

# **Inblandning av stärkelse och lignosulfonat i pellets vid Bioenergi i Luleå AB**

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

**Pelletsplattformen  
BTK-Rapport 2011:2**

SLU

**Biomassateknologi och Kemi (BTK)**



## **Innehåll**

Innehåll .....	2
Förord .....	3
Sammanfattning .....	4
Inledning .....	5
Material och metoder .....	6
Designens upplägg .....	6
Råvaran .....	7
Analys av responsfaktorer .....	7
Provtagning .....	7
Kalibrering av doseringsskruv för additivtillsats .....	7
Resultat och diskussion .....	7
Korrelation mellan processparametrar och responser .....	7
Förbränningsförsök med additivpellets .....	11
Referenser .....	12

## **Förord**

Detta försök genomfördes och finansierades inom ramen för Pelletsplattformen, ett industriforskningsprogram i samarbete mellan pelletsindustrin och Enheten för biomassateknologi och kemi vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Finansiärer var Energimyndigheten, Pelletsindustrins Riksförbund (PiR) och SLU.

Bioenergi i Luleå AB levererade allt spånmaterial till försöket och ställde upp med personal och utrustning vid genomförandet. Stärkelsematerialen i försöket levererades av Emsland Stärke medan lignosulfonatet levererades av Domsjö Fabriker. Erfarenheter från pilotförsök vid BTC Umeå utnyttjades vid designen av försöket. Försöken genomfördes under sammanlagt 4 dagar vid två tillfällen: 28-30 maj 2010 (processrecept) och 29 oktober 2010 (material till förbränningsförsök).

Stort tack till produktionschef Conny Holmberg vid Bioenergi i Luleå AB som aktivt deltog i alla diskussioner, informerade personalen i tidigt stadium och möjliggjorde genomförandet av försöket. Stort tack också till all personal vid Luleås pelletsfabrik för det stora engagemanget och tålamodet ni visade vid genomförandet, samt till Jan Rundqvist och Emsland Stärke respektive Bengt Jönsson Domsjö för framtagandet av additivmaterialen.

Umeå den 2010-03-xx

Torbjörn Lestander

## Sammanfattning

Ett fabriksförsök genomfördes vid Bioeneri i Luleå där potatisstärkelse, dalumstärkelse och lignosulfonat blandades in tallspån. Tre experimentella designer för respektive additiv med två kvantitativa variabler på tre nivåer användes. Designerna omfattade följande parametrar och deras variation: spån av tre olika fukthalter (9, 10 och 10 % baserad på råvikt); inblandning av potatisstärkelse 0, 0,62 respektive 1,16 %, dalumstärkelse 0, 0,69 respektive 1,25% samt lignosulfonat 0, 0,60 respektive 1,27%. Den statistiska analysen baserad på MLR visade att fukthalten var den viktigaste parametern för bulkdensitet och presström medan inblandningsgrad av additiv var viktigast för hållfasthet och finfraktion. Generellt sett gav inblandning av additiv en minskad strömförbrukning vid pressningen och en förbättrad pellets kvalitet, främst genom ökad hållfasthet och minskad finfraktion.

## **Inledning**

Pelletsindustrin är hela tiden i behov av effektiviseringar för att upprätthålla sin konkurrenskraft, vilket oftast görs genom förbättringar i pelletskvaliteten och samtidigt minskningar av produktionskostnaderna. Viktiga poster i dessa kostnader är energiåtgången vid pressningen samt återföringen av den finfraktion som bildas vid pressningen. Denna finfraktion är ett mått på effektiviteten hos processen och en minskad finfraktion effektiviserar denna. Ett angreppssätt för att åstadkomma dessa förbättringar är tillsats av additiv som förbättrar kvaliteten samtidigt som energiåtgången hos pressarna minskar.

Det finns ett flertal industriella biprodukter som är av intresse som additiv, dvs inblandning upp till några få procent för att uppnå speciella syften. Exempel på sådana är olika typer av stärkelse- respektive ligninmaterial.

