

# **Pelletering av granbaserad råvara med inblandning av rapskaka vid Derome-fabriken i Kinnared**

**Torbjörn Lestander  
Robert Samuelsson  
Michael Finell  
Mehrdad Arshadi**

**Pelletsplattformen  
SLU BTK Rapport 2011:4**

SLU

Biomassateknologi och Kemi (BTK)



## **Förord**

Industriförsöket vid Deromes fabrik i Kinnared, Halland, genomfördes 22-24 september 2009. Fabriken är unik i avseendet att all torkning är indirekt och att förtorkar används. En annan specialitet är att fabriken är integrerad med ett sågverk och ett hyvleri. En del av spånen köps från närliggande sågverk. För första gången testades inblandning av rapskaka eftersom responsförsök i forskningspiloten BTC indikerat att ångtillsats och rapskakeinblandning gett ökad hållfasthet.

För genomförandet riktas ett varmt tack till Deromes personal och speciellt till de skiftlag som deltog i försöket samt till produktionschef Ola Blohm, samtliga vid Derome Energi. Ett tack riktas även till Jenny Högström och Björn Hedman för hjälp med provtagning under försöket och till Carina Jonsson för kemiska analyser.

Rapporten är författad av Torbjörn Lestander, Robert Samuelsson, Michael Finell och Mehrdad Arshadi.

Umeå i september 2009

Torbjörn Lestander  
Docent och programdirektör för Pelletsplattformen

Rapporten färdigställdes slutligen i aug 2011.

## **Sammanfattning**

Ett fabriksförsök genomfördes vid Derome pelletsfabrik i Kinnared där rapskaka blandades in granspån. En CCF experimentell design med tre kvantitativa variabler på tre nivåer användes. Designen omfattade följande parametrar och deras variation: spån av tre olika fukthalter (9, 11 och 13 % baserad på råvikt); inblandning av rapskaka 0, 0,8 respektive 1,6 % (vikts-%) och tillsats av ånga 10, 20 och 30 kg/ton. Den statistiska analysen baserad på MLR visade att fukthalten var den viktigaste parametern för alla uppmätta responser. Inblandning av rapskaka påverkade pelleteringen genom minskad strömförbrukning vid pressningen men gav i detta fall en lägre kvalitet på produkten, främst genom minskad hållfasthet.

## 1. Inledning

Jordbruket avkastar ett flertal biprodukter av intresse för pelletsindustrin. En nackdel med många agrobaserade råvaror är att de uppvisar en mer varierande sammansättning av askelement samt har högre halt av aska än spån från ved. Inblandning i spån kan därför vara ett sätt att nyttja agrobaserade råvaror för tillverkning av bränslepellets och samtidigt bibehålla högsta kvalitetsklass. En kritisk kvalitetsgräns när höga andelar agromaterial blandas in är askhalt i pellets.

Det finns också ett flertal industriella biprodukter som är av intresse som additiv, dvs inblandning upp till några få procent för att uppnå speciella syften. En sådan är pressresterna efter produktion av rapsolja. Dessa rester innehåller bl.a. fetter och biooljor men även andra biomolekyler som ingår i rapsfrö.

I ett försök vid BTC-piloten har inblandning av dessa pressrester i träspån uppvisat intressanta och oväntade resultat i ett responsförsök. I detta försök gav vissa kombinationer av tillsatt ånga och rapsrester förhöjd hållfasthet samtidigt som pressens strömförbrukning minskade.

Syftet med industriförsöket som beskrivs nedan var, förutom att nyttja pressrester av raps i storskalig pelletproduktion, att söka verifiera dessa observationer samt optimera processen utifrån olika inblandningar av rapsrester, dvs. att ta fram ett processrecept för pelletsindustrin.

## 2. Metoder och material

### 2.1 Försöksuppläggning

Sågspån från gran och hyvelspån från torkade plank och bräder av gran användes som råvara i försöket. Blandningsförhållandet var 70 % sågspån och 30 % hyvelspån under hela försöket. I tabell 1 anges den experimentella designen för försöket.

Tabell 1. Försöksdesign för optimering av variationer i fukthalt efter tork, rapsinblandning och ångtillsats.

Turordning	Försök	Fukthalt %	Rapsinblandning %	Ångtillsats kg/ton
1	DE01	9	0	1
2	DE02	9	0	3
3	DE03	9	0,8	2
4	DE04	9	1,6	3
5	DE05	9	1,6	1
6	DE06	11	0	2
7	DE07	11	0,8	2
8	DE08	11	0,8	3
9	DE09	11	0,8	1
10	DE10	11	1,6	2
11	DE11	11	0,8	2
12	DE12	13	0	1
13	DE13	13	0	3
14	DE14	13	0,8	2
15	DE15	13	1,6	1
16	DE16	13	1,6	3
17	DE17	11	0,8	2

En CCF-design (Central Composite Face Centered) genererad av programmet MODDE 9.0.0.0. användes i detta försök. Designen inkluderar tre kvantitativa faktorer på tre nivåer samt tre centerpunkter. Totalt innebär detta att 17 experiment med olika inställningar på processparametrarna genomförs.

Rapskaka från företaget Vegolia AB, Falkenberg, blandades in i pelletsråvaran ca 5 minuter uppströms tillsats av ånga och efterföljande pelletering. En kemisk analys visade att rapskakan innehöll 22,4 % extraktivämnen, varav huvuddelen sannolikt var olika fetter och biooljor.

