



Pelleteringsförsök med återvunnet trädbränsle

– Fullskaleförsök vid Helsinge Pellets AB i Edsbyn

Pelletizing trials with recycled wood fuel

– Full scale trial at Helsinge Pellets AB in Edsbyn

Pelletplattformen II



**Michael Finell, Carina Jonsson, Robert Samuelsson,
Mehrddad Arshadi och Markus Segerström**

Arbetsrapport 12 2016

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
S-901 83 UMEÅ

www.slu.se/sbt

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Pelleteringsförsök med återvunnet trädbränsle

– Fullskaleförsök vid Helsing Pellets AB i Edsbyn

Pelletizing trials with recycled wood fuel

– Full scale trial at Helsing Pellets AB in Edsbyn

Pelletplattformen II

**Michael Finell, Carina Jonsson, Robert Samuelsson,
Mehrddad Arshadi och Markus Segerström**

Nyckelord: Träpellets, kvalitet, RT-flis, experimentell design, emissioner

Arbetsrapport 12 2016
Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2016
Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning.....	4
Inledning.....	5
Material och metoder.....	6
Råvara.....	6
Utrustning	6
Experimentell design	6
Provtagning.....	7
Analyser.....	7
MLR-modellering.....	7
Resultat och diskussion	8
Spånegenskaper	8
Resultat från MLR-modellering	12
Koefficienter	12
Predikterade pelletsegenskaper.....	13
Inverkan av fukthalt.....	13
Inverkan av fukthalt och råvara	14
Emissionsmätningar	17
Möjliga felkällor	20
Slutsatser.....	21
Referenser.....	22

Förord

Detta försök genomfördes och finansierades inom ramen för Pelletplattformen II, ett industriforskningsprogram i samarbete mellan den svenska pelletsindustrin och institutionen för skogens biomaterial och teknologi vid Sveriges lantbruksuniversitet.

Försöket pågick mellan den 26 och 28 januari 2016. En hel del förberedelser och efterarbete krävdes också.

Tack till Anders Wall och personalen på Helsing Pellets AB i Edsbyn.

Finansiärer var Energimyndigheten, Pelletsförbundet och SLU.

Umeå den 2016-07-08

Michael Finell

Sammanfattning

Huvudsyftet med detta försök var att jämföra återvunnet trädbränsle med den vanliga råvaran (spånblandning, ca 50/50 av gran och tall) med avseende på processbarhet och pellets kvalitet. Försöket utfördes i full skala hos Helsinge Pellets ABs fabrik i Edsbyn.

Pellets producerades vid 3 olika fukthalter på det torkade RT-spånet och på den vanliga råvaran. Fukthalterna på spånet efter torkning varierades mellan 6 % och 15 %. Prover av spån togs ut innan pressarna samt av pellets producerade vid de olika fukthalterna direkt efter pelletspressen.

Alla prover transporterades till SLU i Umeå direkt efter produktion för analys av hållfasthet, andel finmaterial, bulkdensitet samt emissioner vid lagring.

Försöket visade att det återvunna trädbränslet innehåller stora mängder metall, stenar och glas som inte är önskvärda att följer med i processen. Materialet går dock att hantera i processen och de pellets som producerades hade samma hållfasthet som pellets producerade av vanlig råvara. Bulkdensiteten för pellets producerade av återvunnet trädbränsle var dock något lägre än för pellets producerade av vanlig råvara. Askhalten i det återvunna trädbränslet varierade mycket men var minst 10 gånger högre än i den vanliga råvaran.

Lagringsförsök i laboratorieskala visade att emissionerna av koloxid, koldioxid och metan av pellets från återvunnet trädbränsle var betydligt lägre jämfört med pellets tillverkade av vanlig råvara.

Inledning

Pelletsindustrin är hela tiden i behov av effektiviseringar för att upprätthålla sin konkurrenskraft, vilket t.ex. kan göras genom att använda en billigare och ofta då också en sämre råvara med avseende på askhalt och förbränningsegenskaper. Det finns dock anläggningar som kan hantera bränslen med sämre förbränningsegenskaper men betalförmågan för dessa är naturligtvis lägre.

Träfraktioner som utsorterats bygg-, rivnings- och industriavfall emballagematerial, lastpallar kallas för returträbränslen. Alternativa namn är returträ respektive förkortningen RT (används ofta i sammanhang med flisat returträ; RT-flis). Materialet är ofta källsorterat, men ibland innehåller det främmande föremål, t.ex. metallbitar. Ofta är materialet också förorenat med metall, sand och sten och därför används ofta krossar istället för huggmaskiner, för att upparbeta bränslet [1].

Tidigare försök att pelletera RT-flis har visat sig vara problematiskt på grund av föroreningarna. Malning och pelletering av torrt material innehållande metall och stenar medför stor risk för gnistbildning och brand samt maskinhaveri [1].

Material och metoder

Detta försök utfördes hos Helsing Pellets AB i Edsbyn. Helsing Pellets AB tillhör Laxå Pellets AB och producerar 60 000 ton pellets årligen.

Råvara

Fabriken använder sig framför allt av färskt spån som råvara. Även torrt spån används i en mindre mängd.

HP-spån

Man använder en råvara som består av en blandning av ca 50 % gran och 50 % tall. Råvaran levereras i huvudsak från sågverk i närheten. En del av spånet lagras i högar i tre till tolv månader innan användning för att man ska uppnå en viss mognadsgrad vilket medför en högre pellets kvalitet. Vid normal produktion blandar man färskt och lagrat spån. I detta fall använde vi endast färskt spån, i denna rapport kallat "HP-spån"

RT-spån

För detta försök levererades ca 45 ton återvunnet trädbränsle av företaget m2Biobränsle i Ljung. Återvunnet trädbränsle är ett trädbränsle som tidigare har använts för ett annat ändamål än energikälla. Rivningsvirke och överblivet konstruktionsvirke är ett exempel på detta. I sönderdelad form kallas det populärt för returflis eller "RT-Flis". I denna rapport har vi kallat materialet för "RT-spån".

