



Sågspånets malningsgrad – inverkan på pellets kvalitet

The degree of sawdust grinding – influence on pellet quality

**Michael Finell, Gunnar Kalén, Markus Segerström och
Carina Jonsson**



Pelletplattformen II

Rapport 3 2015

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

Sågspånets malningsgrad – inverkan på pellets kvalitet

The degree of sawdust grinding – influence on pellet quality

Michael Finell, Gunnar Kalén, Markus Segerström och
Carina Jonsson

Keywords: Biofuel pellets, hammer mill, pellet quality, energy consumption

Rapport 3 2015

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2015
Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Innehåll

Innehåll	2
Förord	3
Sammanfattning.....	4
Inledning.....	5
Material och metoder.....	6
Råvara.....	6
Malning.....	6
Råvaruanalyser	7
Pelletering.....	7
Pelletsanalyser	8
Modellering av data.....	9
Resultat och diskussion	10
Malning.....	10
Pelletering.....	12
Modellerad data	13
Koefficienter	13
Huvudeffekter	17
Prediktioner	22
Emissioner vid lagring.....	24
Icke modellerad data.....	27
Slutsatser.....	30
Referenser.....	31

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.

Finansiärer var Energimyndigheten, Pelletsförbundet (PF) och SLU.

Umeå den 2015-03-16

Michael Finell

Sammanfattning

I denna undersökning har torkat sågspån malts med olika sållgrovlekar (2 mm, 4 mm, 6 mm och 8 mm) och använts för pelletstillverkning. Som jämförelse har icke malt, endast material som passerar 4 x 4 mm använts. Materialen har konditionerats till fukthalter mellan 10 % och 13 % innan pelletering. Försöken gjordes på SLU:s pilotanläggning med en kapacitet på ca 400 kg/h.

Under försöken uppmättes energiåtgång vid malning, energiåtgång vid pelletering samt fysikaliska kvalitetsegenskaper på produkten. Även askhalter, extraktivämnesinnehåll och styckedensitet på pellets producerade av olika spånfraktioner uppmättes.

Två prover, pellets tillverkade av 8 mm spån och 2 mm spån, togs ut för att studera emissioner av kolmonoxid, koldioxid och metan vid lagring och för att se om det är skillnader mellan pellets tillverkade av olika grovt malda råvaror.

Resultaten visade att spånets malgrad påverkar framför allt bulkdensiteten på produkten genom att mer finmalt spån ger en högre bulkdensitet. Övriga kvalitetsparametrar påverkades i mindre grad eller inte alls av spånets malgrad.

Det är också möjligt att producera pellets av acceptabel kvalitet helt utan malning av spån. Endast en bortsällning av övergrovt material verkar vara tillräckligt för att ge en acceptabel råvara.

Emissionstesterna visade att det är ingen skillnad mellan pellets tillverkade av spån malt på 2 mm såll och spån malt på 8 mm såll. Extraktivämneshalten i pelleterat material var något lägre än i den icke pelleterade råvaran. Detta beror antagligen på lättflyktiga ämnen som avgår vid de förhöjda temperaturerna som uppstår i pelletringsprocessen.

Inledning

Vid pelletstillverkning är restprodukten sågspån från sågindustrin den absolut största råvaran för Svensk pelletsindustri. En typisk hanteringskedja är:

- Leverans från sågverk
- Lagring på hög (för att uppnå ”spånmogetad”)
- Bortsållning/malning av övergrov material
- Torkning (från ca 50 % FH till ca 10 % FH)
- Malning av torrt material
- Eventuell konditionering med ånga
- Pelletpressning
- Kylning
- Sållning
- Lagring
- Förpackning/transport till kund

Malning av det torkade materialet innan pelletering görs för att få ett homogent material som fungerar bra i därpå följande pelleteringsprocess.

I vissa fall finns krav från kunden på en viss fraktionsfördelning på spånet som används för pelletering. Detta gäller oftast för stora anläggningar som där man mal ner det pelleterade materialet till pulver igen innan förbränning. För mindre anläggningar och villapannor som eldar hela pellets så spelar fraktionsfördelningen ingen roll för förbränningsegenskaperna [1, 2].