I ett försök vid BTC-piloten har inblandning av potatisstärkelse och lignosulfonat i träspån uppvisat förbättrad pellets kvalitet och minskad energiåtgång i ett responsförsök.

Syftet med industriförsöket som beskrivs nedan var att försöka verifiera dessa observationer samt optimera processen utifrån olika inblandningar av additiv, dvs. att ta fram ett processrecept för pelletsindustrin som både förbättrar pelletskvaliteten och minskar energiåtgången.

# Material och metoder

## Designens upplägg

Försöket genomfördes med hjälp av tre separata designers för respektive additiv (se tabell 1). Varje försök utgörs av en full faktoriell design med de två kvantitativa faktorerna fukthalt och additivtillsats. Fukthalten och additivtillsatsen testades vid vardera tre nivåer. I designen upprepas två av experimenten för att ge ett mått på spridningen i metoden. Process- och blandningsfaktorerna, som framgår av tabell 1, valdes i samråd med personalen vid fabriken. Tabellen anger de fukthalter som uppnåddes i försöket, vilka avviker något från de önskvärda värden på 9%, 10% respektive 11% som angavs i den ursprungliga designen. Dessa värden på fukthalten användes vid utvärderingen av designen.

Tabell 1. Schema för de försöksdesigner som använts vid inblandning av olika additiv i spån vid Bioenergi i Luleå. a) Dalumstärkelse b) Lignosulfonat c) Potatisstärkelse

a)

Exp Nr	Additiv	Fukthalt design (%)	Uppnådd fukthalt (%)	Tillsatt additiv (%)
1	Dalumstärkelse	11	9,78	0
2	Dalumstärkelse	11	9,28	0,69
3	Dalumstärkelse	11	9,36	1,25
4	Dalumstärkelse	10	9,83	0
5	Dalumstärkelse	10	9,68	0,69
6	Dalumstärkelse	10	9,67	1,25
7	Dalumstärkelse	10	9,35	1,25
8	Dalumstärkelse	9	8,74	0
9	Dalumstärkelse	9	7,62	0,69
10	Dalumstärkelse	9	7,83	1,25

b)

Exp Nr	Additiv	Fukthalt design (%)	Uppnådd fukthalt (%)	Tillsatt additiv (%)
11	Lignosulfonat	11	9,49	0
12	Lignosulfonat	11	9,85	0,6
13	Lignosulfonat	11	10,01	1,27
14	Lignosulfonat	10	9,05	0
15	Lignosulfonat	10	9,99	0,6
16	Lignosulfonat	10	9,53	1,27
17	Lignosulfonat	10	10,45	1,27
18	Lignosulfonat	9	7,98	0
19	Lignosulfonat	9	8,12	0,6
20	Lignosulfonat	9	7,74	1,27

c)

Exp Nr	Additiv	Fukthalt design (%)	Uppnådd fukthalt (%)	Tillsatt additiv (%)
21	Potatisstärkelse	11	9,24	0
22	Potatisstärkelse	11	8,95	0,62
23	Potatisstärkelse	11	9,73	1,16
24	Potatisstärkelse	10	9,09	0
25	Potatisstärkelse	10	9,74	0,62
26	Potatisstärkelse	10	9,77	1,16
27	Potatisstärkelse	10	9,44	1,16
28	Potatisstärkelse	9	9,29	0
29	Potatisstärkelse	9	9,2	0,62
30	Potatisstärkelse	9	9,1	1,16

## **Råvaran**

Råvaran som användes vid experimentet utgjordes av 100% färsk tallspån. Additiven, som bestod av potatisstärkelse, dalumstärkelse och lignosulfonat, hade ca 5-10% fukthalt. Dalumstärkelsen var en blandning av potatisstärkelse och majsstärkelse.