Den ursprungliga försöksdesignen var baserad på en press (press 2) och ca 3 ton produktion per timme. På grund av inblandningsskruvens utväxling var det inte möjligt att blanda in avsedda nivåer rapskaka vid denna produktion varför ytterligare en press (press 1) startades. Detta innebar att produktionen fördubblades under försöket och fabriken gick på full kapacitet. Turordningen mellan försöken kastades även om på grund av praktiska svårigheter att styra fukthalten till lämplig nivå på kort tid. Därför påbörjades försöken med 13 % fukthalt för att successivt gå till 9 % med en del omkastningar mellan 9 och 11 % fukthalt i senare delen av den tid det tog att genomföra hela försöket.

Inför försökets genomförande hade Derome tillverkat ett inmatningssystem för olika additiv, se figur 1.



Figur 1. Frekvensstyrd inmatningsskruv med tratt för påfyllning.

Utmatningsskruvens massflöde hade kalibrerats av Deromes personal genom att mäta det linjära massflödet vid olika rotationshastighet på utmatningsskruven. Under försöket var målet att blanda in 0, 0,8 respektive 1,6 vikts-% av sönderdelad rapskaka i spånströmmen.

## 2.3 Provtagning

### 2.3.1 Prover

Prover om ca 4 och 7 liter togs från materialströmmen av torkat spån och torkat spån efter ångtillsats respektive pellets med 10 eller 15 minuters intervall under respektive försöksomgång. Totalt togs tre prover per experiment och provtagningsposition. Proverna hälldes i en gastät plastpåse som tillslöts hermetiskt med hjälp av en plastsvets. Proverna förvarades efter transport till SLUs forskningspilot BTC i kyl (ca +4°C) fram till analys. Totalt insamlades 165 prover (3×3×17 + 12) under försöket.

## 2.4 Parametrar och responsvariabler

### 2.4.1 Pressdata

Insamlade data från pressarna anges i tabellen nedan, tabell 2. Samplingsfrekvensen var ca 0,01 Hz.

Tabell 2. Från fabriken informationssystem samlades följande pressdata.

Variabel	Medeltal	Standard- avvikelse	Minvärde	Maxvärde
Ström press 1	360,5	29,5	223,5	408,8
Ström press 2	316,1	44,2	243,6	407,5
Varvtal press 1	52,4	5,8	10,2	59,8
Varvtal press 2	52,5	4,8	40,0	59,9
Temperatur rulle 1 press 1	160,8	14,0	135,2	177,5
Temperatur rulle 2 press 1	161,8	13,7	138,0	176,0
Temperatur rulle 1 press 2	141,7	9,7	129,0	166,0
Temperatur rulle 2 press 2	146,7	10,9	132,0	174,0

Tydligt avvikande observationer i början och slutet av en försöksperiod togs bort eftersom de kan ha varit påverkade av minneseffekter i systemet eller att försöket avbrutits tidigare än sista registrering av data. Totalt uteslöts 12 av 281 ström- och temperaturobservationer.

På grund av varierande varvantal korrigerades strömförbrukningen per press med aktuellt varvantal. Av tabellen framgår att medeltalen för såväl strömåtgång som rullarnas temperatur för press 1 är högre än motsvarande för press 2. I syfte att eventuellt finna orsaker till detta gjordes följande korrektion  $x - \mu$  för ström- och temperaturdata, där  $x$  är observerat värde och  $\mu$  är medeltal för alla observationer. Genom detta centrerades data för press till noll. Detta innebar att eventuella systematiska skillnader mellan pressarna eliminerades. Därför kunde två nya responsvariabler beräknas där data beskriver variationer i skillnad mellan pressarna för varje försök

### 2.4.2 Ingångsparametrar

Ingångsparametrar för processreceptet var spånets fukthalt, tillsats av pressrester från rapsfrö vid produktion av rapsolja samt tillsats av ånga. I tabell 3 anges är-värden till skillnad från bör-värden som finns i försöksplanen (tabell 1). Ångtillsatsen är här definierad som skillnad i spånets fukthalt före och efter ångtillsats.

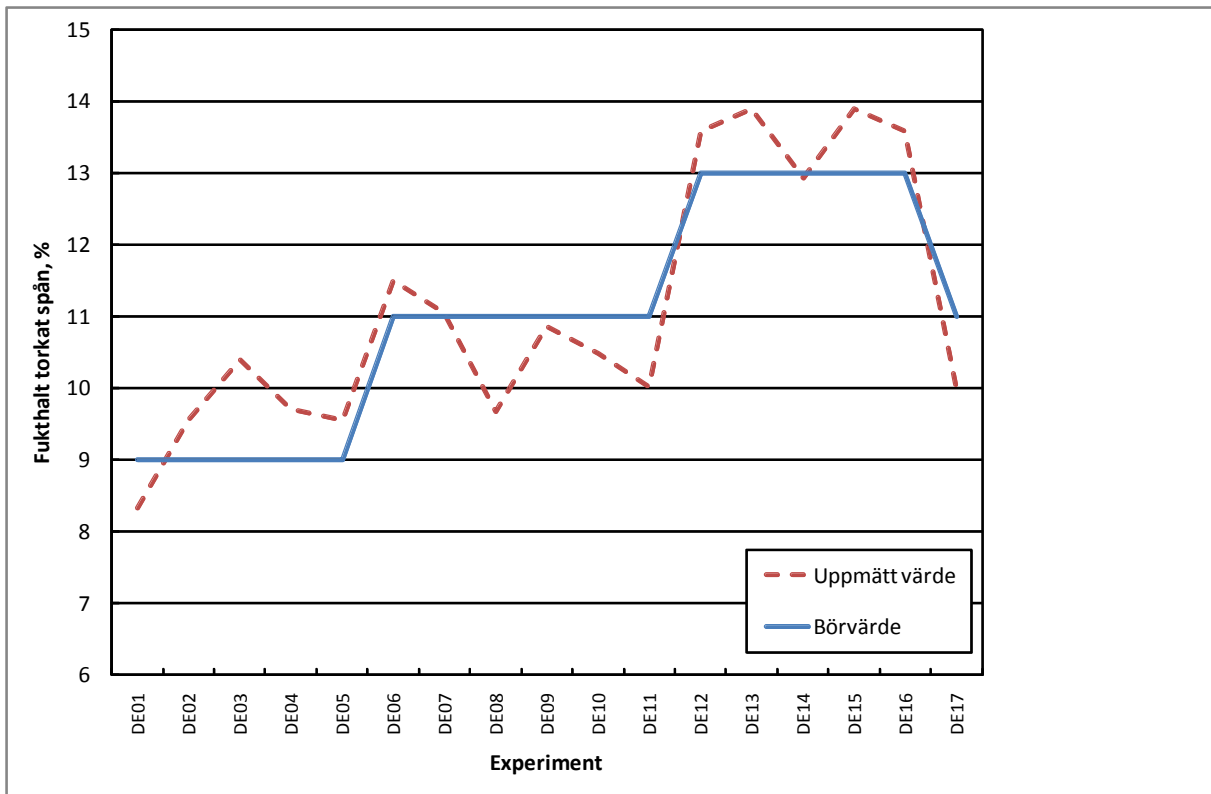
Tabell 3. Försökets ingångsparametrar i form av är-värden.