Utrustning

Spån matas in via fyra inmatningsfickor vilket gör att man kan blanda olika material med hög precision. Från inmatningsfickorna går materialet till en sållning där övergrov material (rejekt) avskiljs och skickas vidare till en hammarkvarn. Hammarkvarnen mal rejektfraktionen som därefter blandas med acceptmaterialet från sållningen. Innan pelletering torkas materialet till ca 10 % fukthalt i fyra trumtorkar och finmals därefter till en partikelstorlek < 5,5 mm. Vid både rejektvarnen och finkvarnen finns metall- och stenfallor för att avskilja oönskade material som kan följa med råvaruströmmen. Två pelletspressar av märket Andritz Sprout PM80 försedda med matriser med en längd på 80 mm och en diameter på 8 mm är kopplade till respektive linje. Efter pelleteringen kylde produkten till omgivande temperatur och finfraktionen sållades bort. Därefter transporterades produkten till lagring.

Experimentell design

En faktoriell design på tre nivåer för variabeln fukthalt för både RT-spån och vanlig råvara (HP-spån) användes. Fukthalterna justerades så att de varierade mellan 6 % och 14 %. Produktionen hölls konstant vid 1290 kg/h under provtagningarna. Även ångtillförseln hölls konstant så att materialet värmdes till 80 °C innan pelletering. Endast pelletspress nr 2 användes vid försöket. En sammanfattning av den experimentella designen visas i tabell 1.

Tabell 1. Sammanfattning av den experimentella designen

Provbeteckning	Råvara	Spånfukthalt	Provtagning
RTL1-3	RT	Låg	3 x spån och 3 x pellets
RTM1-3	RT	Mellan	3 x spån och 3 x pellets
RTH1-3	RT	Hög	3 x spån och 3 x pellets
HPL1-3	HP	Låg	3 x spån och 3 x pellets
HPM1-3	HP	Mellan	3 x spån och 3 x pellets
HPH1-3	HP	Hög	3 x spån och 3 x pellets

Provtagning

Representativa prover av fuktigt råspån på ca 1 l togs med jämna mellanrum direkt från transportbandet efter inmatningsfickorna. Prover av torkat spån innan pelletering (3 x 1 l) och av producerade pellets (3 x 10 l) togs ut för varje inställning.

Analys

Fukthalt/torrhalt, askhalt, extraktivämnehalt och fraktionsfördelning analyserades på de uttagna spånproverna. Följande metoder användes:

- Torrhalt SS-EN 14774-2:2009
- Askhalt SS-EN 14775:2009
- Fraktionsfördelning CEN/TS 15149-2:2006 (E)
- Extraktivämnehalten bestämdes genom extraktion i Soxhletutrustning (BÜCHI) med en blandning av petroleumeter och aceton (9:1) i 12 cyklar.

För de insamlade pelletsproverna analyserades följande kvalitetsegenskaper:

- Hållfasthet enligt SS-EN 15210-1:2010
- Bulkdensitet enligt SS-EN 15103:2010
- Fukthalt på pellets SS-EN 14774-2:2009
- Finfraktion bestämdes genom manuell sållning av pelletsen på ett 3,15 mm såll.
- Förändring av CO, CO₂, CH₄ och O₂ vid lagring (19 liters sluten behållare)

MLR-modellering

Multipel linjär regression (MLR) användes för att koppla de varierade faktorerna (fukthalt och råvara) till responserna (uppmätta pelletskvalitetsegenskaper) vid pelleteringsförsöken. Fukthalten behandlades som en kvantitativ variabel och råmaterial som en kvalitativ variabel. Följande förkortningar har använts för faktorerna: Fukthalt-FH, Råmaterial-RM (RT/HP).

Resultat och diskussion

I denna del presenteras och diskuteras resultaten från de analyser som gjorts på spån och pellets. Resultaten från MLR-analysen visar hur de olika råvarorna samt fukthalten efter torkning påverkar pelletskvaliteten.

Spånegenskaper

RT-spån

Fukthalten på spånet som togs ut på transportbandet efter inmatningsfickorna varierade under försöket mellan ett lägsta värde på 33,4 % och ett högsta värde på 39,7 %. Spånet var mörkbrunt till färgen och luktade kompost (mögel). Man kunde också se att materialet innehöll en hel del föroreningar i form av metall, glas och stenar. Extraktivämnehållningen i RT-spånet som användes under försöket varierade mellan 0,68 % och 1,02 % och askhalten på samma material varierade mellan 6,20 % och 13,6 %.



Figur 1. Närbild av RT-spån



Figur 2. Exempel på metallföreningar som hittades i RT-spånet.

HP-spån

Fukthalten på spånet som togs ut efter inmatningsfickorna varierade för detta material under försöket från ett lägsta värde på 53,3 % och ett högsta värde på 55,5 %. Extraktivämnehalten i HP-spånet som användes under försöket varierade mellan 1,31 % och 1,83 % och askhalten på samma material varierade mellan 0,32 % och 1,52 %.

Torkning

Torkningen av RT-spånet visade sig vara ganska svår att styra genom att materialet reagerade långsamt på temperaturändringar i torken. Tabell 2 visar inom vilka intervall för de olika inställningarna spånets fukthalt hamnade. För RT-spån varierade fukthalten mellan ca 7 % och 12,5 %. För HP-spånet lyckades vi styra torkningen så att vi fick en fukthaltsvariation mellan ca 5,5 % och 16 %. Observera att HPL- och HPM-försöken blev omkastade så att låg fukthalt erhöles för HPM och mellanfukthalt för HPL.

Tabell 2. Uppmätt fukthalt på torkat spån som gick in till pelletspressen.