## **Analys av responsfaktorer**

Flera olika variabler (responser) registrerades eller mättes under försökets gång. Dessa responser användes i designen som svar på variationen hos faktorerna. Dessa responser var fukthalt, mekanisk hållfasthet, finfraktion respektive bulkdensitet hos pelletsen,. Fukthalten i råvara bestämdes enligt standard SIS-CEN/TS 14774-1:2004. Hållfasthet och bulkdensitet bestämdes med SIS-CEN/TS 15210-1:2006, respektive SIS-CEN/TS 15103:2006. Finfraktion bestämdes genom manuell sållning av pelletsen med ett 3,15 mm såll. Multivariata dataanalyser utfördes med hjälp av mjukvaran MODDE, version 8.0.0.0.

## **Provtagning**

Provtagning av malt spån (ca 4 L) ägde rum under en minut två gånger för varje försök direkt efter kvarnen. På motsvarande sätt togs prover av varm pellets (ca 6 L) ut direkt efter dels press P100 som låg först i pelleteringskedjan, dels efter press P400 som låg sist i kedjan. Pelletsen fick därefter svalna på presenning i presshallen. Varje prov förseglades i gastät plastpåse med dubbel svetsfog. Proverna från alla försök transporterades till SLU och förvarades i kylrum (ca 4°C) fram till dess analys av fukthalt gjordes.

## **Kalibrering av doseringsskruv för additivtillsats**

Doseringsskruv som användes vid additivtillsatsen var tillverkad vid fabriken. Den bestod av en behållare som rymde ca 100 kg additiv, samt en transportskruv som drevs av en frekvensstyrd motor. Doseraren var inkopplad till transportören av spån till de fyra pressarna. Strömfrekvensen hos motorn kunde varieras mellan 15 till 60 Hz. Doseringsskruv kalibrerades genom att massflödet av respektive additiv mättes vid frekvenserna 15 och 30 Hz och tillsatsen för respektive frekvens beräknades sedan utifrån ett spånflöde på 13600 kg/h. Resultatet blev  $0,62 \pm 0,004$  % och  $1,16 \pm 0,024$  % för potatisstärkelse,  $0,69 \pm 0,035$  % och  $1,25 \pm 0,066$  % för dalumstärkelse samt  $0,60 \pm 0,037$  % och  $1,27 \pm 0,041$  % för lignosulfonat.

## **Resultat och diskussion**

### **Korrelation mellan processparametrar och responser**

Tabell 2 sammanfattar resultaten från press P100 vid de olika delförsöken. Försöken med press P400 gav likartade resultat, dock med en något större spridning och något sämre modeller. Stora effekter av additivtillsatserna erhöles för mekaniska hållfastheten och finfraktionen; speciellt gäller detta för dalumstärkelse och lignosulfonat. Tabell 3 sammanfattar resultatet av modelleringen av responsfaktorerna för de olika additiven. För dalumstärkelse och lignosulfonat erhöles mycket bra modeller för hållfasthet och finfraktion. Modellerna för bulkdensiteten med dessa additiv gav ett något sämre resultat, troligen beroende på att fukthalterna inte kunde justeras till de önskvärda nivåerna. Potatisstärkelse gav sämre modeller, speciellt för bulkdensitet och presström, vilket troligen beror på att potatisstärkelsen inte påverkar friktionen nämnvärt. Även finfraktionen gav en dålig modell.