Försök nr	Fukthalt spån %	Fukthalt spån efter ånga %	Raps (vikt) %	Ånga** (ökad fukthalt) %
1	8,3	9,4	0	1,1
2	9,6	12,1	0	2,5
3	10,4	13,5	0,8*	3,1
4	9,7	12,4	1,8	2,7
5	9,5	10,4	1,8	0,8
6	11,5	13,2	0	1,7
7	11,1	12,6	0,8	1,5
8	9,7	12,5	0,8	2,8
9	10,91	11,8	0,8	0,9
10	10,5	12,2	1,8	1,8
11	10,0	11,7	0,8	1,7
12	13,6	-	0	0,9*
13	13,9	-	0	2,7*
14	12,9	-	0,8	1,9*
15	13,9	-	1,5	0,9*
16	13,6	-	1,5	2,7*
17	10,0	11,6	0,9	1,6

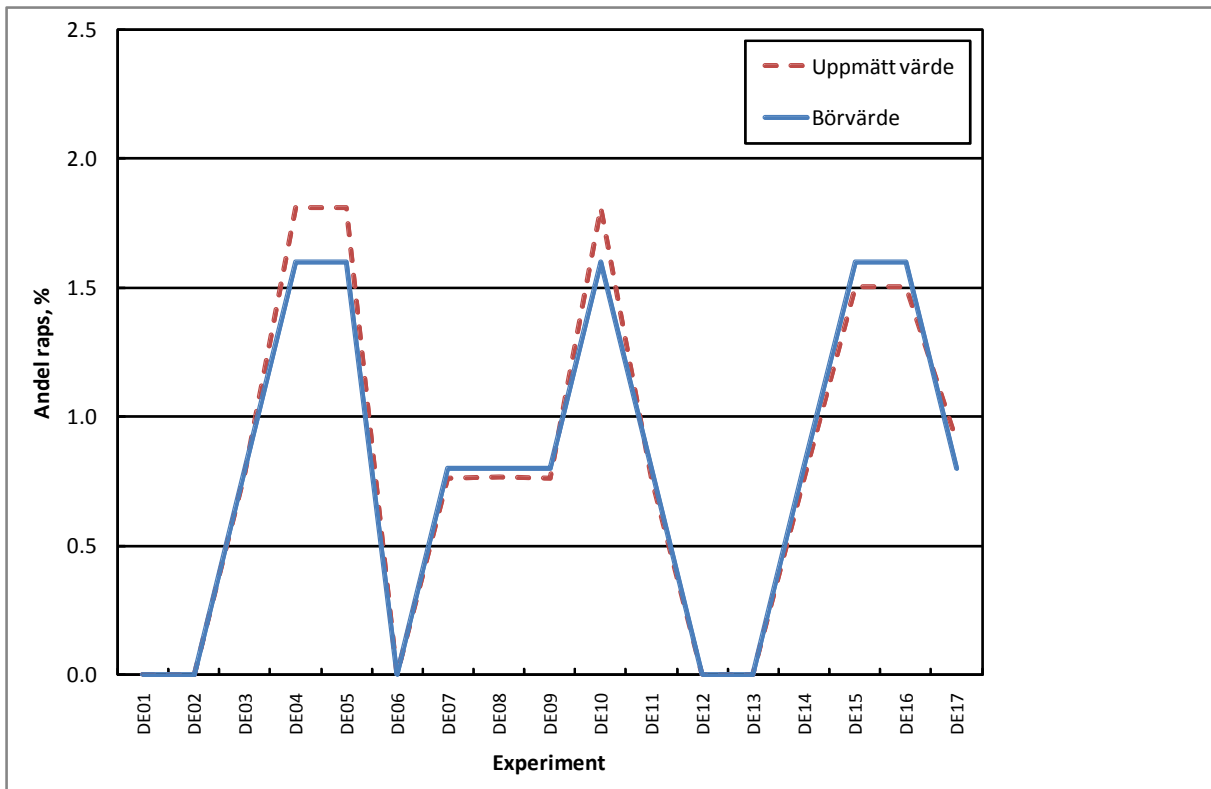
\* saknade värden ersatta med beräknade (medeltal för samma nivå)

\*\* ångtillsats motsvaras av ökning i fukthalt

Bild 2 till 4 visar hur de uppmätta ingångsparametrarna fukthalt, rapsinblandning och ångtillsats följer de inställda börvärdena. Rapsinblandning följer börvärdena ganska väl men fukthalten på spån in till pressarna och ångtillsatsen är svårare att kontrollera och de uppmätta värdena på dessa parametrar skiljer sig något från de inställda börvärdena.