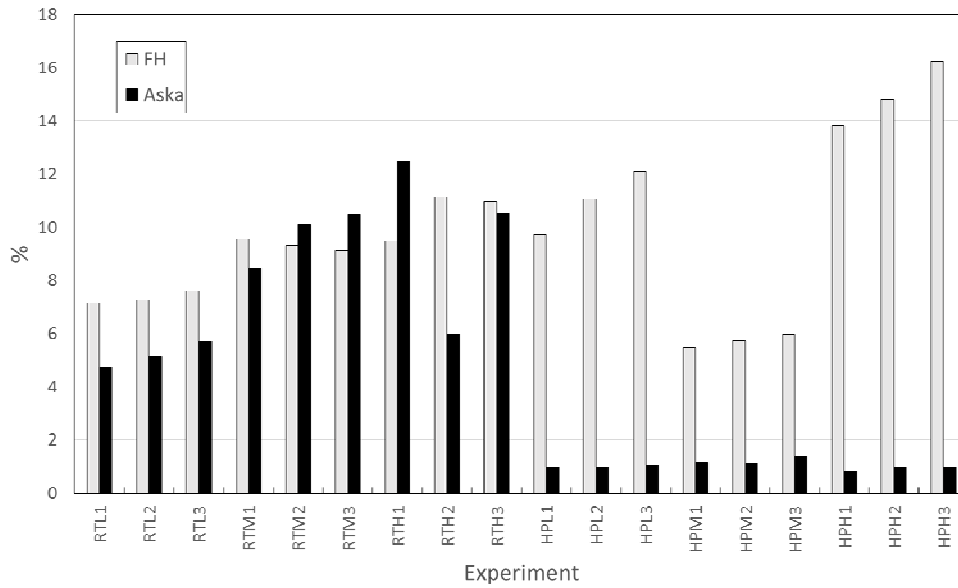
Provbeteckning	Råvara	Önskad spånfukthalt	Uppmätt spånfukthalt (%)
RTL1-3	RT	Låg	7,15 - 7,59
RTM1-3	RT	Mellan	9,10 - 9,54
RTH1-3	RT	Hög	9,47 - 11,1
HPL1-3	HP	Låg	9,73 - 12,1
HPM1-3	HP	Mellan	5,47 - 5,98
HPH1-3	HP	Hög	13,8 - 16,2

Askhalt

Askhalten för det torkade och malda RT-spånet varierade mellan 4,71 % och 12,5 % under försöket. För det torkade och malda HP-spånet varierade askhalten mellan 0,84 % och 1,40 %. Figur 3 visar askhalts- och fukthaltsvariationen för torkat och malt RT- och HP-spån vid de olika försöken.

Askhalten i försöken med HP-spån borde i normala fall vara lägre än 0,5 %. Den ovanligt höga askhalten för HP-spånet i detta fall beror antagligen på att vi har haft en viss kontaminering av RT-spån då försöken med RT-spån gjordes innan försöken med HP-spån. Detta syntes också tydligt på de producerade pelletarna som hade en betydligt mörkare färg än vid normal produktion. Kontamineringseffekten fanns kvar i upp till 12 h efter att försöket hade slutförts.

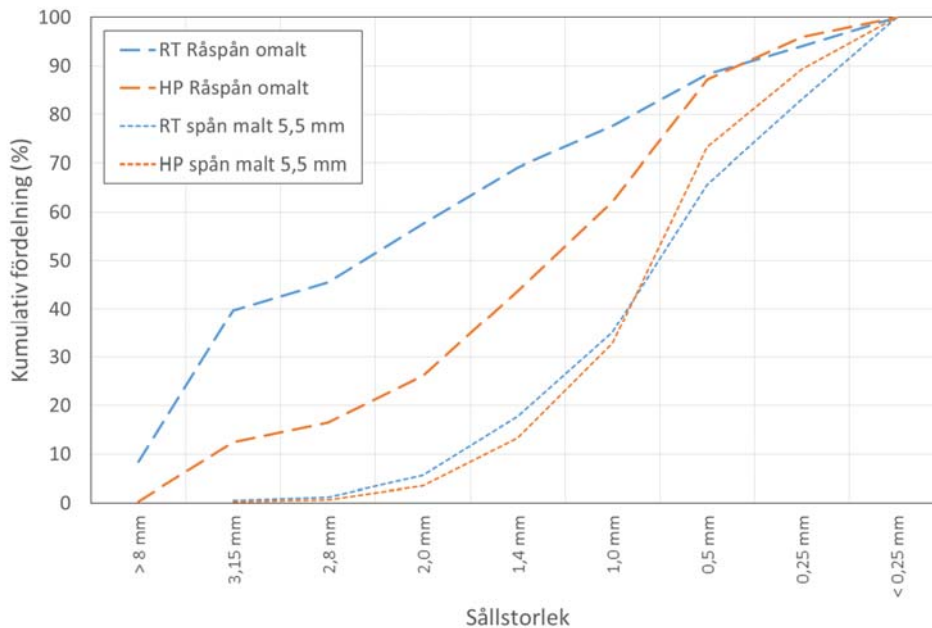
En hög halt av metall, stenar och glas är icke önskvärt i processen på grund av risk för gnistbildning och brand vid malning och pelletering samt ökat slitage i alla delar av processen. I detta försök kunde vi dock avskilja de största föroreningarna vid sållning och i kvarnarnas sten-/metallavskiljningsfickor. De föroreningar som följde med i processen gav inte direkt upphov till några större problem men antagligen hade slitaget på utrustningen ökat kraftigt vid användning av återvunnet trädbränsle som råvara under en längre period.



Figur 3. Fukthalts- och askhaltsvariation i torkat och malt spån från de båda råvarorna vid olika inställningar.

Fraktionsfördelning

Figur 4 visar den kumulativa fraktionsfördelningen av RT-spån och HP-spån både för omalt råspån och för finmalt spån som går in till pelletspressarna. Man kan tydligt se att RT-råspån innehåller betydligt mer större partiklar än HP-råspån. Det malda spån har dock liknande fraktionsfördelning både för RT-spån och för HP-spån.