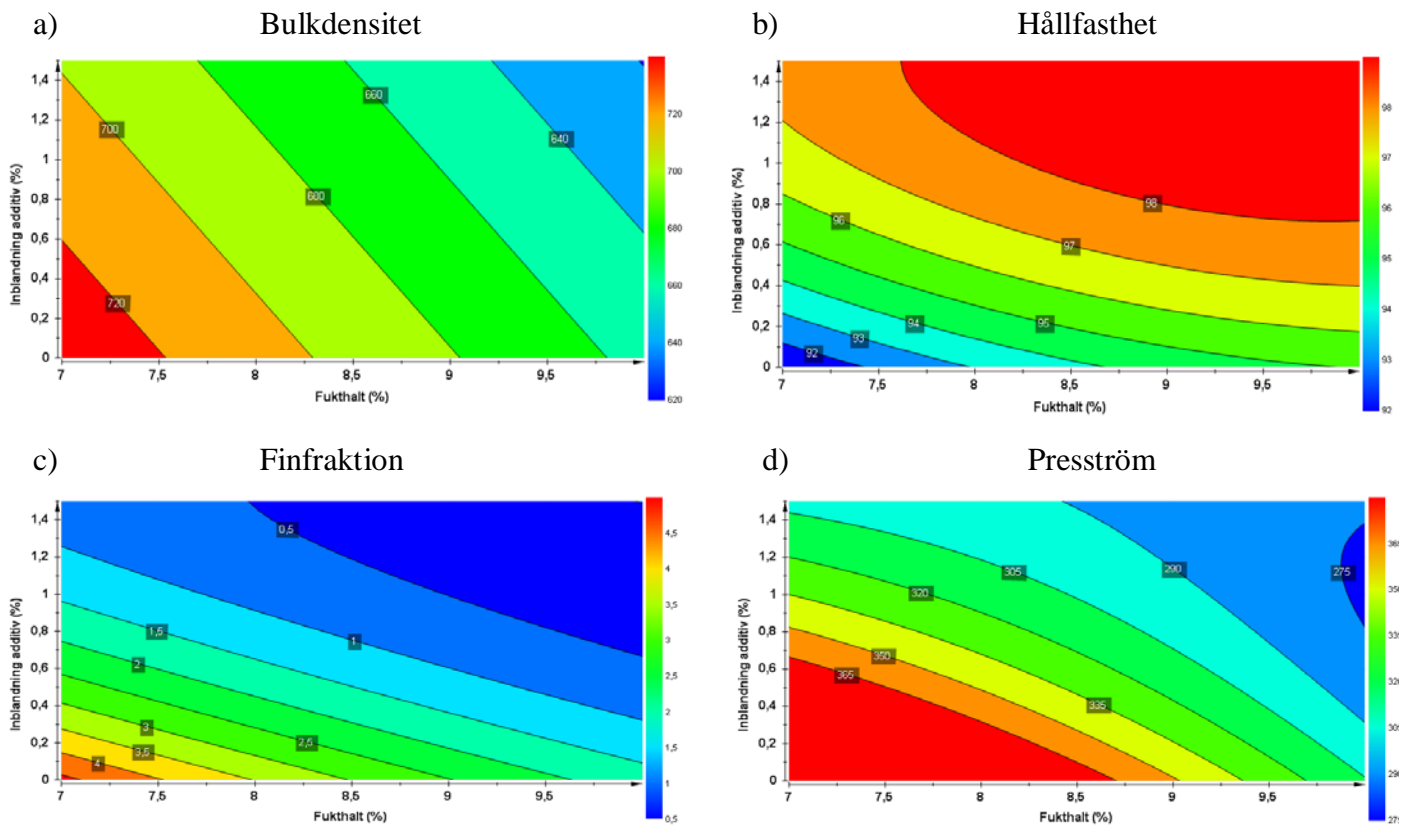
Tabell 2. Responsvärden registrerade vid respektive delförsök.