Hos pelletsproducenterna mal man det torkade materialet med en sållgrovlek som man antingen har blivit rekommenderad av utrustningsleverantören eller som man själv har kommit fram till att fungerar bra. Få systematiska undersökningar om malningsgradens inverkan på pellets kvalitet finns dock tillgängliga.

I detta arbete har vi gjort en studie av hur energibehovet vid malning varierar för olika sållgrovlekar på kvarnen (2 mm, 4 mm, 6 mm och 8 mm). Vi har också använt ett material som inte är malt alls, där bara övergrov material (> 4 x 4 mm) har sållats bort. Vi har pelleterat de olika materialfraktionerna vid olika fukthalter (10 -13 %) och registrerat processparametrar och kvalitetsparametrar på pellets producerade vid de olika tillverkningsförhållandena. Vi har också mätt andelen extraktivämnen, askhalt och styckedensitet på pellets producerade från spån med olika malning. Dessutom har vi testat emissioner av CO, CO₂, CH₄ och O₂ för pellets producerade av spån malt på 2 mm och 8 mm såll.

Våra hypoteser var att:

- Malningsgraden har ingen inverkan på pellets kvalitet
- Mer grovmalt material ger högre energiåtgång vid pelletering
- Pellets tillverkade av finmalt material ger högre emissioner vid lagring än pellets tillverkade av grovmalt material

Försöken gjordes vid SLU:s pilotanläggning Biobränsletekniskt Centrum på Röbbäcksdalen i Umeå under tiden 2015-01-20 till 2015-02-19.

Material och metoder

Råvara

Torkat spån från Agroenergi Neova Pellets AB:s fabrik i Främlingshem användes. Materialet hade en fukthalt på ca 9 % och bestod av en blandning av 60 % färsk tall och 40 % lagrad tall.

Malning

Vid malningsförsöken användes en hammarkvarn av typen ”Bühler DFZK 1” med en effekt på 55 kW. Kvarnen försågs med såll av olika grovlekar (runda hål med diameter 2 mm, 4 mm, 6 mm och 8 mm) och data för energiåtgång registrerades för varje försök. Ett materialprov preparerades också genom att inte mala provet alls utan bara sålla bort övergrov material på en sållningsutrustning (Mogensen) försedd med ett såll bestående av rektangulära hål med dimensionerna 4 x 4 mm. Figur 1 visar kvarnen som användes vid malningsförsöken.



Figur 1. Kvarn för malning av sågspån av typ Bühler DFZK 1

Råvaruanalyser

Från den obehandlade råvaran och från de malda spånsatserna och det sållade materialet togs representativa prover som analyserades med avseende på fukthalt, askhalt och fraktionsfördelning. Följande metoder användes:

- Askhalt SS-EN 14775:2009
- Fraktionsfördelning CEN/TS 15149-2:2006 (E)

Pelletering

Innan pelletering konditionerades råvaran till önskade fukthalter. Detta skedde genom att blanda spån och vatten i en mixer (MAFA) med en volym på 2 m³ som är placerad på en känslig våg. Materialet konditionerades under omröring till önskad fukthalt.

Pelleteringsförsöken gjordes enligt försöksplanen i tabell 1. Malningsgraden valdes som en kvalitativ faktor på 5 nivåer (2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm och < 4 x 4 mm). Fukthalten valdes som en kvantitativ faktor som varierades mellan 10 % och 13 % på tre nivåer. För att få en uppfattning om repeterbarheten gjordes triplikatförsök av experimenten SG4_115 och SG6_115.

Tabell 1. Försöksplan för pelleteringsförsöken.