Figur 4. Fraktionsfördelning för råspån och finmalt spån.

Resultat från MLR-modellering

Tabell 3 visar en sammanställning av MLR-modelleringen. R^2 beskriver hur väl modellen passar uppmätta data och Q^2 beskriver hur bra modellen är att prediktera nya data. R^2 och Q^2 kan variera mellan 0 och 1 och ju närmare 1 desto bättre modell. I detta fall kan vi konstatera att goda modeller erhöles för alla uppmätta responser.

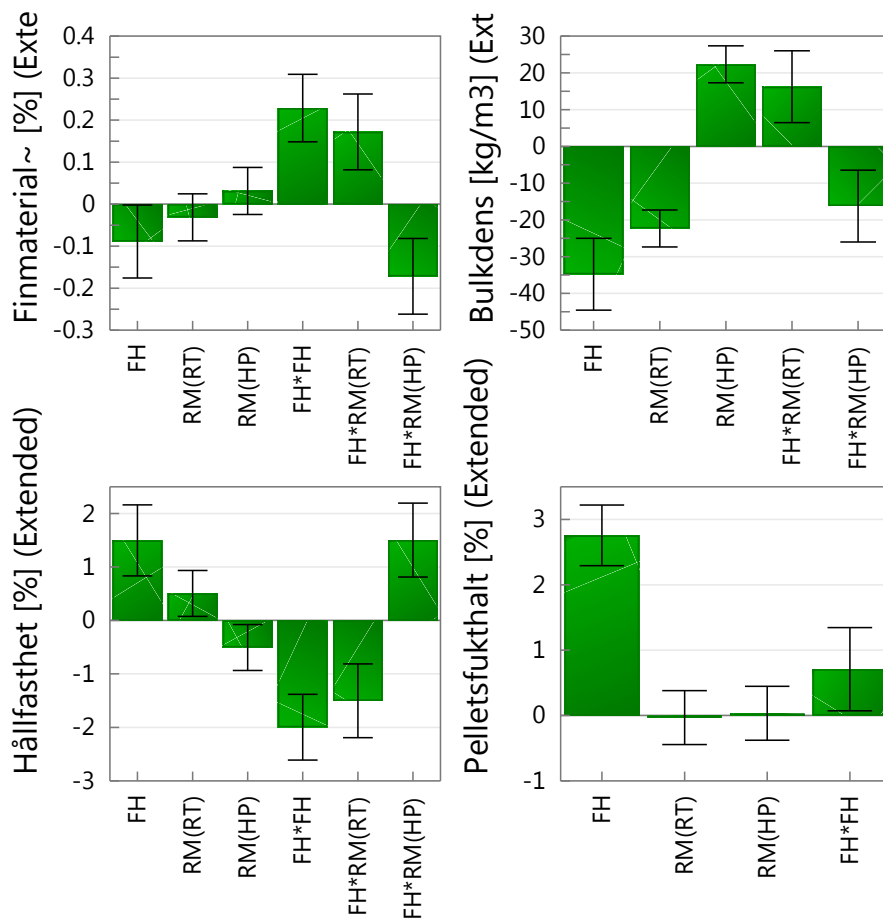
Tabell 3. Sammanställning av MLR-modellering.

Egenskap	R^2	Q^2
Bulkdensitet	0.96	0.94
Finfraktion	0.91	0.71
Hållfasthet	0.95	0.90
Pelletfukthalt	0.94	0.87

Koefficienter

I figur 5 visas hur de olika faktorerna och kombinationer av dessa påverkar de uppmätta pelletsegenskaperna (responserna). Dessa koefficienter används vid den matematiska modelleringen för att koppla faktorer mot responser.

Från figur 5 kan man utläsa att andel finmaterial påverkades av framför allt av den kvadratiske termen av fukthalten och av interaktionstermerna mellan fukthalt och råmaterial, dvs. dessa parametrar samverkar. Bulkdensiteten påverkades främst av fukthalten men också av de olika råmaterialen och interaktionstermerna mellan fukthalt och råmaterial. Hållfastheten påverkades av i princip samma termer som andelen finmaterial men i omvänd ordning. Pelletsfukthalten påverkades som förväntat endast av fukthalten på den ingående råvaran.



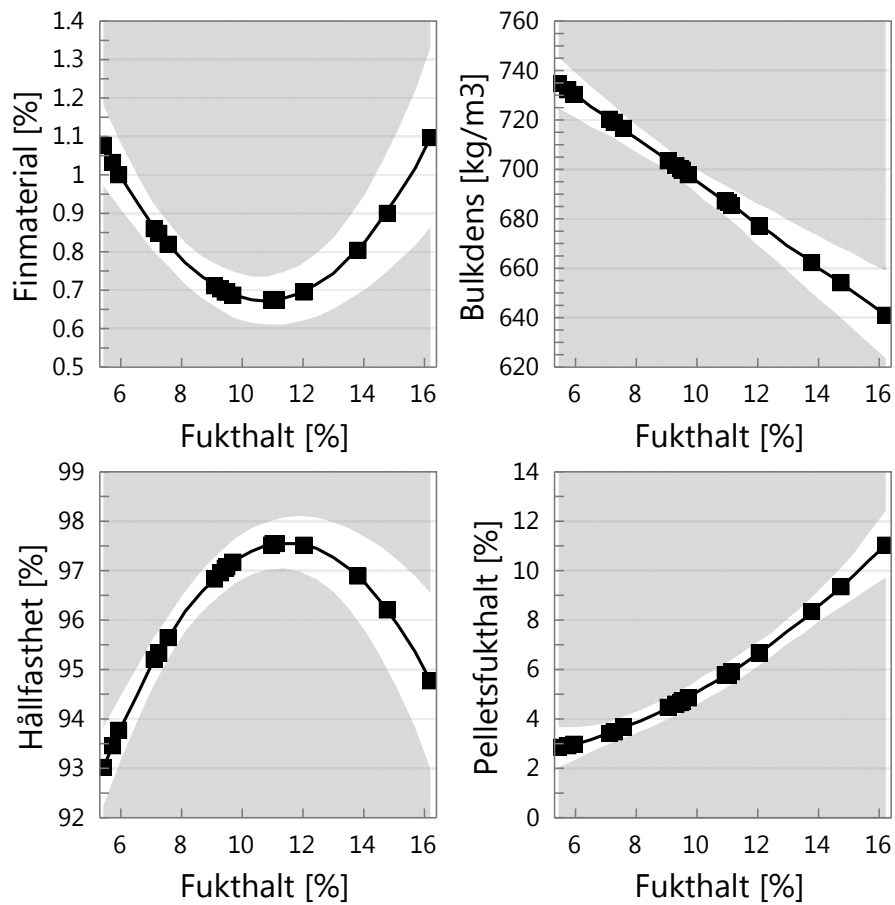
Figur 5. Koefficienter för MLR-modellering.