Exp Nr	Additiv	Fukthalt spån (%)	Tillsatt additiv (%)	Bulk-densitet (kg/m <sup>3</sup> )	Hållfasthet (%)	Finfraktion (%)	Ström (A)	Pellets-fukt (%)
1	Dalumstärkelse	9,78	0,00	642	95,0	1,93	304	8,03
2	Dalumstärkelse	9,28	0,69	658	97,9	0,73	291	7,92
3	Dalumstärkelse	9,36	1,39	635	98,7	0,35	276	8,39
4	Dalumstärkelse	9,83	0,00	666	94,9	1,84	328	6,96
5	Dalumstärkelse	9,68	0,69	660	97,9	0,56	289	8,03
6	Dalumstärkelse	9,67	1,25	634	98,8	0,29	284	8,30
7	Dalumstärkelse	9,35	1,25	645	98,5	0,37	285	8,07
8	Dalumstärkelse	8,74	0,00	694	94,1	2,74	361	6,00
9	Dalumstärkelse	7,62	0,69	702	96,3	1,69	350	6,11
10	Dalumstärkelse	7,83	1,25	679	98,1	0,64	303	7,02
11	Lignosulfonat	9,49	0,00	655	94,8	1,96	314	7,40
12	Lignosulfonat	9,85	0,60	638	96,8	1,05	287	7,85
13	Lignosulfonat	10,01	1,27	610	97,2	0,82	265	8,37
14	Lignosulfonat	9,05	0,00	670	95,5	1,85	327	7,32
15	Lignosulfonat	9,99	0,60	653	97,1	0,82	293	7,99
16	Lignosulfonat	9,53	1,27	647	98,0	0,64	282	7,83
17	Lignosulfonat	10,45	1,27	618	97,5	0,78	267	8,73
18	Lignosulfonat	7,98	0,00	690	94,8	2,29	340	6,46
19	Lignosulfonat	8,12	0,60	678	97,3	1,10	310	6,44
20	Lignosulfonat	7,74	1,27	664	98,2	0,57	293	7,00
21	Potatisstärkelse	9,24	0,00	664	95,1	1,69	318	7,44
22	Potatisstärkelse	8,95	0,62	677	97,1	0,94	318	7,63
23	Potatisstärkelse	9,73	1,16	662	97,9	0,56	296	7,97
24	Potatisstärkelse	9,09	0,00	653	95,2	1,89	316	8,06
25	Potatisstärkelse	9,74	0,62	667	96,9	0,95	309	7,57
26	Potatisstärkelse	9,77	1,16	663	98,0	0,58	304	8,09
27	Potatisstärkelse	9,44	1,16	668	97,9	0,50	301	8,06
28	Potatisstärkelse	9,29	0,00	684	95,3	2,37	341	6,76
29	Potatisstärkelse	9,20	0,62	693	95,8	1,94	346	6,59
30	Potatisstärkelse	9,10	1,16	699	96,8	1,42	343	6,89

Tabell 3. Förklaringsgrad,  $R^2$  och prediktionsförmåga,  $Q^2$ , för modellering av responsfaktorer vid pelleteringsförsök med additivtillsats i spån.

	Dalumstärkelse				Lignosulfonat				Potatisstärkelse			
	Bulk	Hållf	Finf	Ström	Bulk	Hållf	Finf	Ström	Bulk	Hållf	Finf	Ström
$R^2$	0,87	1,00	1,00	0,84	0,89	0,95	0,98	0,97	0,68	0,87	0,69	0,59
$Q^2$	0,74	0,97	0,98	0,77	0,79	0,87	0,94	0,95	0	0,71	0,34	0