Experimentnamn	Malning	Önskad spånfukthalt
SG4_115A	4 mm	11.5 %
SG2_10	2 mm	10.0 %
SG2_115	2 mm	11.5 %
SG2_13	2 mm	13.0 %
SG4_10	4 mm	10.0 %
SG4_115B	4 mm	11.5 %
SG4_13	4 mm	13.0 %
SG6_115A	6 mm	11.5 %
SG6_10	6 mm	10.0 %
SG6_115B	6 mm	11.5 %
SG6_13	6 mm	13.0 %
SG4_115B	4 mm	11.5 %
SG6_115C	6 mm	11.5 %
SG8_10	8 mm	10.0 %
SG8_115	8 mm	11.5 %
SG8_13	8 mm	13.0 %
SGX_10	ingen, < 4 x 4 mm	10.0 %
SGX_115	ingen, < 4 x 4 mm	11.5 %
SGX_13	ingen, < 4 x 4 mm	13.0 %

Pelleteringsförsöken gjordes på en utrustning av typen ”Bühler DPCB” med en installerad motoreffekt på 75 kW. Pressen är försedd med en roterande ringmatris, vid försöken användes en matris med en håldiameter på 8 mm samt en kanallängd på 65 mm. Ingen förvärmning eller ångbehandling av

spånet innan pelletering utfördes utan rumstempererat material (ca 20 °C) matades in i pressen.

Innan provtagning och dataregistrering påbörjades kördes pressen ca 20 min för att full arbetstemperatur/normala pressförhållanden skulle uppnås. Under alla experiment försökte vi hålla produktionen konstant på 400 kg/h. En viss spridning i produktionen (361 kg/h - 412 kg/h) förekom dock. När stabila förhållanden uppnåts så startade provtagningen. För varje experiment togs tre delprover ut under en minuts pelletproduktion. Dessa prover användes för att mäta produktionshastigheten och pellets kvalitet. Under pelleteringsförsöken loggades också strömmen (mätt i Ampere) över motorn på pressen. I beräkningarna har strömmen vid de olika försöken justerats med pelletsproduktionen vid det aktuella provtagningstillfället och rapporteras därför som Ah/kg.



Figur 2. Pelletpress av typ Bühler DPCB.

Pelletsanalyser

Innan pelletering togs ett representativt prov ut den konditionerade råvaran för fukthaltsbestämning. Under pelleteringsförsöken togs tre representativa pelletsprover ut från varje försök för analys av pellets kvalitet. Proverna lagrades över natten i öppna plastbackar tills temperaturen sjunkit till omgivande temperatur (ca 20 °C). Därefter analyserades följande kvalitetsegenskaper:

- Hållfasthet enligt SS-EN 15210-1:2010,
- Bulkdensitet enligt SS-EN 15103:2010.
- Finfraktion bestämdes genom manuell sällning av pelletsen på ett 3.15 mm såll.
- Fukthalt på spån och pellets, torkning på IR-våg.

Förutom de fysikaliska egenskaperna så togs representativa prover ut av obehandlat spån och pellets från försöken SG2_115, SG4_115, SG6_115, SG8_115 och SGX_115 för bestämning av extraktivämnehalten, askhalt

och styckedensitet. Extraktivämnehshalten bestämdes genom extraktion i Soxhletutrustning (BÜCHI) med en blandning av acetonitril och aceton (9:1) i 12 cyklar. Askhalten bestämdes enligt SS-EN 14775:2009. Styckedensitet mättes genom att mäta diameter, längd och vikt för 20 representativa pellets.

Representativa prov på 8 kg togs också ut för emissionsmätningar (ECOM J2KN pro) i 20 liters cylindrar (CO, CO₂, O₂, CH₄) av pellets från experiment SG2_115 och SG8_115. Mätningarna gjordes vid rumstemperatur.