Figur 2. Börvärde och uppmätt värde för olika inställningar på fukthalt.



Figur 3. Börvärde och uppmätt värde för olika inställningar på rapsinblandning






### 2.4.3 Responsvariabler

Responsvariabler är medeltal för pressarna ström- och temperaturdata samt variablerna fukthalt, hållfasthet och bulkdensitet för framställda pellets. Responsen ström är normaliserad mot varvtalet på pressarna. Två responsvariabler har utifrån beräkningar av observerade skillnader mellan press 1 och 2 lagts in som extra variabler. Medeltal för samtliga responsvariabler redovisas i tabell 4.

Tabell 4. Försökets responsvariabler, medeltal. Beteckningen inom parentes i rubrikraden är den som har används i figurerna.

Försök nr	Korr. ström (Ström)	Temp rullar °C (Rulltemp)	Fukthalt pellets % (MC_pell)	Hållfasthet % (Hållfasthet)	Densitet kg/m <sup>3</sup> (Densitet)	Fines % (Fines)	Ström P1 vs P2 (Str_diff)	Temp P1 vs P2 °C (Tem_diff)
1	8,5	169,5	4,5	94,7	738	14,1	-0,4	10,7
2	7,5	156,9	5,7	95,0	718	15,3	0,5	32,3
3	6,6	160,8	8,0	94,9	675	6,2	1,3	9,9
4	6,1	156,2	7,5	91,6	662	10,9	2,0	28,4
5	6,7	158,8	7,1	91,4	655	12,6	1,6	28,7
6	7,3	153,5	7,3	96,9	702	6,4	0,4	24,7
7	6,6	155,2	8,1	95,0	684	7,9	1,7	24,9
8	6,7	169,3	7,2	94,6	704	9,0	0,2	1,7
9	6,9	155,8	7,7	95,4	696	7,1	1,5	19,5
10	6,1	162,4	7,9	93,2	656	10,5	1,7	22,0
11	6,9	154,6	7,5	94,4	684	8,7	1,9	30,6
12	6,6	141,5	9,4	97,8	668	3,3	-0,0	6,5
13	5,8	136,3	11,0	97,6	633	3,2	0,0	7,1
14	5,5	141,4	10,3	96,0	639	4,3	0,3	2,9
15	5,2	135,8	10,6	94,6	610	5,0	0,5	5,2
16	4,7	133,9	11,6	94,1	589	7,2	0,5	6,3
17	6,8	155,3	7,2	93,0	692	10,6	1,5	30,5

### 2.4.4 Halt av extraktivännen

Analysen av extraktivännen uppvisade stora variationer från samma provmaterial. Materialet maldes till 1 mm över såll. Därefter torkades materialet vid 105 °C. Trots malningen fanns en kvardröjande grynighet i additivet rapskaka, vilket innebar att när 3 g prov togs enligt standardanalysen medförde grynigheten stora slumpfel. I de flesta fall analyserades därför 3-4 delprov och medelvärdet användes för bestämning av halten extraktivännen och data presenteras i tabell 5, se nedan.

Tabell 5. Analys av extraktivämnen i pellet (vikts-% av torrsvikt)

