eriksson (2015) redan påvisat att 10 minuters sållningstid inte skilde sig signifikant mot 15 minuters sållningstid lades ingen större vikt vid att signifikant påvisa detta på nytt, utan testerna utfördes endast för att se om tendensen verkade vara densamma.

3.1.3 Analys av prov (sållning)

Proverna analyserades i sållet i VMF Qberas flislabb i Falun som använder en endimensionell skakrörelse för att separera partiklarna. Maskinen som används i Falun är

samma som används för att sålla cellulosafällis på en rad massabruk i landet, en Moutoterä med rektangulära lådor med en total sållarea per låda på 2600 cm². Sållet arbetar med en slagfrekvens på 160 ± 10 slag per minut och en slaglängd på 120 mm. De sållplåtar som användes var samtliga i enlighet med ISO 3310 (ISO, 2013) som bl.a. beskriver avståndet med vilket hålen i plåten ska placeras från varandra och maximal tolerans för de enskilda hålets diameter. De sållådor som användes i testerna hade en hålstorlek på 63 mm, 45 mm, 16 mm, 7 mm samt 3,15 mm.

3.1.4 Reproducerbarhet sållning

En viktig del av delprojektet var att studera reproducerbarhet vid sållning enligt SS-EN ISO 17827-1:2016. Reproducerbarheten beskriver hur väl resultatet överensstämmer mellan två mätningar som utförts under samma förutsättningar men av olika labb. ISO-standarden tolererar att både maskiner som arbetar med en endimensionell och en tvådimensionell rörelse vid skakning av partiklarna får användas för sållning av bränsleflis, samt beskriver att man genom förtest ska veta vilka inställningar varje maskin kräver för att åstadkomma en fullständig sållning och därmed reproducerbara resultat.

För att undersöka detta insamlades och sållades åtta bränsleprover á 8-10 liter vid flislabbet i Falun. Efter sållning i Falun skickade fyra av de åtta proverna till Växjö Energi sållningsutrustning, som är helt identisk med den i Falun, för att sållas där på samma sätt som i Falun. Resterade fyra prov skickades till Eurofins anläggning i Lidköping för sållning i deras tvådimensionellt skakande sållningsutrustning och med de inställningar som framkommit varit lämpliga för deras utrustning. Det innebär sållning i 15–20 minuter och cirka 230 rpm i deras utrustning (Mikael Sandin, Eurofins, mailkontakt). Eurofins använde samma hålstorlekar, med undantag att 8 mm användes istället för 7 mm, vilket skulle kunna leda till vissa skillnader.

3.1.5 Spridning inom leveranser

Då litteraturstudien kring mätning av fraktionsfördelning inte resulterade några rapporter som studerade spridning inom leveranser var detta en mycket viktig del inom projektet. Information om spridningen är nödvändig för att beräkna hur många prov som måste tas ur varje leverans om man ska kunna skatta fraktionsfördelning med någon önskad noggrannhet.

För att kunna undersöka spridningen i fraktionsfördelning togs tio väl utspridda prov á 2-3 liter från tio olika punkter från en och samma leverans. När sållningsprov normalt insamlas tas dessa 2–3 liter från tio punkter till ett samlingsprov som sedan blandas och neddelas så att man når en provstorlek på minst 8 liter i enlighet med sållningsstandarden (SS-EN ISO 17827-1:2016) (ISO, 2016). Genom att istället sålla dessa 2–3 liter från varje provpunkt kan man se hur stor variationen i fraktionsfördelning är mellan olika punkter inom samma leverans.

3.2 Askhalt

För att studera skillnaderna mellan inmätt och producerad aska valdes ett värmeverk (Åbyverket i Örebro) ut som fallstudieobjekt. Mängden producerad flygaska och bottenaska för 2016-07-01 t.o.m. 2017-06-30, samt mängden inköpt sand till bädden i värmeverket togs

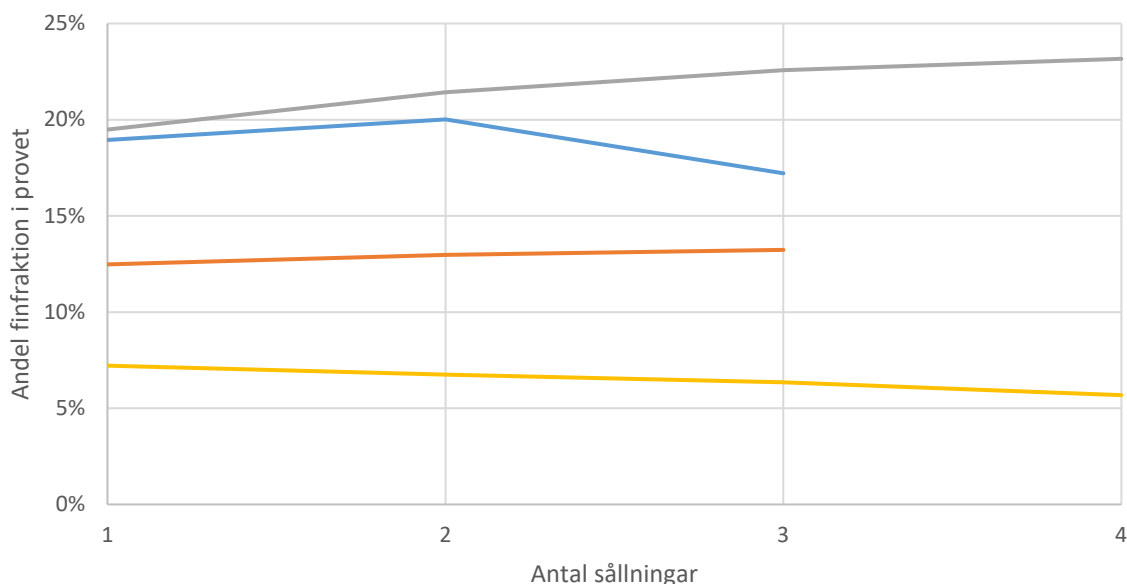
fram av värmeverket. För att koppla mot det summerades den totala mängden inmätt aska för samtliga leveranser av bränsle till värmeverket under samma tidsperiod enligt EB-nyckeln. För sortiment som inte mäts in i MWh (och därmed inte bestäms en askhalt för) gjordes antagande om deras torrhalt och askhalt. Det handlar om bränsleved som antogs ha en medeltorrhalt på 60% och en medelaskhalt på 1%. Summerade mängder aska kunde sedan jämföras för de två datakällorna för att se hur väl dessa stämde överens.