Modellering av data

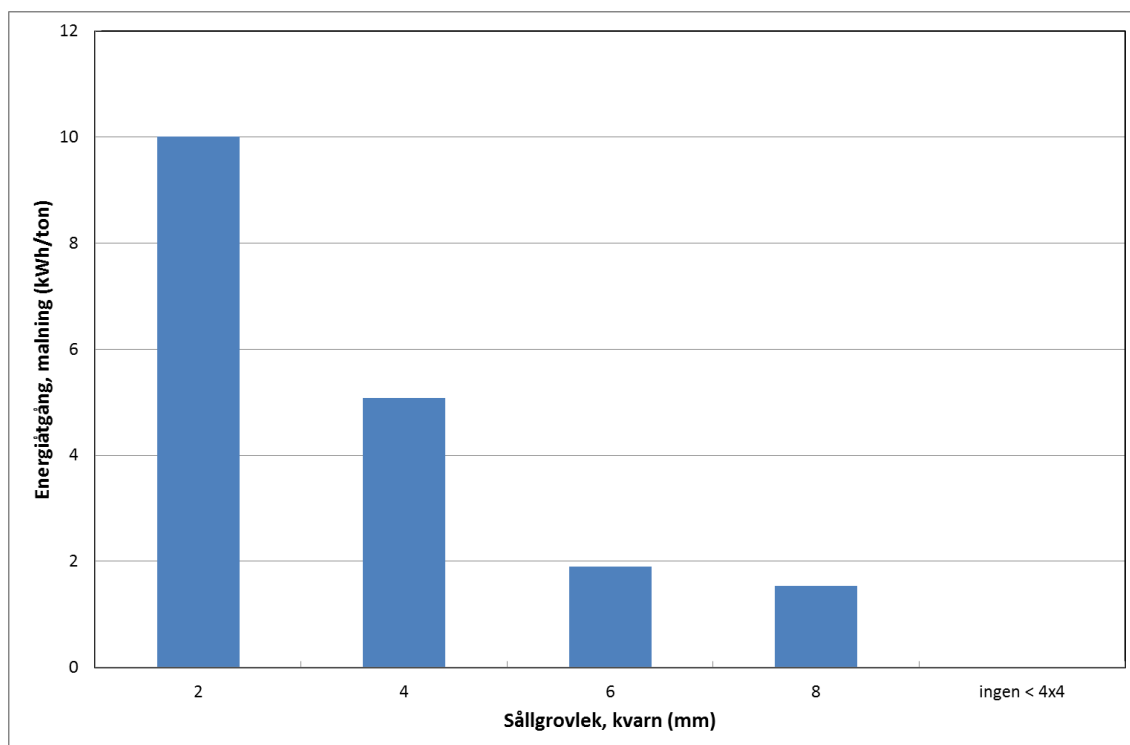
För analys av data och för att koppla de varierade faktorerna (malningsgrad och fukthalt) till responserna (uppmätta pellets-kvalitetssegenskaper) vid pelleteringsförsöken användes programvaran MODDE 10.1. Multipel linjär regression (MLR) användes i samtliga fall.

Resultat och diskussion

I denna del presenteras resultaten från malning, pelletering och analys av de producerade malda och pelleterade produkterna.

Malning

Figur 3 visar energibehovet vid malning med olika sållgrovlek. Man kan tydligt se att ju mindre hålstorlek på sållet desto högre energiåtgång vid malning. I figuren är också omalt, endast sållat material, med (ingen < 4x4) som jämförelse.