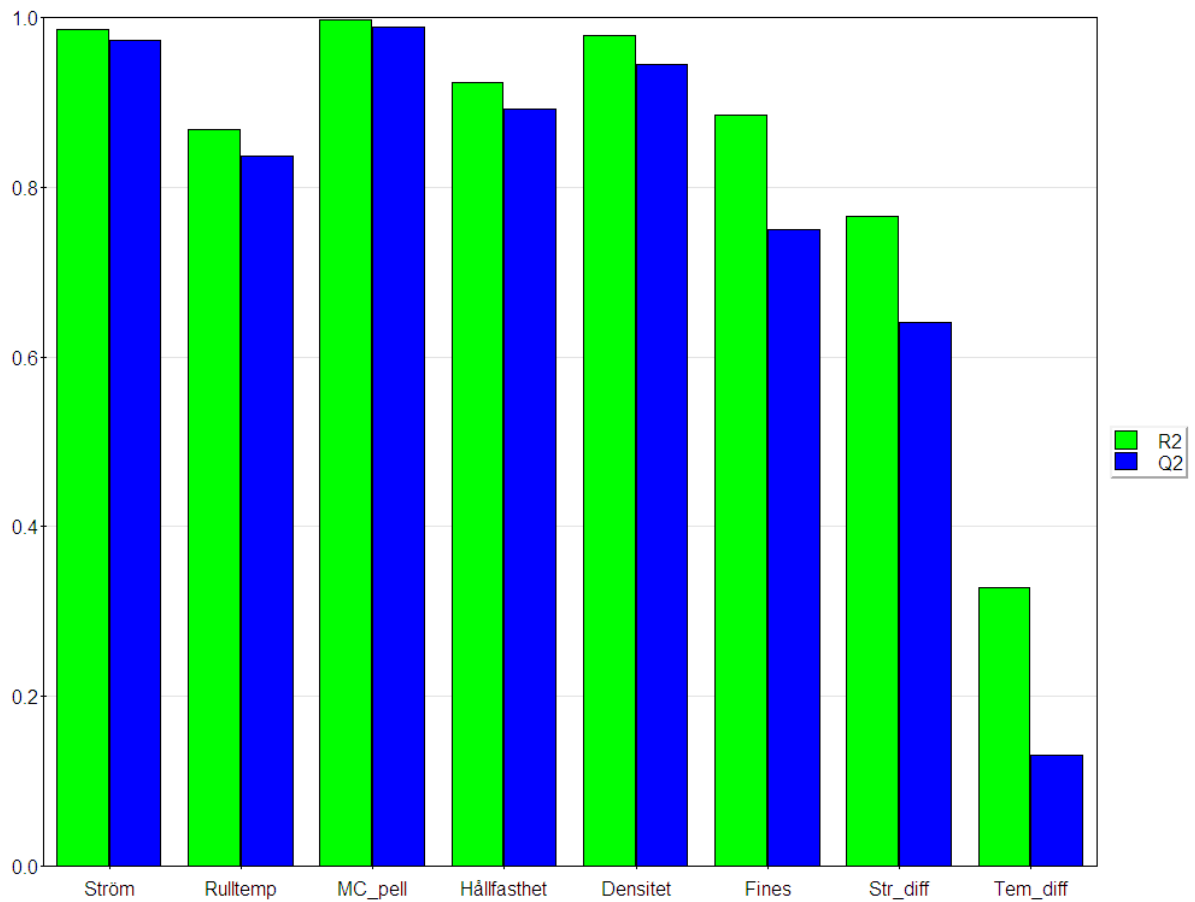
Spån	%	Pellets	medeltal	
			%	%
DeT1-988	0,95	DeP1-994-Press2	0,85	0,90
		DeP1-995-Press1	0,95	
DeT3-1007	0,91	DeP3-1013-Press2	1,20	1,02
		DeP3-1014-Press1	0,83	
DeT6-1035	1,01	DeP6-1041-Press2	0,81	0,95
		DeP6-1042-Press1	1,09	
DeT7-1045	1,13	DeP7-1051-Press2	1,04	0,87
		DeP7-1052-Press1	0,69	
DeT8-1055	0,88	DEP8-1061-Press2	1,01	1,04
		DeP8-1062-Press1	1,08	
DeT9-1065	0,84	DeP9-1071_Press2	1,01	0,88
		DeP9-1072-Press1	0,75	
DeT11-1084	0,65	DeP11-1090 Press2	0,59	0,51
		DeP11-1091 Press1	0,43	
DeT14-1106	0,71	DeP14-1109 Press2	0,81	0,91
		DeP14-1110 Press1	1,02	

Vid en inblandning av 0,8 % (försök 3,7, 8, 9, 11, och 14 i tabell 5) förväntades andelen extraktivämnen öka med 0,176 procentenheter eftersom rapskakan innehöll ca 22 % extraktivämnen. En jämförelse baserad på data i tabell 5 visar att ökningen i medeltal bara var 0,02 procentenheter. Utan tillsats minskade halten av extraktivämnen i pellets med 0,06 procentenheter i jämförelse med halten i spån. Inga systematiska skillnader fanns mellan innehåll av extraktivämnen i spån respektive pellets. Den kemiska analysen av extraktivämnen kunde inte heller påvisa några signifikanta skillnader mellan pellets från de olika pressarna. I genomsnitt var den 0,14 procentenheter för 0,8 %-inblandningen vilket indikerar olika fördelning mellan pressarna, men denna skillnad var inte signifikant.