4 Resultat och diskussion

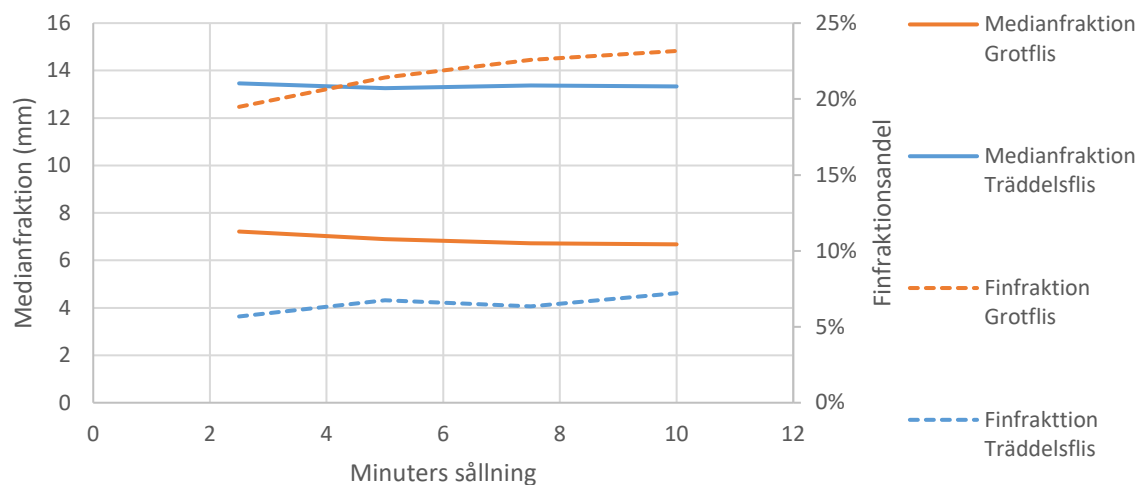
4.1 Fraktionsfördelning

4.1.1 Förtester sållningstid

Standarden anger att det är olämpligt att sålla prover upprepade gånger, alternativt för länge, då det kan leda till nötning av materialet som då innebär att andelen finfraktion ökar (ISO, 2016). Förtester i Falun (figur 6 och 7) kunde dock inte påvisa några sådana tydliga effekter vid upprepande sållningar, även om finfraktionsandelen för vissa prov ökade något mellan sållningarna. Detta kan bero på ökande finfraktionsandel, men även slump då ett visst inslag av slump är inblandat för att avgöra vilken låda smala, avlånga objekt (t.ex. barr) hamnar i. Även Eriksson (2015) testade nötningsbenägenhet för några prover och visade i sina undersökningar att andelen finfraktion generellt ökade vid längre sållningstid, men att effekten endast var någon procentenhet även vid sållning i över 1 timmes tid. Även Strindberg (1984), se Eriksson 2015, s. 12) konstaterade att bränsleflisen har en ganska låg nötningsbenägenhet, men att finfraktionsandelen tenderar att öka något med längre sållningstid.



Figur 6. Effekten på finfraktionsandelen vid upprepande sållningar för fyra olika prover.

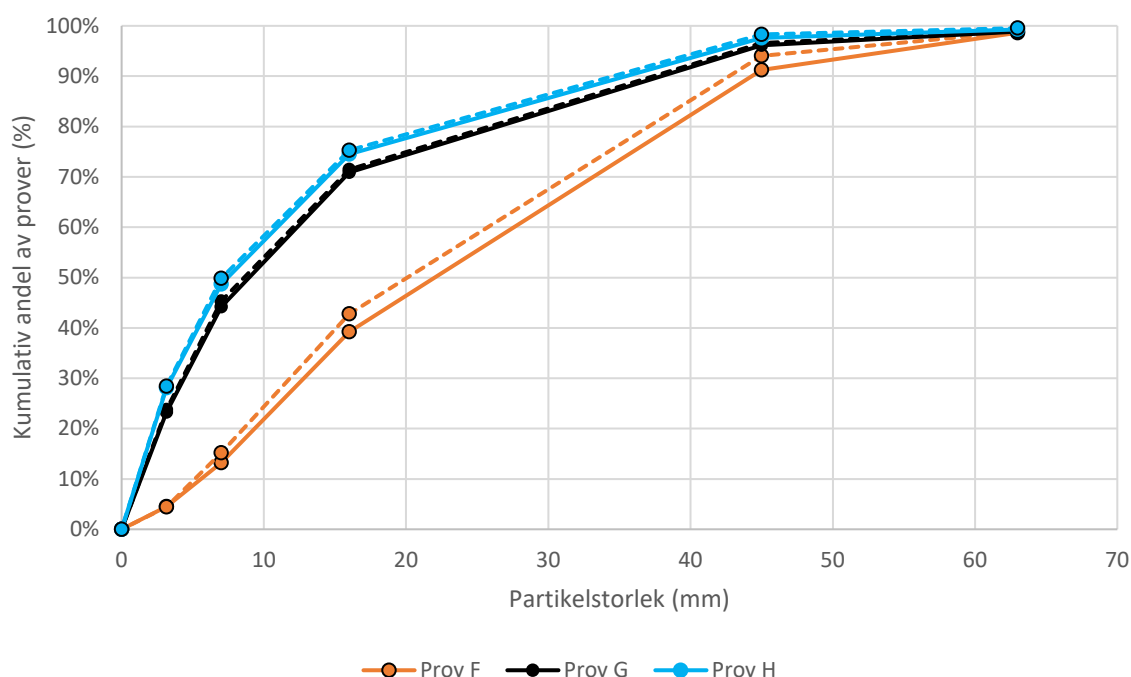


Figur 7. Påverkan på medianfraktion (den fraktionsstorlek där 50% av bitarna förväntas vara större och 50 % mindre) och finfraktionsandel för de små proverna vid olika sällningstider.