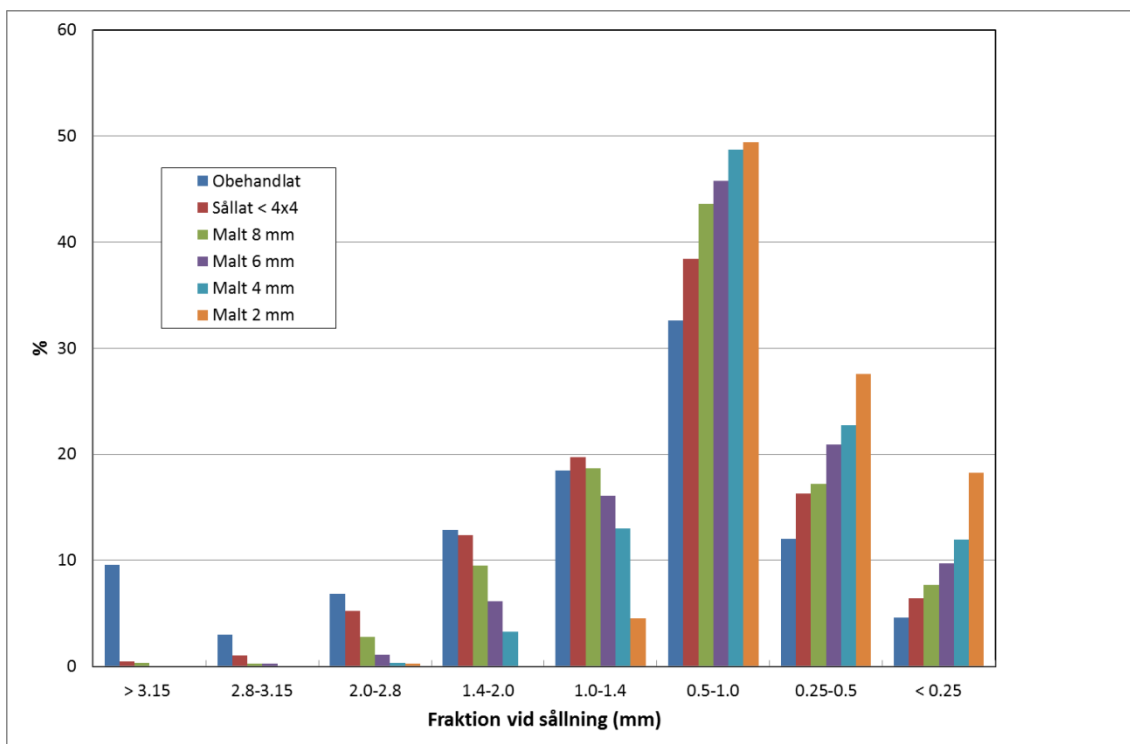


Figur 3. Energiåtgång vid malning på olika sållgrovlek.

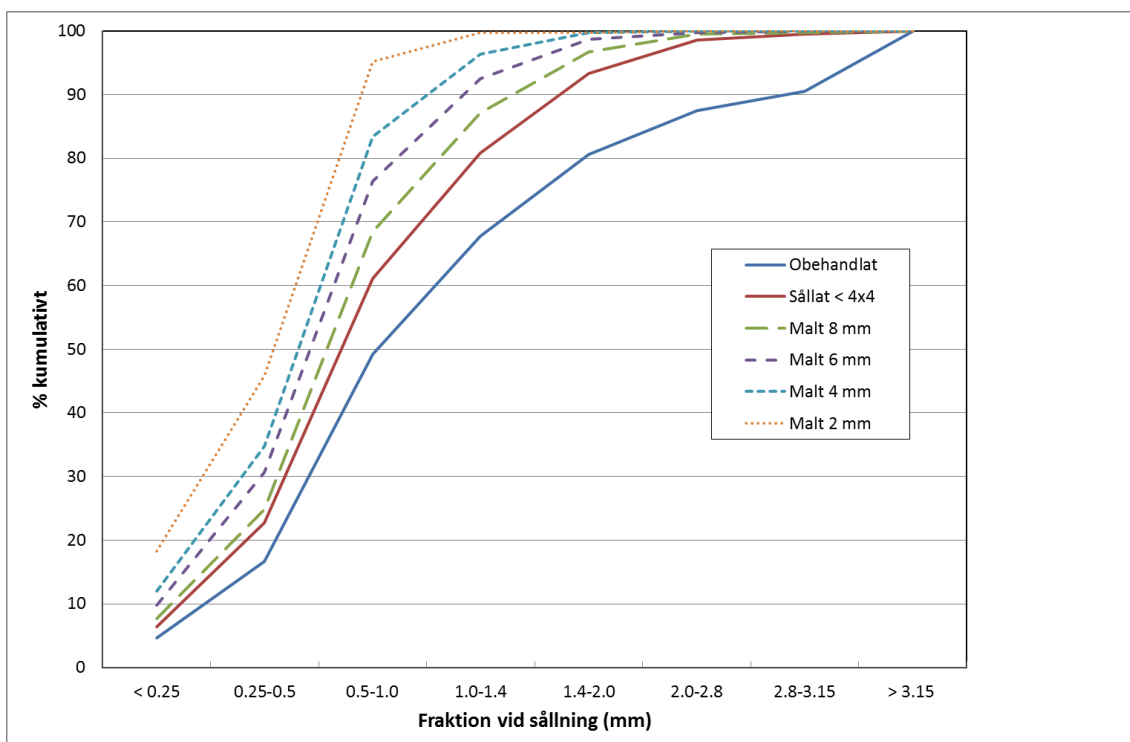
Sållgrovleken och kvarntyperna som används på pelletsfabrikerna varierar naturligtvis. Om man som exempel antar att man använder denna typ av kvarn och ett såll med hålstorlek på 5 mm hamnar man på en energiförbrukning på omkring 3 kWh/ton. Ett byte till ett såll med hålstorlek 8 mm skulle i detta fall halvera energiförbrukningen till 1.5 kWh/ton.