### 3. Resultat och diskussion

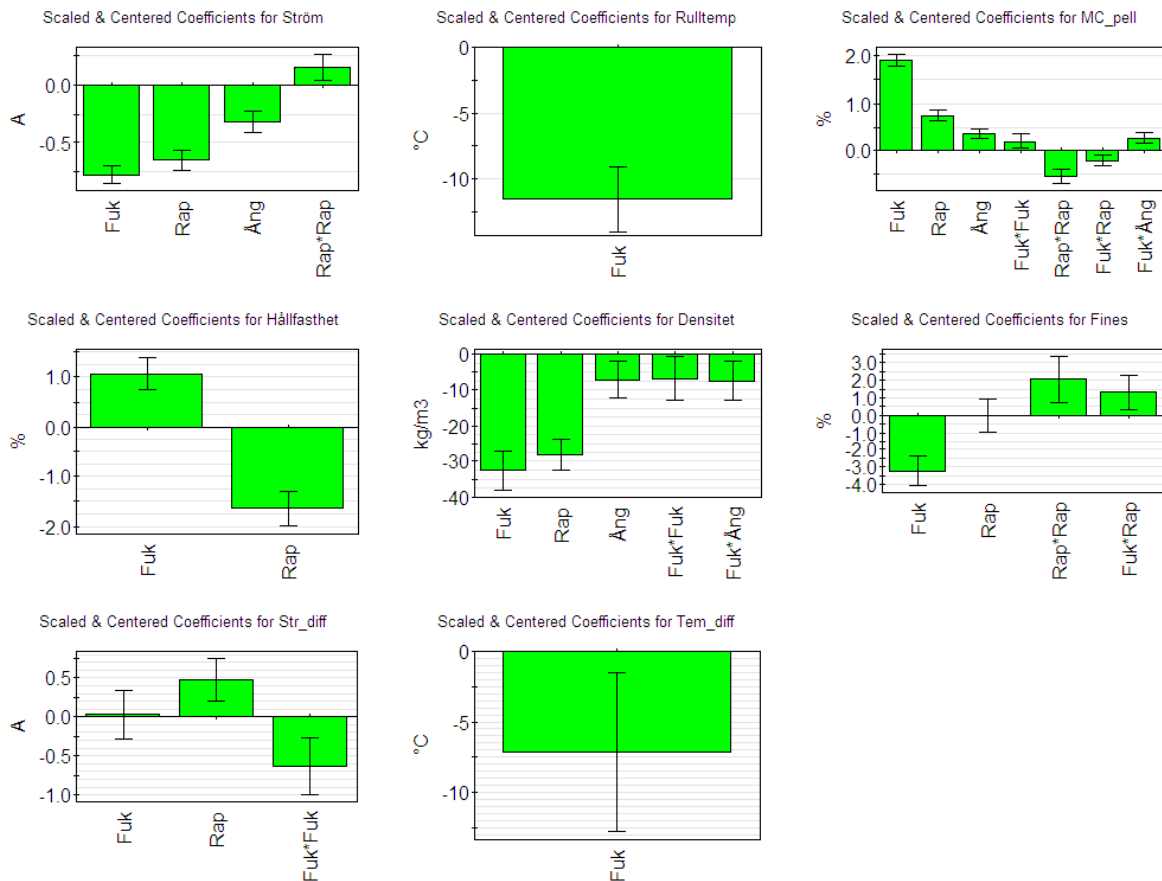
#### *MLR-modellering*

För att relatera processvariablerna till de uppmätta responserna så användes multipel linjär regression (MLR) och programmet MODDE 9.0.0.0.0. Modellerna är beräknade med en konfidensnivå på 95 %. Figur 5 visar hur väl det var möjligt att göra modeller för de olika responserna.  $R^2$  visar hur väl modellen beskriver variationen i uppmätt data och  $Q^2$  beskriver hur väl modellen kan användas för prediktion. Ett värde på 1 för både  $R^2$  och  $Q^2$  betyder en perfekt modell.  $R^2$  och  $Q^2$  bör alltså vara så höga som möjligt och skillnaden mellan dem så liten som möjligt för att modellen ska vara bra. Om både  $R^2$ - och  $Q^2$ -värdet ligger under 0,5 betyder det att modellen är dålig.



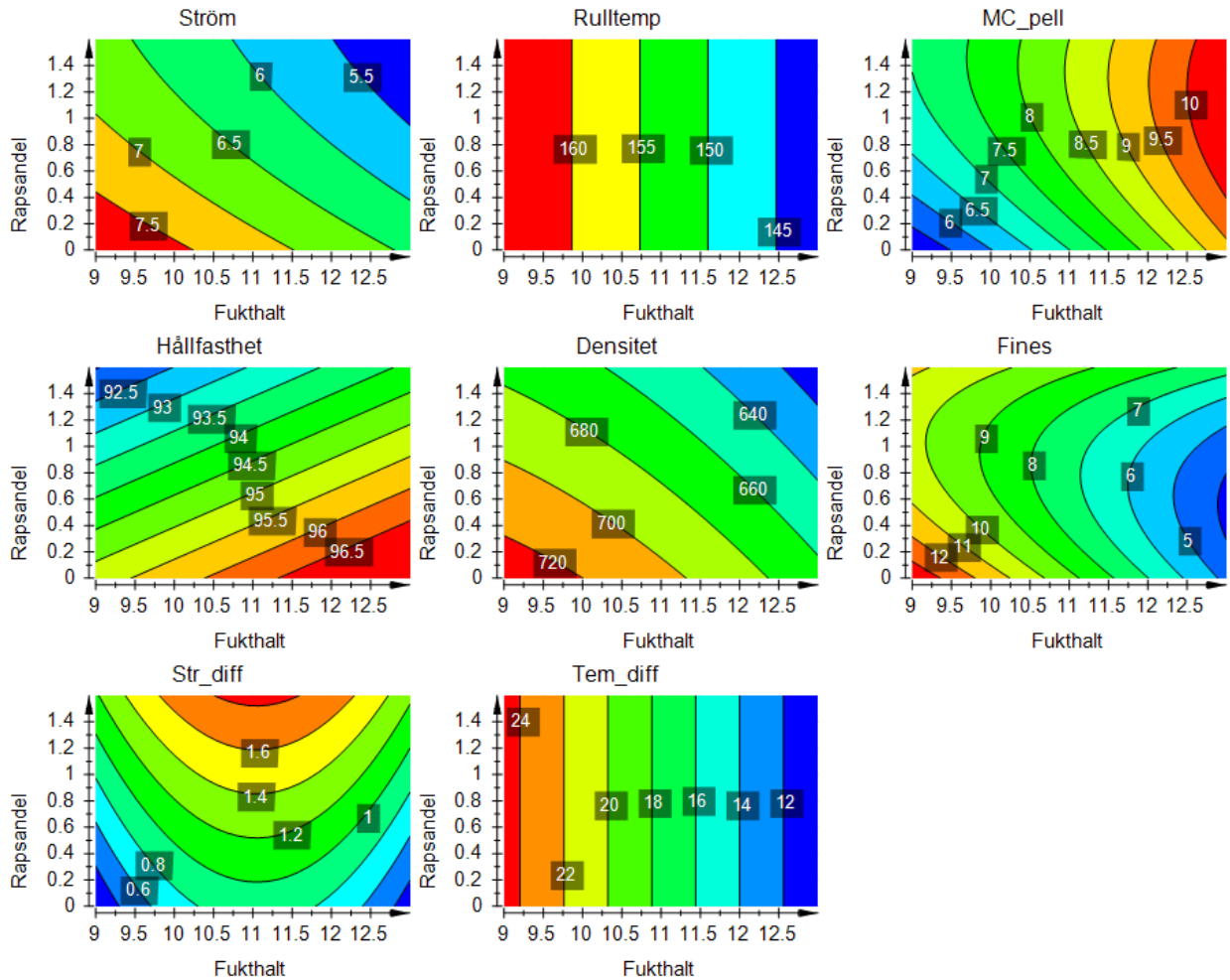
Figur 5.  $R^2$ - och  $Q^2$ -värden för de modellerade responserna.