Sammanfattningen av förtesterna var att tio minuter var fullt tillräckligt för de stora prov å 8–10 liter som sällades för reproducerbarhetstester samt att fem minuter var tillräckligt för de små prov å 2–3 liter som sällades för att studera spridningen. Eriksson (2015) visade att det inte fanns några signifikanta skillnader mellan tio och femton minuter vilket ytterligare stödde detta antagande.

4.1.2 Förtester torrhalt

Tre prover sällades direkt efter insamling i rått tillstånd för att sedan torkas på samma sätt som andra prover och sällas på nytt för att påvisa eventuella skillnader mellan dessa sällningar. Strindberg (1984, genom Eriksson (2015), s. 26) påvisade att mängden finfraktion minskar vid sällning av fuktiga prover, eftersom de fäster vid de större partiklarna. För de tre testade proverna i denna undersökning var det mycket små skillnader mellan sällning i rått respektive torrt tillstånd (figur 8). Tendensen var dock att medianfraktionen var något mindre för de torkade proverna samt att andel flis under 7 mm var marginellt större för de torkade proven. De testade proven i denna undersökning var dock relativt torra redan vid insamling, troligen är effekten större ju fuktigare prov man har.

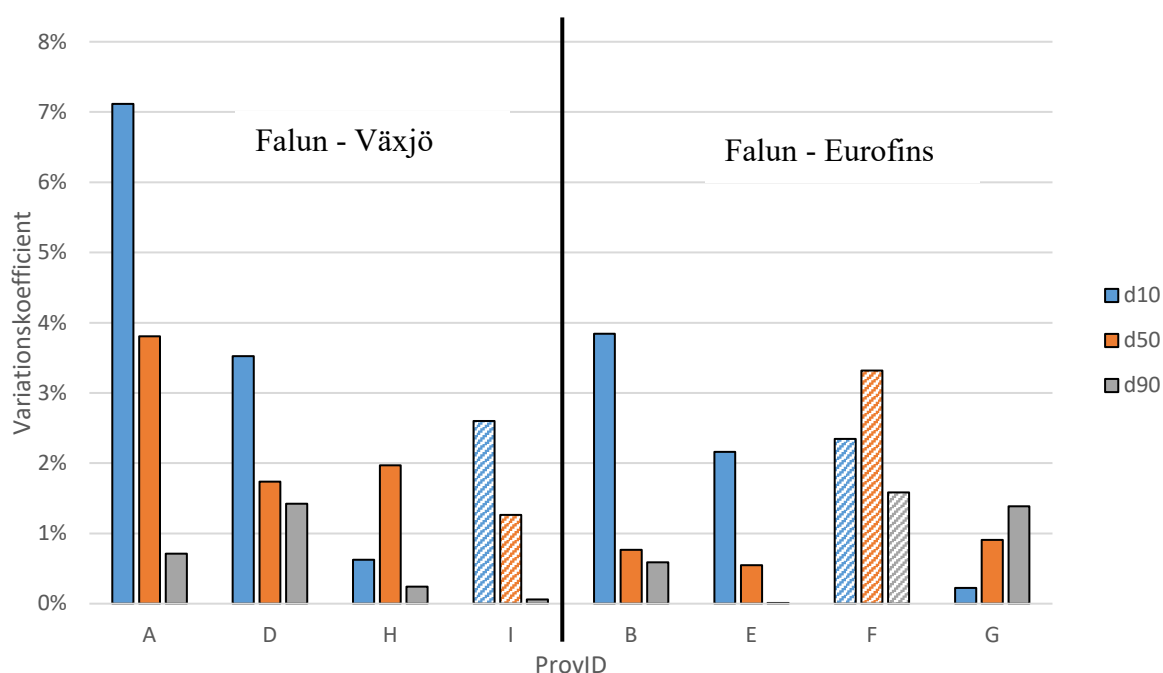


Figur 8. Kumulativ fraktionsfördelning för de prov som sållades före och efter torkning i rumstemperatur. Streckad linje visar torkade prov och heldragen linje råa prov.

4.1.3 Reproducerbarhet

Reproducerbarheten vid sållning enligt SS-EN ISO 17827-1:2016 testades för totalt åtta olika prover och tre anläggningar med olika utrustning jämfördes. All sållning utfördes först i Falun för att därefter skickas till de andra anläggningarna.

Ett vanligt sätt att utvärdera sållningsresultat är att studera spridningsmått för olika fraktionspercentiler. Medianfraktion (d_{50}) är t.ex. den fraktionsstorlek där 50% av bitarna förväntas vara större och 50 % mindre. Även 10:e percentilen (d_{10}), alltså den fraktionsstorlek som 10 % av bitarna förväntas vara mindre än och 90:e percentilen (90 % av bitarna förväntas vara mindre) används i olika sammanhang när man testar repeterbarhet eller reproducerbarhet för olika metoder av fraktionsfördelning, se t.ex. (Merkus, 2009). Det mått man då vanligtvis studerar är variationskoefficienten (den relativa standardavvikelsen) för den aktuella fraktionspercentilen (d_{10} , d_{50} eller d_{90}). Att studera flera olika percentiler är viktigt då en enskild fraktionspercentil inte säger så mycket om hur resultatet ser ut över hela fraktionsspektrat man studerar. För de testade proverna (figur 9) ser man att reproducerbarheten överlag är sämst för d_{10} och bäst för d_{90} . Prov A verkar även sticka ut något med de största relativa avvikelserna på både d_{10} och d_{50} . Det är svårt att sätta dessa resultat i relation till något liknande, men för att åtminstone göra någon jämförelse har t.ex. en standard för analys av partikelstorlek med laserdiffraktion ett krav på reproducerbarhet (där reproducerbarhet = variationskoefficient) på max 6 % för d_{50} och max 10 % för d_{10} och d_{90} (ISO, 2009) på prov större än 10 μm i medianfraktion.



Figur 9. Variationskoefficient för d_{10} , d_{50} och d_{90} för de åtta proven som ingick i reproducerbarhetstesterna. Ju högre staplar desto sämre överensstämmelse mellan de två sällningarna. Streckade prov (I och F) är trädelsflis, övriga prov grottflis.