Figur 4 och figur 5 visar fraktionsfördelningen för materialen som har använts i denna undersökning.

Vid sållningen av materialet (Sållat < 4 x 4 mm) var den andel som inte passerade sållet 13.2 % i medeltal. Detta innebär en möjlighet att minska malningsbehovet avsevärt genom att bara sålla bort övergrovt material.



Figur 4. Fraktionsfördelning för de material som har använts i denna undersökning.



Figur 5. Kumulativ fraktionsfördelning för de material som har använts i denna undersökning.

Man kan tydligt se att de finare fraktionerna ökar och de grövre fraktionerna minskar när mindre hålstorlekar används vid malningen. Materialet som endast behandlades genom att ta bort fraktionen som inte passerade ett såll med öppningar 4 x 4 mm hamnar mellan den grövsta malningen (8 mm) och

obehandlat spån. Observera att X-axeln i figur 5, kumulativ fraktionsfördelning, är omvänd jämfört med figur 4.

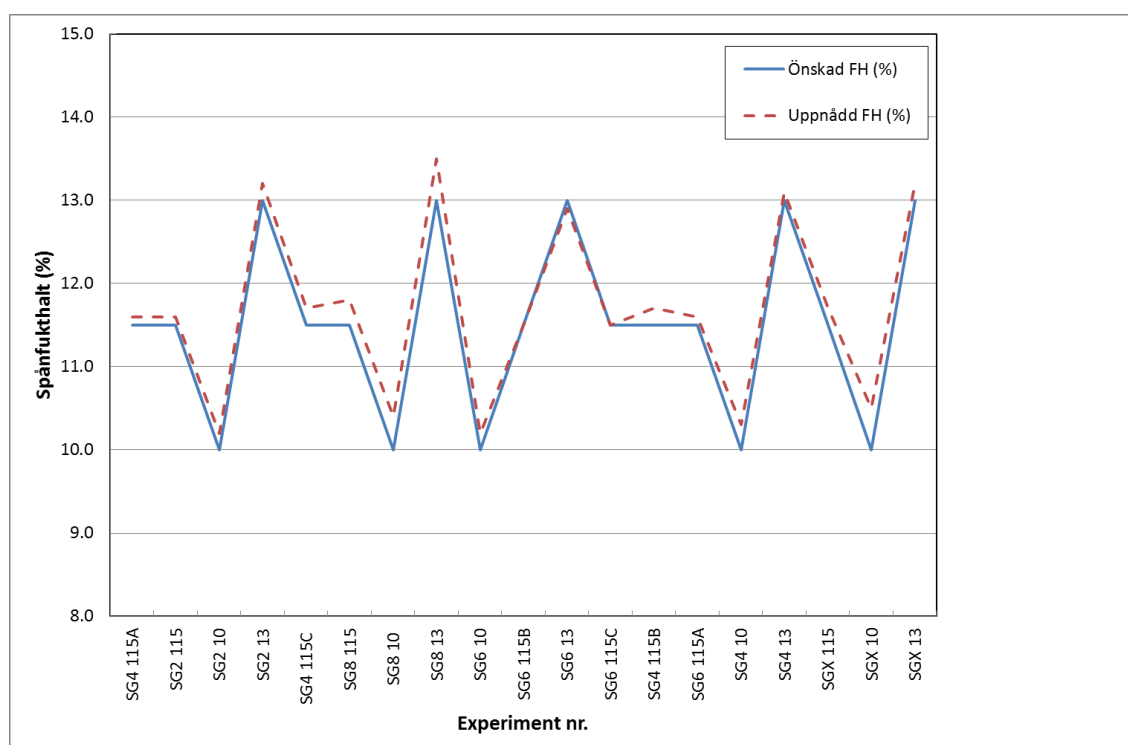
Tabell 2 visar medelvärdet för askhalterna i de material som användes i denna undersökning. Eventuellt kan man tolka detta som om askhalten är något högre i det obehandlade materialet, materialet som enbart är sållat och den grövsta malgraden jämfört med de finare malningarna. Troligtvis beror dock skillnaderna enbart på provtagningen och den naturliga variationen i råvaran.