Predikterade pelletsegenskaper

I detta avsnitt presenteras och diskuteras hur de uppmätta parametrarna/egenskaperna påverkas av de enskilda faktorerna som har varierats i försöket, d.v.s. inverkan av råvarans fukthalt efter torkning och råvarorna RT-spån och HP-spån.

Inverkan av fukthalt

Fukthalten på materialet som går in till pressarna är den absolut viktigaste processparametern. Figur 6 visar generellt hur råvarans fukthalt efter torkning påverkar de uppmätta pelletsegenskaperna. Andelen finmaterial har som förväntat ett tydligt minimum vid en viss fukthalt. Detta sammanfaller väl för hållfasthetens maximum. Bulkdensiteten minskar med ökande fukthalt och pelletsfukthalten ökar med ökande fukthalt på den ingående råvaran.

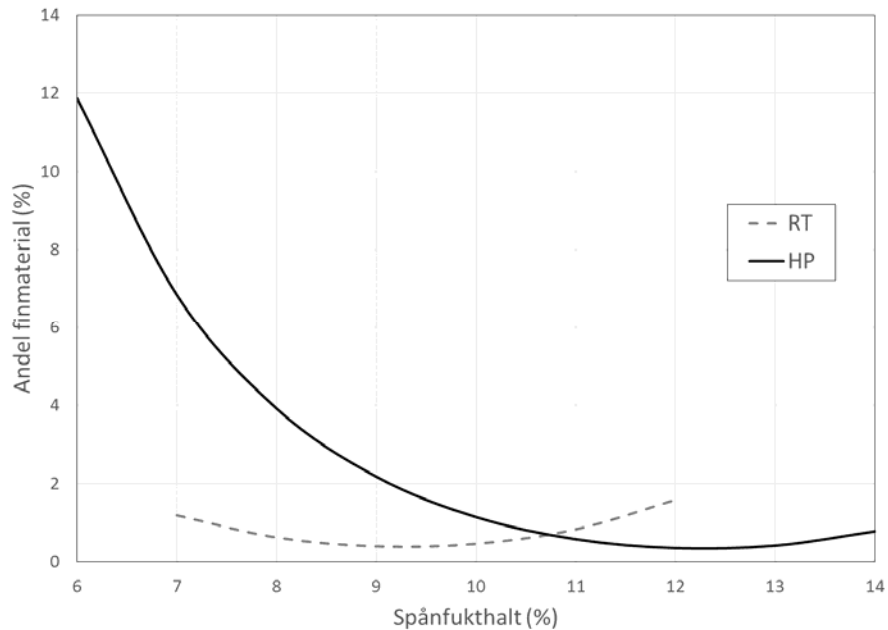


Figur 6. Inverkan av råvarans fukthalt på de uppmätta pelletsegenskaperna.

Inverkan av fukthalt och råvara

Figurerna 7-10 visar en mer detaljerad prediktion över hur råvarans fukthalt påverkar pelletsegenskaperna för RT-spån och HP-spån.

Figur 7 visar att andelen finmaterial är som lägst vid en fukthalt på ca 9,5 % för RT-spån och på ca 12,5 % för HP-spån.



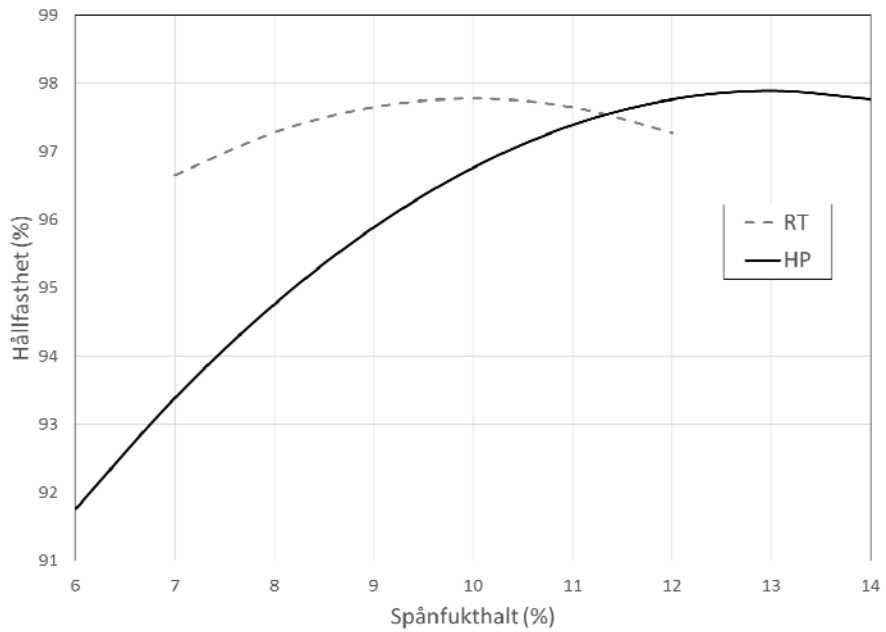
Figur 7. Andelen finmaterial som en funktion av spånfukthalt för RT-spån och HP-spån.