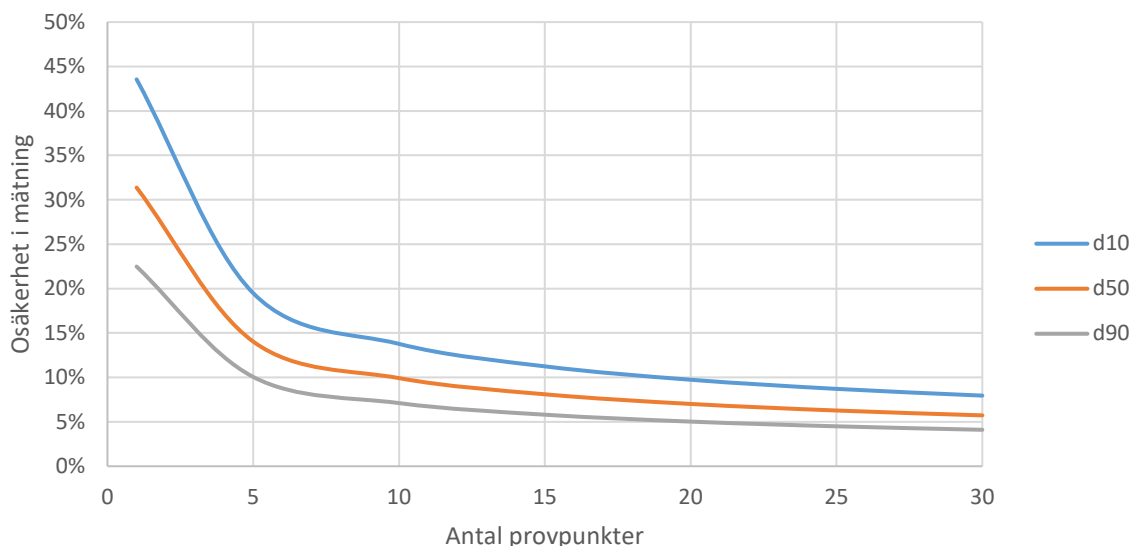
I standarden för sällning av bränsleflis, SS-EN ISO 17827-1:2016 finns ett krav på maximal avvikelse vid reproducerande mätningar. Kravet är att maximal avvikelse per fraktionsklass mellan de jämförande mätningarna får vara högst 10 %-enheter, men gäller då för två olika prov som tagits från samma samlingsprov. I testerna användes samma prov på båda ställena, vilket innebär att detta krav ganska enkelt borde uppnås. Jämförelsen försvårades dock något av att Eurofins använde 8 mm istället för 7 mm som Växjö och Falun, vilket är ett argument för att titta på olika fraktionspercentiler istället, då de inte påverkas av detta på samma sätt. Sammantaget var dock skillnaderna i %-enheter mycket låga, maximal avvikelse för något prov i någon fraktionsklass var 3,9 %-enheter.

Samtantaget visar reproducerbarhetstesterna att sällning enligt SS-EN ISO 17827-1:2016 går att utföra med god reproducerbarhet. Detta även när olika typer av utrustning och inställningar används- under förutsättning att man följer de krav som finns i standarden och är väl införstådd med vilka inställningar som krävs för att nå fullständig sällning för aktuell utrustning.

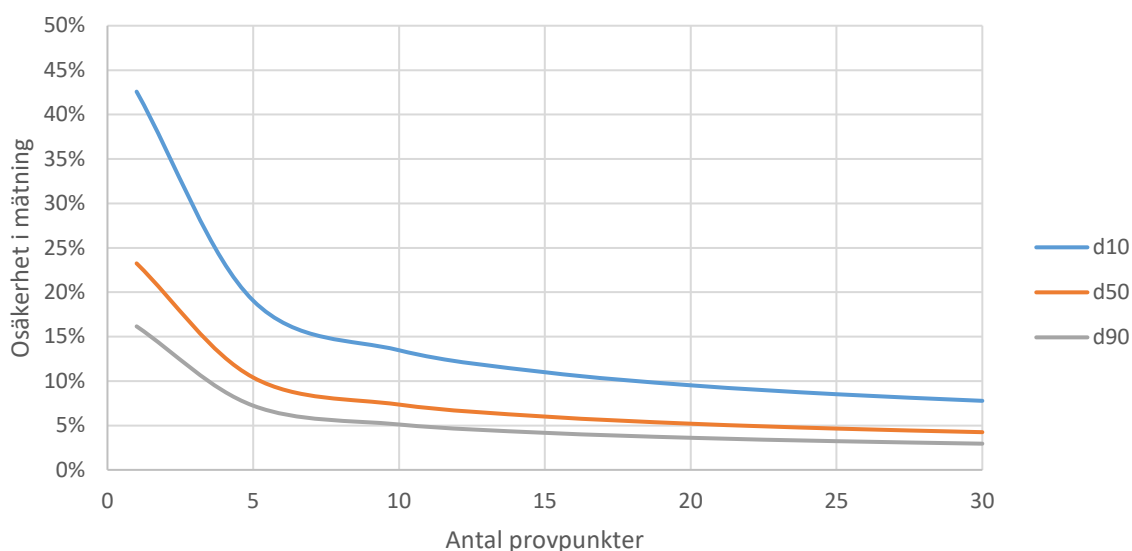
4.1.4 Spridning inom leveranser

Med utgångspunkt i småprover som plockades för olika leveransen kunde spridningsmått utifrån fraktionspercentilerna d_{10} , d_{50} , och d_{90} beräknas för varje prov. För varje prov kunde sedan undersökas vilken påverkan olika antal prov gav på konfidensintervallet samt vilken maximal avvikelse det gav för ett 95%-igt konfidensintervall (täckningsfaktor 2,23 användes). För varje sortiment gjordes sedan medelvärden för de analyserade leveranserna givet olika antal prov. Detta ställdes i relation till medelvärdet för respektive fraktionsklass för att kunna presenteras relativt. Resultatet visar att man för båda sortimenten får den bästa skattningen av d_{90} och den sämsta för d_{10} , vilket troligen beror på att d_{10} är svårare att mäta

(figur 10 och 11). Resultaten visar även vilken effekt olika antal prov har på osäkerheten i mätningen, samt att marginalnyttan av fler prov avtar ganska kraftigt efter cirka sex prov.