Tabell 2. Medelvärde av askhalter för de material som användes i denna undersökning

Material	Aska (%)
Obehandlat	0.35
Sållat < 4x4	0.34
Malt 8 mm	0.34
Malt 6 mm	0.31
Malt 4 mm	0.32
Malt 2 mm	0.32

Pelletering

Den viktigaste parametern vid pelletering är fukthalten på materialet som går in till pelletspressen. Därför är det viktigt att man har noggrann kontroll på denna parameter. Figur 6 visar hur väl vi lyckades justera fukthalten på materialet som går till pressning jämfört med de önskade värdena enligt försöksplanen.



Figur 6. Önskad fukthalt enligt försöksplanen jämförd med uppnådd fukthalt.

Ju närmare den uppnådda fukthalten ligger mot den önskade fukthalten desto bättre blir de MLR-modeller som skapas för att koppla faktorerna (fukthalt och malgrad) till responserna (pellets-kvalitetssegenskaper). Figur 6 visar att vi lyckades med mycket stor precision justera fukthalten till de önskade nivåerna.

Modellerad data

En D-optimal försöksdesign och MLR-modellering användes för att skapa matematiska modeller mellan faktorerna och responserna i försöket. Tabell 3 visar en sammanställning över hur väl vi lyckades med modelleringen. För responserna finfraktion användes en logaritmisk transformation då responsdistributionen visade en tydlig snedfördelning.

Tabell 3. Sammanställning av MLR modelleringen.

Respons	R ²	Q ²
Motorbelastning	0.63	0.15
Finfraktion	0.77	0.53
Bulkdensitet	0.95	0.89
Hållfasthet	0.93	0.51
Pelletsfukthalt	0.97	0.93

R² beskriver hur väl modellen passar uppmätta data och Q² beskriver hur bra modellen är att prediktera nya data. R² och Q² kan variera mellan 0 och 1 och ju närmare 1 desto bättre modell. I detta fall kan vi konstatera att utmärkta modeller erhöles för responserna "bulkdensitet" och "pelletsfukthalt". Modellen för hållfasthet är också bra men den är något sämre på att prediktera nya data. Modellen för finfraktion är ganska bra och kan till en viss del prediktera nya data. Modellen för motorbelastning är dock ganska svag och kan inte användas för att prediktera nya data.