Figur 5 visar att modellerna för Ström, MC\_pell och densitet är utmärkta, modellerna för Rulltemp, Hållfasthet och Fines är bra, modellen för Str\_diff är något svag men fortfarande användbar medan modellen för Tem\_diff är dålig.



Figur 6. Sammanställning över MLR-modellernas koefficienter för de olika responserna.

Figur 6 visar hur koefficienterna för variablerna påverkar de uppmätta responserna. Fukthalten på spånet är som förväntat den viktigaste parametern för alla responser. En hög fukthalt ger lägre strömförbrukning i pressarna samt högre hållfasthet och lägre densitet på det producerade materialet. Rapsinblandningen är också en viktig parameter genom att en hög rapsinblandning ger lägre strömförbrukning på pressarna samt lägre hållfasthet och lägre densitet på produkten. Ångtillsats är en mindre viktig variabel som i detta försök inte påverkar pelletsegenskaperna i någon större utsträckning. En hög ångtillsats minskar dock strömförbrukningen på pressarna.



Figur 7. De uppmätta responserna som funktion av fukthalt och rapsinblandning. Ångtillsatsen är låst på medelnivå ( $\approx 20$  kg/ton) i alla figurer.

Figur 7 visar ytor över de uppmätta responserna som en funktion av fukthalt och rapsandel. Ångtillsatsen har låsts vid  $\approx 20$  kg/ton för alla responser.

### Strömförbrukning

Det är väl känt att oljor minskar friktionen. Detta gäller även vid pelletering av biomasa. Inblandning av rapskaka i råvaran minskar signifikant strömförbrukningen över pressarna. Även en ökning av fukthalten på spånet ger minskad strömförbrukning.

### Rulltemperatur

Rulltemperaturen är enbart beroende av fukthalten på spånet. Ökad fukthalt minskar rulltemperaturen.

### Fukthalt pellets

Fukthalten på pellets är beroende av spånfukthalten och ångtillsats. Även rapsinblandning påverkar pelletsfukthalten, speciellt vid låga spånfukthalter. Detta kan bero på att rapskakan innehåller mer fukt än spånet. Vid spånfukthalter över 12 % riskerar man dock att pelletsfukthalten överstiger 10 % vilket är den högsta tillåtna fukthalten för klass A1 pellets.

Medeltalen för den ökade fukthalten efter ångtillsats, se tabell 6. Skillnaderna mellan ångtillsatserna kallade låg och medel uppvisade ömsesidiga ej överlappande konfidensintervall ( $p < 0.05$ ). Däremot överlappade konfidensintervallen för de två högre nivåerna varandra.

Tabell 6.

Ångtillsats	Ökad fukthalt %	Standardavvikelse %
Låg ( $\approx 10$ kg/ton)	0,9	0,1
Medel ( $\approx 20$ kg/ton)	1,9	0,2
Hög ( $\approx 30$ kg/ton)	2,7	0,3

En beräkning visar att i medeltal minskade fukthalten 3,0 procentenheter över pressarna. Eftersom standardavvikelsen är i storleksordningen 2,0 procentenheter är denna förändring inte signifikant. Analyser uppvisade inga signifikanta skillnader mellan fukthalt i pellets efter respektive press.

Förändringarna i fukthalt efter ångtillsats respektive pelletering var förväntade, typiska och i enlighet med praktisk erfarenhet.

#### *Hållfasthet*

Hållfastheten påverkas negativt av rapsinblandning och positivt av högre fukthalt på spånnet. Även vid 0 % rapsinblandning så var det svårt att uppnå kraven för pellets klass A1 (97,5 %) i detta försök. Endast vid ett par experiment vid 0 % rapsinblandning och fukthalter på  $> 13$  % uppnåddes kraven för klass A1. Vid dessa betingelser kommer dock fukthalten på pellets att överstiga 10 % vilket medför att klass A1 ej kan uppfyllas.

#### *Densitet*

Rapsinblandning minskar pelletsdensiteten. En ökad fukthalt på spånnet minskar också densiteten. Kriteriet för klass A1 pellets är en densitet  $> 600$  kg/m<sup>3</sup>. I detta försök så uppfylldes densiteten  $> 600$  kg/m<sup>3</sup> för alla undersökta processförhållanden.

#### *Fines*

Andelen fines är i detta försök mätt på icke-sållad pellets. Denna respons visar alltså hur primärsmul bildas beroende av processinställningarna. Mest fines genereras vid en låg fukthalt och en rapsinblandning på 0 %. Ökning av fukthalten minskar andelen primärsmul. Minst fines genereras vid den högsta spånfukthalten (13 %) och en rapsinblandning på 0,6 %.

#### *Skillnad i strömförbrukning mellan pressarna*

Skillnaden i strömförbrukning mellan pressarna är beroende av både spånfukthalt och rapsinblandning. Största skillnaden uppstår vid en fukthalt på 11 % och den högsta rapsinblandningen (1,6 %). Minst skillnad i strömförbrukning uppstår vid 0 % rapsinblandning och låg spånfukthalt (9 %) eller hög spånfukthalt (13 %).