Figur 10. Osäkerhet (95%-nivå) för mätning av respektive fraktionspercentil i en leverans givet olika antal prov. Figuren avser grotfelis och endast den felkälla som provtagningen leder till.



Figur 11. Osäkerhet (95%-nivå) för mätning av respektive fraktionspercentil i en leverans givet olika antal prov. Figuren avser träddelsflis och endast den felkälla som provtagningen leder till.

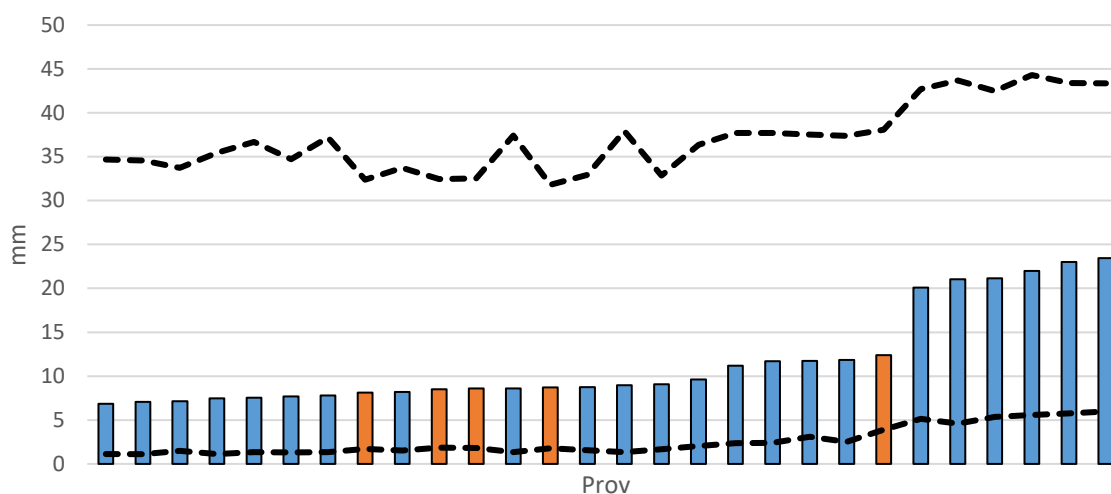
Resultatet i figur 10 och 11 är baserat på endast sex olika leveranser, dessutom vid endast en plats. Noggrannare undersökning av aktuellt material vid olika platser bör alltså göras om

man ska kunna göra en relevant uppskattning av osäkerheten i mätningen. Resultaten kan dock åtminstone ge en indikation om vilken spridning som finns i olika material.

4.1.5 P-klasser och medianfraktion

Följer man den föreslagna produktstrukturen (Fridh, 2015) i Skogforsk arbete samt i internationell standard för klassning av skogsbränslen (ISO, 2014) klassas bränsle utifrån deras fraktionsfördelning i olika P-klasser. En P-klass ska spegla huvudfraktionen i ett bränsleprov och definieras som att minst 60 % ska vara inom den övre gränsen för P-klassen och gränsen för finfraktion. För en P45 ska alltså minst 60% av vikten i provet vara mellan 45–3,15 mm, alltså ha passerat 45 mm lådan, men inte 3,15 mm lådan.

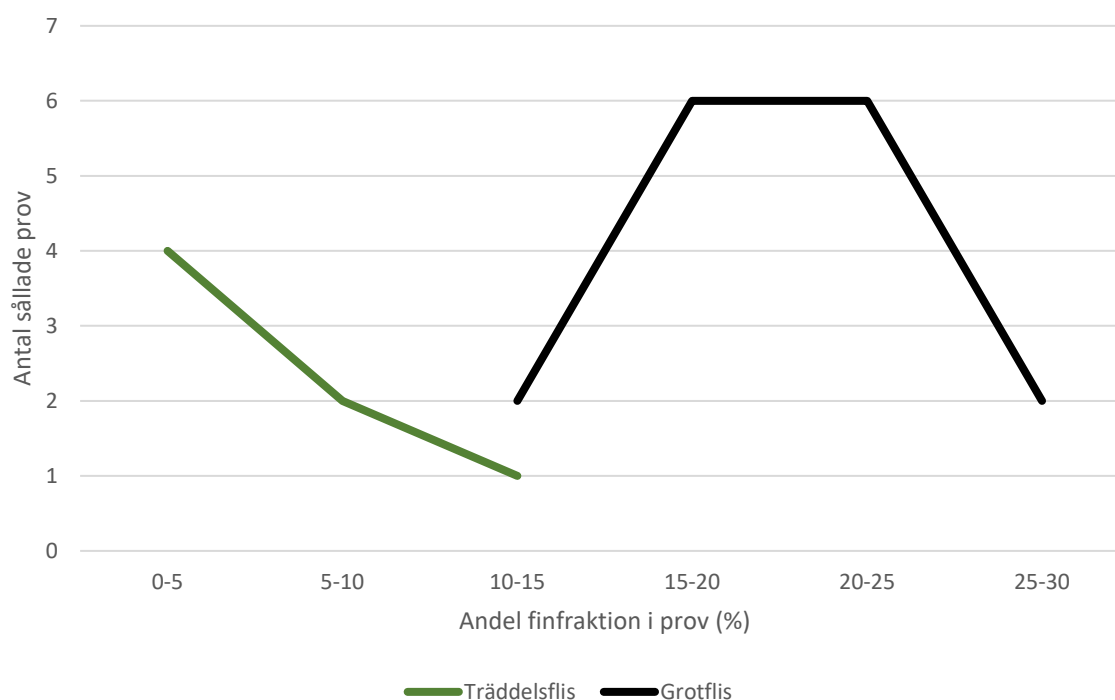
Resultatet visar att klasserna P16 och P45 förekommer för både grothflisen och träddeleflisen i undersökningen (figur 12). Resultatet visar även att kopplingen mellan medianfraktion och andra fraktionspercentiler och P-klass är ganska svag. Ett prov som klassas som P45 kan ha en klenare medianfraktion än ett prov som klassas som P16. Detta beror på att finfraktionsandelen inte räknas in i P-klassen utan avhandlas som en egen egenskap men att den påverkar medianfraktionen. Man bör alltså inte bara beskriva önskat bränsle genom en P-klass, utan även med en finfraktionsandel om man är intresserad av att beskriva även detta.