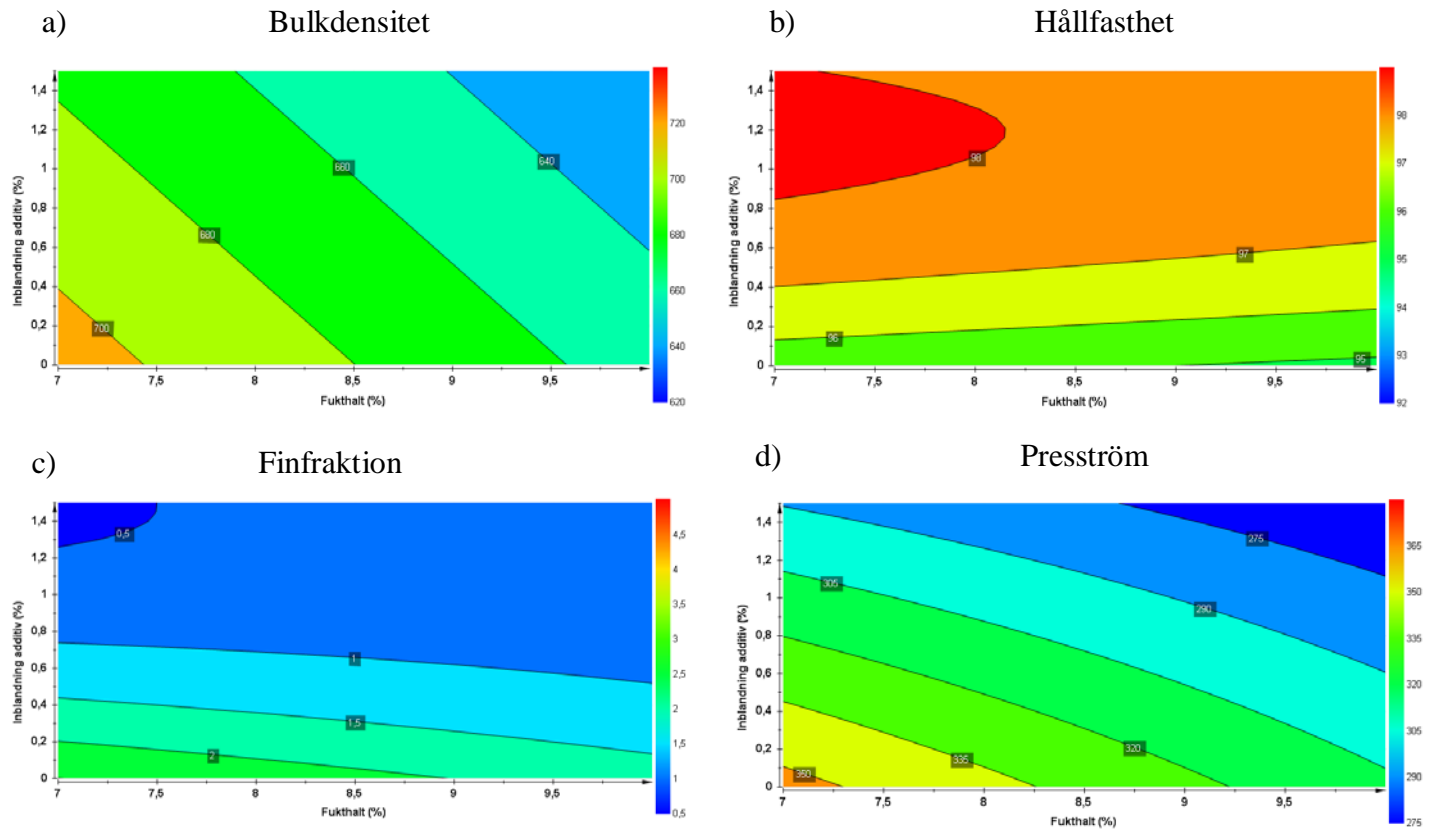
Figur 1 Effekt av tillsats av dalumstärkelse i spån på bulkdensitet ( $\text{kg/m}^3$ ), hållfasthet (%), finfraktion (%) och presström (A) vid olika fukthalter.

Figur 1a visar effekten av spånets fukthalt på bulkdensiteten vid olika inblandningsgrader av dalumstärkelse. Från figuren kan man se att låg fukthalt ger en hög bulkdensitet, medan stärkelsetillsatsen påverkar bulkdensiteten i motsatt riktning.

Figur 1b visar effekten av dalumstärkelse på den mekaniska hållfastheten vid olika fukthalt på spån. En kraftig ökning av hållfastheten erhöles redan vid små tillsatser av stärkelse. Dessutom har fukthalten inverkan och den bästa hållfastheten erhöles vid en hög fukthalt.