Figur 8 visar att hållfastheten är som högst vid ca 10 % fukthalt för RT-spånet och vid ca 13 % för HP-spånet. Vid försöken gjordes också iakttagelsen att RT-spånet verkade vara mindre känsligt för variationer i fukthalt än HP-spånet och att pellets med bra hållfasthet och låg andel finmaterial kunde produceras inom hela det fukthaltsintervall som studerades.

Figur 9 visar bulkdensiteten som en funktion av råvarans fukthalt för RT-spån och HP-spån. RT-spånet ger en lägre bulkdensitet än HP-spånet över hela det studerade fukthaltsintervallet men speciellt vid låga fukthalter. Under produktionen registrerades inte energiåtgången vid pelletering men operatörerna på anläggningen i Edsbyn var av åsikten att man inte kunde hålla samma produktionskapacitet vid pelletering av RT-spån som för HP-spån, d.v.s. pelletering gick tungt.

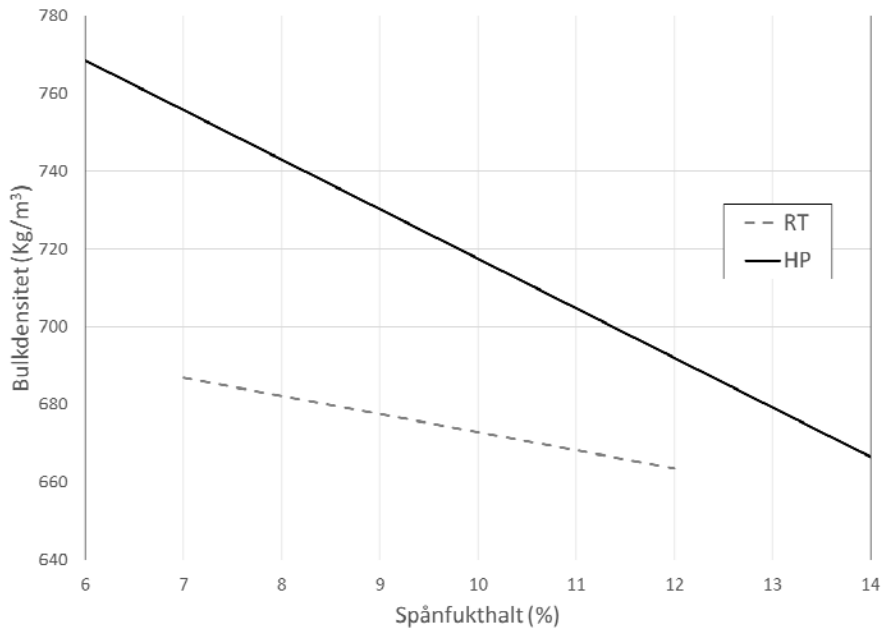
Intressant är att jämföra denna studie med ett tidigare försök i pilotskala där tallspån lagrades under ett halvår och material togs ut för pelleteringsförsök med jämna mellanrum. I den undersökningen flyttades den optimala fukthalten för spånet med avseende på hållfasthet mot högre värden när mer lagrat spån användes. Bulkdensiteten ökade också för pellets tillverkade av lagrat spån [2].

Man kunde anta att RT-spånet i denna undersökning skulle motsvara ett spån med lång lagringstid och uppvisa liknande egenskaper vid pelletering som i ovan nämnda studie men så var inte fallet. Det verkar istället vara andra faktorer som påverkar den optimala fukthalten.

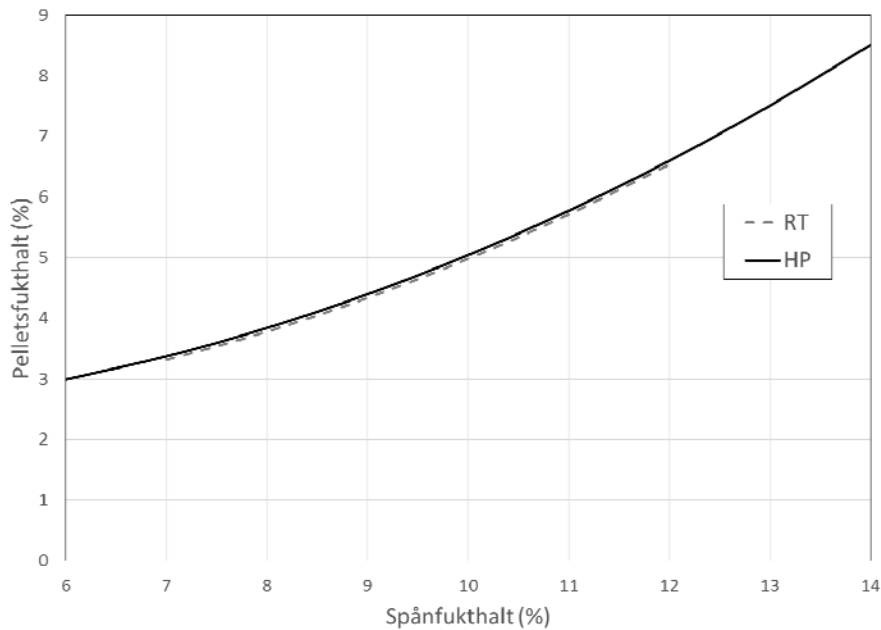


Figur 8. Hållfastheten som en funktion av spånfukthalt för RT-spån och HP-spån.

Figur 10 visar pelletsfukthalten som en funktion av råvarufukthalten. Både RT-spån och HP-spån följer samma funktion. En spånfukthalt på 10 % ger en pelletsfukthalt på 5 % för båda spånstörorna. Vid en spånfukthalt på 13 % får man en pelletsfukthalt på 7,5 % för båda spånstörorna.