Figur 12. P-klassning för samtliga hela prov som sållats i studien, där blå anger P45 och orange P16 samt respektive provs medianfraktion (stapelns höjd) samt 10:e och 90:e fraktionspercentil (övre och undre streckade linjer) i mm. Sorterat efter stigande storlek på medianfraktionen.

4.1.6 Produkter

Utifrån resultatet av sållningar kan det konstateras att finfraktionsandelen för grothflis många gånger ligger på ganska höga nivåer (figur 13), vanligtvis över 10 % och ibland uppemot 30 % - vilket stämmer bra med andra undersökningar (Ljungberg, 2015) (Eriksson, 2015).



Figur 13. Finfraktionsandel för samtliga sållade prov (småprov sammanslagna till ett prov utifrån resultatet av alla tio delprov) i testerna till denna studie.

Dessa höga finfraktionsandelar innebär att endast 2 av 16 sållade grotflisprover har en finfraktionsandel under 15 % - vilket är den högsta gräns som tillåts i Skogforsk förslag till 15 BAS-produkter för sönderdelade skogsbränslen. De föreslagna gränserna som togs fram har med andra ord dålig koppling till hur verkligheten ser ut. Detta innebär antingen att gränserna för finfraktionsandel i produkterna bör höjas, alternativt behöver fler produkter läggas till i det tänkta upplägget med fasta BAS-produkter. Det upplägget som finns i ISO-standarderna ger större flexibilitet i att specificera vilka produkttegenskaper ett bränsle har, vilket troligen är möjligt då det säkerligen finns stora lokala skillnader för de mätbara egenskaperna i bränslet.

I den diskussion som förts i andra delprojekt inom POB-projektet har detta berörts, med slutsatsen att man vill kunna göra affärer på flera olika intervall för flera parametrar än de som tidigare föreslagits. Följdeffekten av detta blir då att antalet produkter blir betydligt fler än de som föreslogs av Fridh (2015). Utifrån de diskussioner som förts (Iwarsson Wide, 2018) kommer 630 möjliga sönderdelade produkter att finnas (endast hänsyn taget till normativa egenskaper), även om förmodligen bara en mindre andel av dessa kommer användas mer frekvent.

4.2 Askhalt

Jämförelsen mellan total inmätt aska för de leveranser som körts till det aktuella värmeverket (enligt EB-nyckeln), samt den totala mängden producerad aska avvek till viss del från varandra. Total mängd producerad aska (torrvikt) var 5061 ton för den undersökta perioden, där flygaska stod för 98-99% av den totala askhalten. Det kan jämföras med den inmätta mängden aska som totalt kunde summeras till 4357 ton. En skillnad på cirka 700

ton, eller underskattning av mängden aska med 14 %. Resultaten visar att det finns ett visst glapp mellan de inmätta kvantiteterna aska och de utvägda kvantiteterna aska från produktionen även om det verkar ligga i ungefär samma härad. Skillnaden kan bero på flera olika faktorer, t.ex. p.g.a. att felaktiga värden anges vid inmätningen av bränslet. För det aktuella värmeverket sker viss provtagning av askhalten för flera sortiment, men möjligheten finns såklart att detta inte resulterat i representativa prov. En annan möjlighet är att det med ett fåtal lass kommer in stora mängder föroreningsaska, som inte fångas upp vid provtagningen av askhalten. Det kan även förekomma oförbrända organiska rester i askan från värmeverket. Dessa omständigheter sammantaget borde leda till att det inte är exakt överensstämmelse mellan inmätt aska och producerad aska, vilket även var fallet för fallstudien.

5 Slutsatser och förslag

De utförda testerna visar att det är fullt möjligt att uppnå god reproducerbarhet vid sållning av bränsleflis enligt SS-EN ISO 17827-1:2016. En möjlig kritik mot standarden är att de krav på reproducerbarhet som finns känns något irrelevanta samt förutsätter att man har exakt samma håldiameter på de olika såll man jämför. Att istället fokusera på fraktionspercentiler ger mer flexibilitet var gäller olika håldimensioner när man undersöker reproducerbarhet. Även metodiken för förtorkning (max 40°C) är omständlig om sållning ska utföras i någon större skala. Anledningen till detta krav motiveras inte i standarden, men handlar antagligen om rädsla att öka sprödheten och därmed nötningsbenägenheten hos materialet vid torkning i högre temperaturer. Testerna och litteraturen visar dock på låg nötningsbenägenhet för bränsleflis, varför en mer effektiv torkning borde kunna genomföras utan större risker. Den metodik som används vid Växjö Energi (torkning i 80°C i åtta timmar och därefter två timmar i rumstemperatur (Ragnhild Oskarsson, mailkonversation 28/11-2017) kan nog vara en lämplig metodik för att öka produktiviteten i förtorkningen. Slutsatsen blir alltså att sållning bör utföras i enlighet med SS-EN ISO 17827-1:2016, men med undantaget att förtorkning i 80°C bör tillåtas.

Spridningen i fraktionsfördelning inom en leverans kan variera ganska kraftigt varför det är viktigt att anpassa provtagningen till önskad noggrannhet i mätningen. Hur många prov man ska ta bör styras av vilket behov av noggrannhet man har för det aktuella materialet. Det behovet bör i sin tur bero av hur data om fraktionsfördelning ska användas och varför. Utifrån de resultat som redovisas i denna rapport känns det rimligt att rekommendera minst sex provpunkter per leverans.