Figur 1c visar effekten av dalumstärkelse på den bildade finfraktionen direkt efter pressen vid olika fukthalt på spån. En stark negativ korrelation till hållfastheten noterades, d v s den lägsta finfraktionen erhöles vid de betingelser som gav den högsta hållfastheten.

Figur 1d visar effekten av dalumstärkelse på den presströmmen vid olika fukthalt på spån. En stark korrelation mellan bulkdensitet och presström noterades vilket indikerar att båda responsen beror på friktionen i matrisen. Dalumstärkelsen sänker med andra ord friktionen vid pelletering.



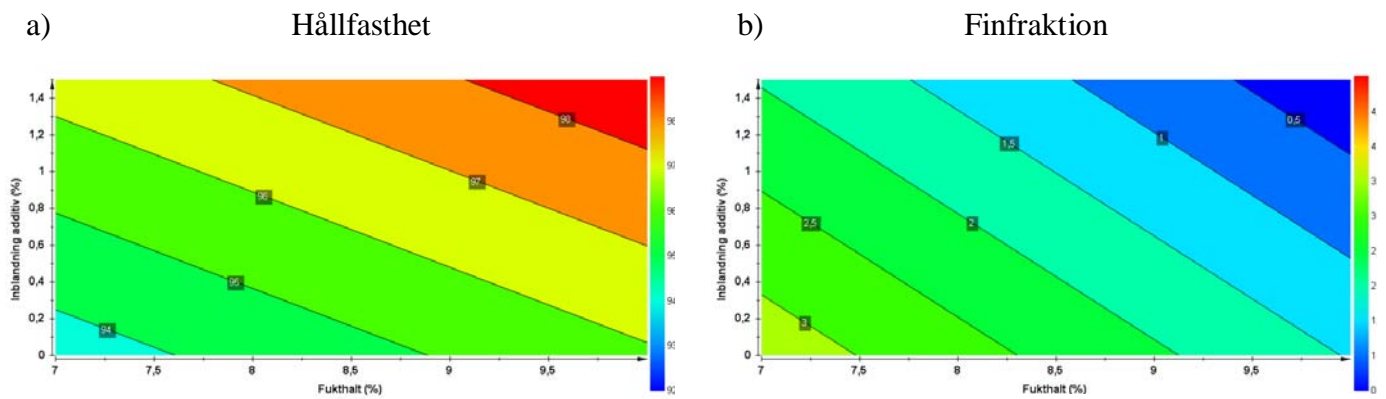
Figur 2 Effekt av tillsats av lignosulfonat i spån på bulkdensitet ( $\text{kg/m}^3$ ), hållfasthet (%), finfraktion (%) och presström (A) vid olika fukthalter.

Figur 2a visar effekten av spånets fukthalt på bulkdensiteten vid olika inblandningsgrader av lignosulfonat. Från figuren kan man se att låg fukthalt ger en hög bulkdensitet, medan stärksetillsatsen påverkar bulkdensiteten i motsatt riktning.

Figur 2b visar effekten av lignosulfonat på den mekaniska hållfastheten vid olika fukthalt på spånets. En kraftig ökning av hållfastheten erhöles redan vid små tillsatser av lignosulfonat. Dessutom har fukthalten inverkan och i motsats till dalumstärkelse erhöles den högsta hållfastheten vid en låg fukthalt.

Figur 2c visar effekten av lignosulfonat på den bildade finfraktionen direkt efter pressen vid olika fukthalt på spånets. En stark negativ korrelation till hållfastheten noterades, d v s den lägsta finfraktionen erhöles vid de betingelser som gav den högsta hållfastheten.

Figur 2d visar effekten av lignosulfonat på den presströmmen vid olika fukthalt på spånets. En stark korrelation mellan bulkdensitet och presström noterades vilket indikerar att båda responsen beror på friktionen i matrisen. Lignosulfonat sänker med andra ord friktionen vid pelletering.