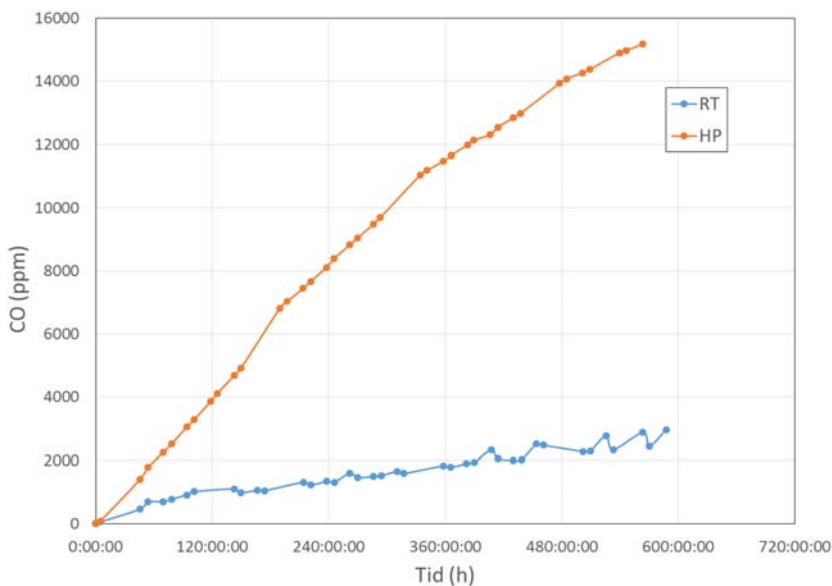
Figur 9. Bulkdensiteten som en funktion av spånfukthalt för RT-spån och HP-spån.



Figur 10. Pelletsfukthalten som en funktion av spånfukthalt för RT-spån och HP-spån.

Emissionsmätningar

Figurerna 11-15 visar emissionerna av kolmonoxid (CO), koldioxid (CO₂), metangas (CH₄) och förändringen i syrgashalt (O₂) under lagring av RT-pellets och HP-pellets i gastäta 19-literbehållare under en period på ca 580 timmar (ca 24 dygn).



Figur 11. Kolmonoxidhalten vid lagring av RT-pellets och HP-pellets.

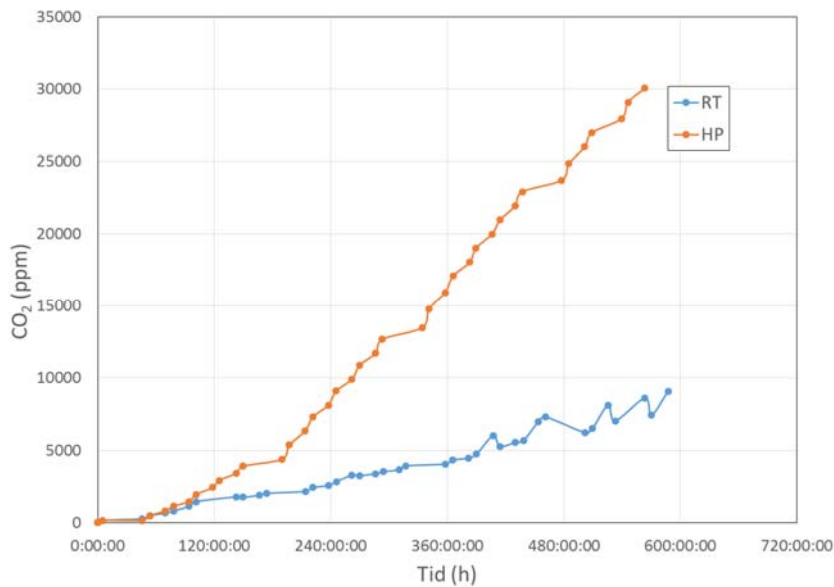
Figur 11 visar att det utvecklas betydligt mer kolmonoxid vid lagring av HP-pellets än vid lagring av RT-pellets. HP-pellets kommer upp i nivåer på över sammanlagt 15 000 ppm CO medan RT-pellets endast utvecklar ca 3 000 ppm CO under samma tidsperiod.

Figur 12 visar att koldioxidhalten för lagring av HP-pellets stiger till ca 30 000 ppm medan den stiger endast till ca 9 000 ppm för RT-pellets.

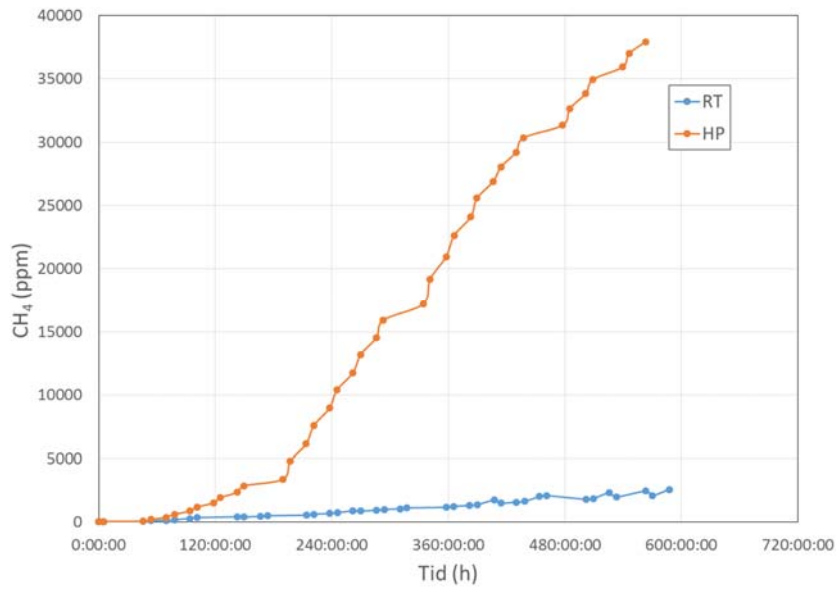
Figur 13 visar att metangashalten för lagring av HP-pellets stiger till ca 38 000 ppm medan den hamnar på ca 2 500 ppm för RT-pellets.