För de parametrar man väljer att inte mäta leveransvis, men som ändå påverkar affären, bör man sätta upp ett kollektiv för stickprovvis mätning av variabeln (vilket egentligen kan vara alla parametrar i mätningen). Kollektivet bör vara framåtriktat för att på så sätt kunna generera ett värde för parametern för varje leverans vid inkörning till industrin. Exempelvis bör alltså askhalten för en inkommande leverans styras av tidigare resultat i kollektivet. Detta innebär att man får en askhalt som är representativ för tidigare leveranser i kollektivet, men inte nödvändigtvis för den aktuella leveransen. Denna typ av upplägg är alltså främst lämplig för att avgöra pris mellan större aktörer som har ett större antal leveranser. Även för sållningen kommer den troligen utföras på ett urval av leveranser i någon form av kollektiv eller liknande struktur. Hur många prov ska tas bör styras av önskad noggrannhet i mätningen. För cellulosafelis i Sverige styrs antalet leveranser som det då tas ur prov på ett

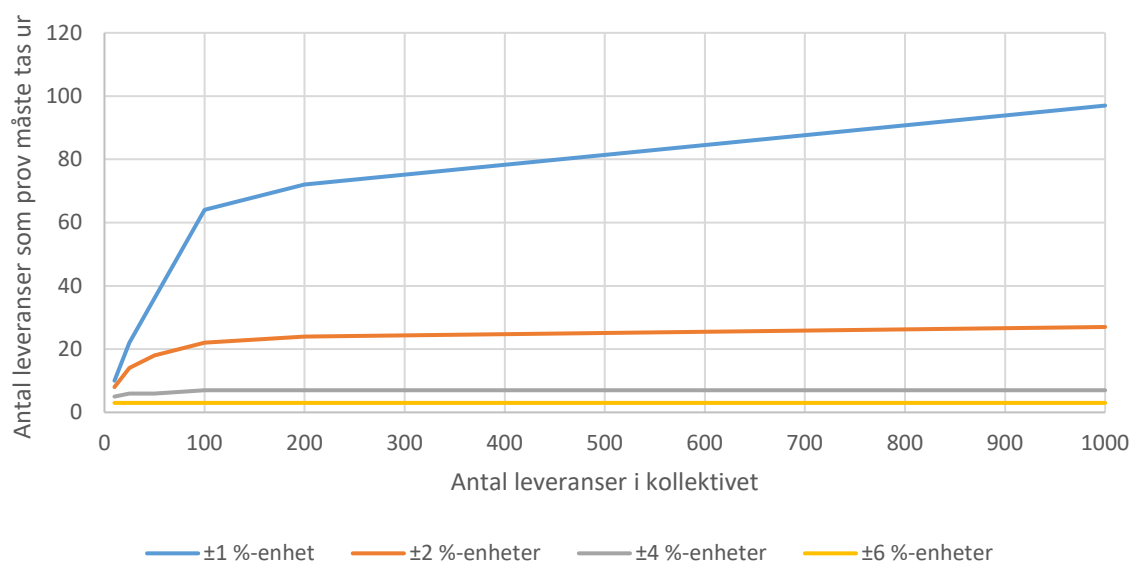
önskat medelfel på bestämningen av kollektivets värde. Eftersom det inte finns någon färdig prismodell för hur fraktionsfördelningen ska påverka priset avseende skogsbränsle kan inte samma beräkning utföras för bränslesortimenten. Man får istället avgöra hur exakt man vill veta t.ex. finfraktionsandelen för ett kollektiv, titta på dess spridning och avgöra lämpligt antal prov därefter. Hur P-klasser ska hanteras i mätningen är något oklart, men borde vara avhängigt på vilken nivå man gör upp affären. Om det ska bestämmas och prisräknas för varje leverans får man nog nöja sig med leverantörens angivelse, alternativt en manuell bedömning av chaufför eller liknande. Om man istället gör upp affär i större perspektiv, t.ex. samtliga leveranser av ett visst sortiment under en månad, kan man tänka sig att slumpa ut ett antal sållningsprov som man använder för att bestämma P-klass på materialet.

Utöver ett kollektivupplägg krävs dessutom någon form av modell att hantera informationen från sållningen och annan mätdata så att det kan ge prispåverkan. Exakt hur detta ska se ut bör köpare och säljare komma fram till, kanske inom ramen för DP3 i detta projekt.

Möjligheterna att använda värdena på producerad aska för att förbättra erfarenhetstalet försvåras av att det förekommer en stor variation av sortiment till ett värmeverk. Det blir i praktiken omöjligt att skapa något data över producerad aska som kopplar till sortimenten, utan man kan endast skapa ett genomsnitt över andelen producerad aska i relation till total mängd förbränt material – vilket inte kommer ge några möjligheter att skapa bättre erfarenhetstal för olika sortiment. Endast i situationer när endast en typ av bränsle från en leverantör används på ett värmeverk skulle det kunna vara aktuellt att studera mängden producerad aska för att skapa erfarenhetstal på hur mycket aska materialet innehåller.

Exempel

Om man vill göra upp en affär där finfraktionsandelen maximalt får vara 15 % i medelvärde för hela kollektivet under en säsong behöver man ta ut ett antal stickprov ur kollektivet. Hur många prov man behöver ta ut är avhängigt spridningen i finfraktion inom kollektivet (både inom och mellan leveranser), antalet leveranser i partier, samt hur säker man vill vara på att man är inom/utom kravnivån. I figur 14 illustreras detta i ett exempel med olika antal leveranser i ett kollektiv samt olika krav på noggrannhet i mätning -hur påverkar detta hur många prov som måste tas? De viktigaste påverkande faktorerna är spridningen hos materialet, som vi inte vet något om. I exemplet är antagandet 5 %-enheters standardavvikelse mellan leveranser, 4 %-enheter inom leveranser, tio delprov som blandas till ett generalprov samt sållning enligt SS-EN ISO 17827-1:2016.



Figur 14. Exempel på hur många sållningsprov som behövs för att nå viss noggrannhet (med 95% konfidensnivå) i mätningen av kollektivets medelandel finfraktion.

Sammanfattningsvis kan man säga att de verktyg som behövs för att kunna mäta andra kvalitetsparametrar finns på plats. Att i nästa steg skapa affärsmodeller och redovisningslösningar för detta kan isåfall leda till att skogsbränsleaffärer kan göras upp på fler sätt än idag. För askhalt känns en kollektivupplägg som ett naturligt steg att ta, även om standardvärden också ger ganska bra resultat. För fraktionsandelar bör man analysera exakt vilka parametrar man vill analysera och hur man vill påverka priset med resultatet, då alla troligen inte har exakt samma målbild. En kombination av P-klass och kollektiv för finfraktion kan troligen vara en framkomlig väg framåt.