#### *Skillnad i rulltemperatur mellan pressarna*

Modellen för skillnad i rulltemperatur är dålig och endast spånfukthalten är en signifikant faktor. Trenden visar dock att en högre spånfukthalt ger mindre skillnad mellan rulltemperaturerna i pressarna.

### *Misstanke om snedfördelning av rapskaka till pelletpress*

Den kemiska analysen av extraktivämnena kunde inte påvisa några signifikanta skillnader. Den statistiska modellen visade däremot tydligt att variationen i skillnader mellan strömförbrukning för press 1 respektive press 2 till stor del influerades av andelen raps. Denna var genomgående oavsett fukthalt. Misstanken om att den minskade strömförbrukningen för press 2, som låg först flödet, beror på ökad andel rapskaka kvarstår därför. Denna styrktes av ett enkelt försök: när rapskaka hälldes på toppen spån i en hink som vibrerades så sjönk det mesta av rapskakan snabbt ner mot botten på grund av dess högre bulkdensitet.

Anledningen till snedfördelningen var därför sannolikt att dels rapskakans partiklar hade högre densitet än torkad spån, dels mindre partiklar av rapskaka hade en tendens att sjunka ner snabbare än grövre partiklar när spånet utsattes för vibrationer. Detta är sannolikt mekanismen varför press 2, vars magasin först fylldes på, uppvisade högre respons på inblandningen. Det är för övrigt en praktisk erfarenhet att fördelningssystem med seriekopplade spånmagasin och nedåtriktade skraptransportörer ger allt grövre partiklar i stigande turordning från huvudflödets inmatningspunkt.

Medeltalet för ström per varv för alla genomförda försöken var 6,94 för press 1 och 6,07 för press 2. En separat analys av respektive press visade på betydligt högre effekt av rapsinblandningen, se tabell 7.

Tabell 7. Effekter av rapsinblandning och ökad ångtillsats på pelletspressars strömförbrukningen

Pelletpress	Strömförbrukning (medeltal)	Genomsnittlig förändring vid rapstillsats	Genomsnittlig förändring vid ökad ångtillsats	Genomsnittlig förändring av raps*ånga
Press 1 och 2	6.51	-0.36	-0.25	-0.87
Press 1	6.94	-0.17	-0.22	-0.49
Press 2	6.07	-0.40	-0.20	-0.91

Sammanfattningsvis har seriekopplade pelletpressar i detta försök ånyo visat att inblandning av tillsatsråvaror till råvaruflödet fördelas olika till varje press. Framtida lösningar på detta problem är därför nödvändiga för att kunna säkerställa dosering av additiv och andra inblandningar till varje press.

I visionen att blanda olika råvaror för att eliminera olika askrelaterade problem ligger även att tillsätta andra additiv. För att kunna göra sådana blandningar måste problemet med matning till olika seriekopplade pelletsmaskiner lösas. En viktig identifierad flaskhals gäller variationen i fördelning för pelleteringsmaskiner som är seriekopplade till materialflödet. I framtiden bör antingen pressarna kopplas parallellt till flödet eller att tillsatser förs in separat till varje press.

### *Spekulation*

En spekulation till att detta fabriksförsök, i syfte att uppnå ett processrecept, skiljer sig från responsreceptet i BTC-forskningspiloten kan vara att andelen extraktivämnena var högre relativt andra kemiska komponenter i pressade rapsrester. En spekulation är att den observerade effekten i pilotförsöket att kombinationer av ånga och rapskaka kan ge ökad hållfasthet kan sålunda bero på andra kemiska komponenter i rapskaka. I pilotförsöket användes rapskaka från Ecoil och som hade en halt av 12,7% extraktivämnena, dvs. nästa hälften så mycket som den i detta försök. Exempelvis kan då proteiner ha haft en större



inverkan eftersom halten extraktivämnen var betydligt lägre för den rapskaka som användes i pilotförsöket.

#### **4. Slutsatser**

Huvudsyftet med försöket var att optimera kombinationer av inblandning av rapskaka och ångtillsats. Detta syfte kunde inte nås eftersom all rapstillsats minskade hållfastheten och denna kvalitetsparameter uppnådde inte gränsen för klass 1A pellet. Denna gräns uppnåddes endast om ingen raps tillsattes och då endast vid den högsta fukthalten. Den huvudsakliga slutsatsen är att rapstillsats minskar pressarnas elförbrukning, men samtidigt är risken stor att hållfastheten minskar så mycket att kvalitetsgränser överskrids. Om tillsatser av raps används bör därför regleringen vara god och sannolikt bör materialet vara finfördelat eftersom relativt små mängder behövs för att påverka strömförbrukningen. Å andra sidan kan en ökad fukthalt på ingående granspån ge samma effekt och då även leda till förbättrad hållfasthet.

#### **5. Rekommendationer**

Rapsrester som innehåller bioolja och biofetter kan användas för att minska friktionen i pressarna och därigenom minska strömförbrukningen per ton producerad pellets. Om sådana tillsatser används bör regleringen vara sådan att den minimerar risken för skeva fördelningar mellan pressar. Detta gäller naturligtvis för samtliga additiv och blandningar i syfte att uppnå hög och jämn kvalitet. Om inblandning sker i huvudflödet är den generella rekommendationen att parallellkoppla pelletpressar till flödet. Alternativ är att dosera additiv till varje enskild press vilket kan långsiktigt vara en fördel då pressar är i olika kondition bl.a. beroende på pressmatrisers gångtid.