Figur 14 visar att syrgashalten för lagring av HP-pellets sjunker till 8,5 % som lägst medan den ligger ganska konstant kring 20 % för RT-pellets.

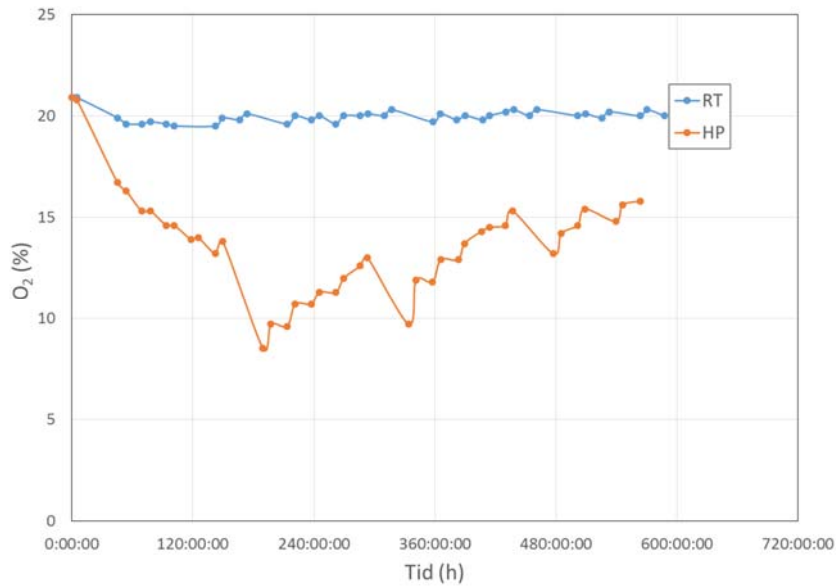
Sammanfattningsvis kan man konstatera att HP-pellets tillverkade av färskt spån är betydligt mer reaktiva än RT-pellets tillverkade av returflis.



Figur 12. Koldioxidhalten vid lagring av RT-pellets och HP-pellets.



Figur 13. Metangashalten vid lagring av RT-pellets och HP-pellets.



Figur 14. Syrgashalten vid lagring av RT-pellets och HP-pellets.

Möjliga felkällor

Vid all experimentell verksamhet i industriell skala så är det svårt att eliminera alla störande faktorer som kan påverka resultatet. I detta fall har vi identifierat några möjliga felkällor som kan ha påverkat resultatet:

- Råvaran – omöjligt att veta om råvaran är konstant både inom en försöksserie och mellan försöksserierna. Vilket träslag är RT-spånets och finns det impregnerat virke i materialet?
- Fukthaltsstyrning – svårt för operatörerna att styra fukthalten efter torkarna till önskade nivåer, detta är ofta ett problem vid försök i industriell skala.
- Provtagning – svårt att ta ut representativa prover i en industriell miljö.
- Kontaminering – försöket startade med RT-spån och det är svårt att bedöma när enbart ”rent” RT-spån strömmade genom processen. Likaså vid byte till HP-spån så kunde man konstatera att RT-spånets missfärgade de producerade pelletarna under en lång tid, upp till 12 h efter att försöket slutförts. Detta märktes tydligt på askhalten i pellet tillverkade av HP-spån. Det är oklart vilken effekt den höga askhalten har på pelleteringsegenskaperna.

Slutsatser

Huvudsyftet med detta försök var att jämföra återvunnet trädbränsle (RT-spån) med den vanliga råvaran (HP spån - spånblandning, ca 50/50 av gran och tall) med avseende på processbarhet och pellets kvalitet. Försöket utfördes i full skala hos Helsinge Pellets ABs fabrik i Edsbyn.

Försöket visade att det är möjligt att processa återvunnet trädbränsle till pellets men denna råvara innehåller mycket föroreningar i form av stenar, metall och glas. För att kunna hantera råvaran i processen är det viktigt att avskilja dessa föroreningar i ett så tidigt skede som möjligt. Man kan på goda grunder anta att vcdet återvinna trädbränslet kommer att ge problem med ökat slitage och ökad risk för gnistbildning i kvarnar.

Pellets producerade av det återvunna trädbränslet uppvisade liknande hållfasthetsegenskaper och smulbildningsegenskaper som pellets tillverkade av normal råvara. Optimala pelletsegenskaper med avseende på styrka uppnåddes dock vid olika fukthalter på råvaran. Återvunnet trädbränsle krävde torkning till några procentenheter lägre fukthalt (ca 10 % FH) jämfört med normal råvara (ca 13 % FH) för att uppnå optimal hållfasthet. Bulkdensiteten för pellets tillverkade av återvunnet trädbränsle var 5-10 % lägre än för pellets av normal råvara över hela det undersökta fukthaltsintervallet.

En intressant iakttagelse är att pellets tillverkade av återvunnet trädbränsle är betydligt bättre jämfört med pellets tillverkade av normal råvara med anseende på spontana emissioner (så kallad off-gassning). Resultaten visade på betydligt lägre emissioner av koloxid, koldioxid och metan under kontrollerade mätningar vid lagring av pellets tillverkade av RT-spån jämfört med pellets tillverkade av HP-spån. Förbrukningen av syre för pellets tillverkade av RT-spån var också betydligt lägre än för pellets tillverkade av HP-spån. Detta indikerar att autoxidationsprocessen för pellets tillverkade av RT-spån är betydligt lägre vid lagring av dessa pellets jämfört med pellets tillverkade av HP-spån.

Referenser

1. Burman, D. Förbränning av returträbränsle (RT-flis) med svaveladditiv. Examensarbete i Energiteknik, Umeå Universitet, Energiteknik och Termisk processkemi, 2005.
2. Samuelsson, R., Larsson, S.H., Thyrel, M., Lestander, T.A. Moisture content and storage time influence the binding mechanisms in biofuel wood pellets. Applied Energy, Volume 99, November 2012, Pages 109-115