6 Litteraturförteckning

- Eriksson, A.-F. (2015). *En jämförelse mellan två standardmetoder för sällning av bränsleflis*. Umeå: SLU.
- Essick, M. (1966). *Literature search on methods of particle size measurements*. Huntsville: Redstone research laboratories.
- Ferraris, C., Hackley, V., Áviles, A., & Buchanan, C. (2002). *Analysis of the ASTM Round-Robin- Test on Particle Size Distribution of Portland Cement: Phase I*. Gaithersburg, Maryland, USA: National Institute of Standards and Technology.
- Fridh, L. (2015). *Produkttegenskaper för skogsbränsle; Förslag till indelning, struktur och definitioner*. Uppsala: Skogforsk.
- Gustafsson, S., & Vikinge, B. (2016). *Uppskattning av mätosäkerhet vid bestämning av energiinnehåll i trädbränsle*. Sundsvall: SDC.
- Hartmann, H., Böhm, T., Daugbjerg Jenssen, P., Temmerman, M., Rabier, F., & Golser, M. (2006). Method for size classification of wood chips. *Biomass & Bioenergy*(30), pp. 944-953.
- Horiba Scientific. (2017). *A guidebook to particle size analysis*. Irvine: Horiba Instruments INC.
- ISO. (2009). *ISO 13320:2009 Particle size analysis- Laser diffraction Methods*. Genève: ISO.
- ISO. (2013). *ISO 331-2 Test sieves - Technical requirements and testing- Part 2: Test sieves of perforated metal plate*. Genève: ISO.
- ISO. (2014). *SS-EN ISO 17225:1:2014 Fasta biobränsle-Specifikationer och klassificering-Del 1: Allmänna krav*. Genève: ISO.
- ISO. (2015). *SS-EN ISO 18122:2015 Fasta biobränslen - Bestämning av askhalt*. Genève: ISO.
- ISO. (2016). *ISO 17827-1 Solid biofuels- Determination of particle size distribution for uncompressed fuels - Part 1: Oscillating screen method using sieves with apertures of 3,15 mm and above*. Genève: ISO.
- ISO. (2017). *SS-EN ISO 18135:2017 Fasta biobränslen - Provtagning*. Genève: ISO.
- Iwarsson Wide, M. (den 18 06 2018). Delrapport POB-projektet - Klassning och karaktärisering av skogsbränsle - förslag till SDC. Utkast.
- Jägbrant, S. (2018). *Partivis noggrannhet vid mätning av energiinnehåll hos grothlis*. Sundsvall: SDC.
- Lehtikangas, P. (1991). *Avverkningsrester i hyggeshögar - avbarrning och bränslekvalitet*. Uppsala: SLU.
- Lehtikangas, P. (1999). *Lagringshandbok för trädbränslen*. Uppsala: Institutionen för virkeslära, SLU.
- Ljungberg, M. (2015). *Skogsbränslets fraktionsfördelning*. Kalmar Växjö: Linnéuniversitetet.
- Mancini, M., Rinnan, Å., Pizzi, A., & Toscano, G. (2018). Prediction of gross calorific value and ash content of woodchip samples by means of FT-NIR spectroscopy. *Fuel Processing Technology*, 77-83.
- Merkus, H. G. (2009). *Particle Size Measurements; Fundamentals, Practice, Quality*. Amsterdam: Springer Netherlands.
- Nylinder, M., & Törnmarck, J. (1986). *Mätning av bränsleflis, spån och bark*. Uppsala: SLU.
- Pabst, W., & Gregoravá, E. (2007). *Characterization of particles and particle systems*. Prag: ICT.

- Rawle, A. (2003). Basic principle of particle size analysis. *Surface Coatings International Part A: Coatings Journal*(86(2)), ss. 58-65.
- Ringman, M. (1996). *Trädbränslesortiment; Definitioner och egenskaper*. Uppsala: SLU.
- SCAN. (2001). *SCAN CM-40:01 Size distribution - wood chips for pulp production*. SCAN.
- SKSFS. (11 2014). Skogsstyrelsens föreskrifter om virkesmätning. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Strindberg, S. (1984). *Bestämning av fraktionsfördelning hos trädbränslen: Analysmetodik*. Stockholm: Sveriges Mekanstandardisering.
- Strömberg, B., & Herstad Svärd, S. (2012). *Bränslehandboken*. Stockholm: Värmeforsk.
- Torgrip, R., & Fernández-Cano, V. (2017). Rapid X-ray based determination of moisture-, ash content and heating value of three biofuel assortments. *Biomass and Bioenergy*, 161-171.

PRODUKTIFIERA FÖR OPTIMAL BRÄNSLEBAS

Skogs- och energibranscherna har här enats om ett konkret förslag till klassning och karaktärisering av skogsbränslen. De verktyg och metoder som behövs för att kunna mäta kvalitetsparametrarna finns på plats. Men för att hantera de föreslagna produktklasserna i ett flöde och per leverans efterfrågas snabbare och billigare tekniker och metoder.

Föreslagna affärsmodeller och redovisningslösningar öppnar upp för att genomföra skogsbränsleaffärer på fler sätt än idag. Det nya VIOL 3, som är ett etablerat system för affärer och aktuell information om genomförda leveranser i hela kedjan mellan skog och industri, kommer att innebära nya sätt att beskriva trädbränslesortiment i en ny struktur *sortimentskategori – handelssortiment – produkt*. Av de gränssättande faktorerna erhålls torrhalt från mätmetoden. De övriga faktorerna går i dagsläget inte att praktiskt mäta per leverans.

Det branschgemensamma IT-stödet för mätning och redovisning av biobränsleaffärer är ännu inte på plats men bedömningen är att systemet kommer att fungera för de önskade affärssätten då det implementeras i början av 2020. Däremot krävs ytterligare utveckling och möjlighet att hantera information i hanteringskedjan skog-industri för att till fullo kunna dra nytta av projektets förslag att bygga affären och styra produktionen av skogliga biobränslen med stöd av produkternas bränslerelaterade egenskaper.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se