Figur 3 Effekt av tillsats av potatisstärkelse i spån på hållfasthet (%) och finfraktion (%) vid olika fukthalter.

Figur 2a visar effekten av potatisstärkelse på den mekaniska hållfastheten vid olika fukthalt på spånnet. En ökning av hållfastheten erhöles men den var inte lika kraftig som för de andra additiven. Dessutom har fukthalten inverkan och på samma sätt som för dalumstärkelse erhöles den högsta hållfastheten vid en hög fukthalt.

Figur 2c visar effekten av potatisstärkelse på den bildade finfraktionen direkt efter pressen vid olika fukthalt på spånnet. En stark negativ korrelation till hållfastheten noterades, d v s den lägsta finfraktionen erhöles vid de betingelser som gav den högsta hållfastheten.

Sammanfattningsvis kan man säga tillsatserna av dalumstärkelse och lignosulfonat gav de bästa resultaten. Ett intressant resultat var att fukthaltens inverkan på dessa additivs bindningsförmåga, dvs förmågan att hålla ihop pelleten, skiljer sig åt. Lignosulfonatet gav den bästa hållfastheten vid en låg fukthalt, medan dalumstärkelsen gav det bästa resultatet vid en högre fukthalt. Orsaken till detta kan vara att vattenmolekylerna samverkar med stärkelsen för att ge en starkare bindning mellan spånpartiklarna, medan fukten istället motverkar lignosulfonatets förmåga att binda till partiklarna antingen genom blockering av bindningsställen eller genom deaktivering av sulfonatgrupperna. Dalumstärkelsen har därigenom en fördel eftersom man kan höja fukthalten i spånnet och samtidigt förbättra kvaliteten på pelleten. Då erhöles en minskad energiåtgång både vid torkningen och vid pressningen.

## Förbränningsförsök med additivpellets

Förbränningsförsök med pellets med inblandning av ca. 1,5% dalumstärkelse respektive lignosulfonat genomfördes inom projektet "Förbränningskaraktärisering och förbränningsteknisk utvärdering av olika pelletsbränslen" (1).

I närvärmeanläggningarna gav pelletbränslet som innehåller det alkalirika (K+Na) lignosulfonatbaserade additivet kraftigt förhöjda, och bränslet innehållande de stärkelsebaserade additivet förhöjda, emissioner av fina partiklar (< 1µm).

I villaanläggningarna gav pelleten med additivet lignosulfanat på motsvarande sätt också upphov till kraftigt förhöjda emissioner av fina partiklar, pelleten med det stärkelsebaserade additivet gav förhöjda emissioner.

Pelletbränslet som innehåller den alkalirika (K+Na) lignosulfanatbaserade additivet gav upphov till svåra belägningsproblem (slagg) i eldstaden hos de båda nyttjade rosteranläggningarna samt i brännaren i pulveranläggningen. Slaggen var glasaktig och driftpersonalen negativ till elda detta bränsle.

Bränslet som innehåller det stärkelsebaserade additivet gav också upphov till liknande problem (belägningsproblem i eldstad och i brännarrör mm) dock med något lägre intensitet. Driftpersonalen var negativ även till detta bränsle.

Även i villaanläggningarna gav pelleten med additiven lignosulfanat och stärkelse upphov till hårt, sintrat material i brännarkopp/brännarrör.

Dessa resultat stärker behovet av ytterligare studier för att klargöra orsakerna till de negativa resultaten.

## **Referenser**

1. Rönnbäck M., Gustavsson L., Hermansson S., Skoglund N., Fagerström J., Boman C., Boström D., Näzelius I-L., Grimm A., och Öhman M. Förbränningskaraktärisering och förbränningsteknisk utvärdering av olika pelletsbränslen. SP Rapport 2011:40.