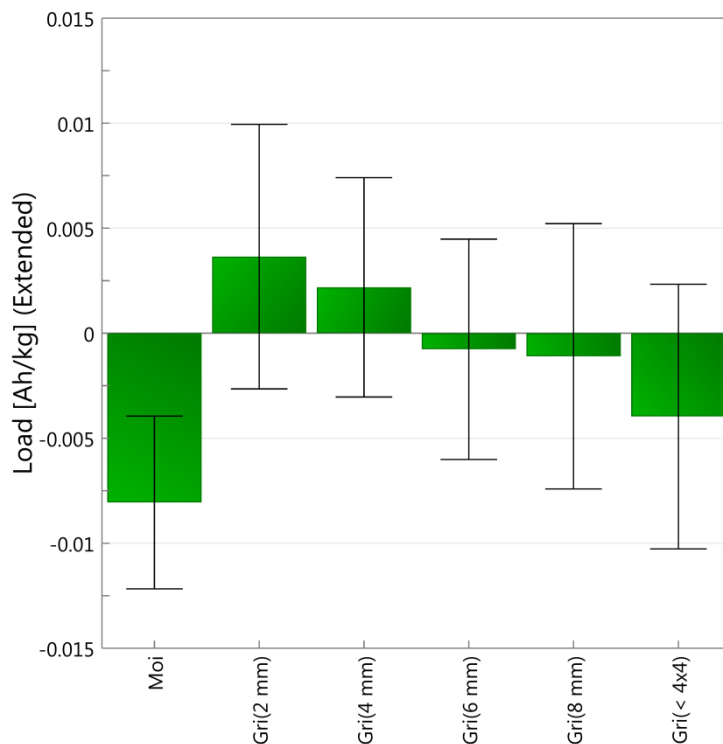
Koefficienter

Figurerna 7-11 beskriver hur olika koefficienter, dvs. faktorer, interaktion mellan faktorer och kvadratiske termer påverkar de olika responserna. En stor stapel har stor inverkan i förhållande till de andra koefficienterna men är felstaplarna större än stapeln för koefficienten så betyder det att denna inte är signifikant.

Förkortningarna för koefficienterna som används i figurerna har följande betydelser:

- Moi = fukthalt
- Gri(x mm) = malgrad eller sållning
- Moi*Moi = kvadratisk term av fukthalt
- Moi*Gri(x mm) = interaktionsterm av fukthalt och malgrad/sållning

Figur 7 visar koefficienterna för responserna motorbelastning och man kan se att endast fukthalten på materialet är signifikant för denna respons. Fukthalten har i detta fall en negativ inverkan på motorbelastningen så att ökad fukthalt ger lägre motorbelastning. Man kan också urskilja en trend att finare malning ger högre motorbelastning men man bör observera att den stora spridningen i data gör att inverkan av malningsgrad inte är signifikant.

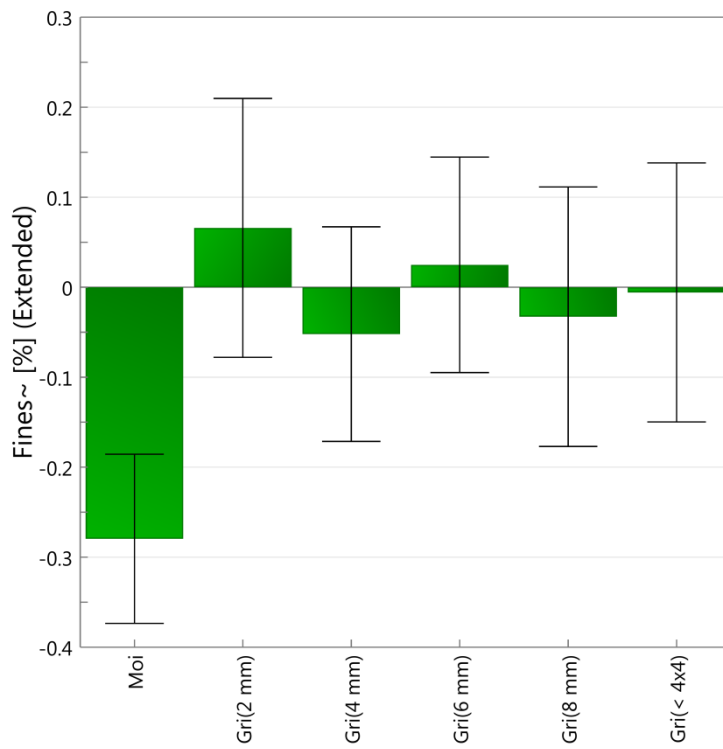


Figur 7. Koefficienter för responsen motorbelastning.

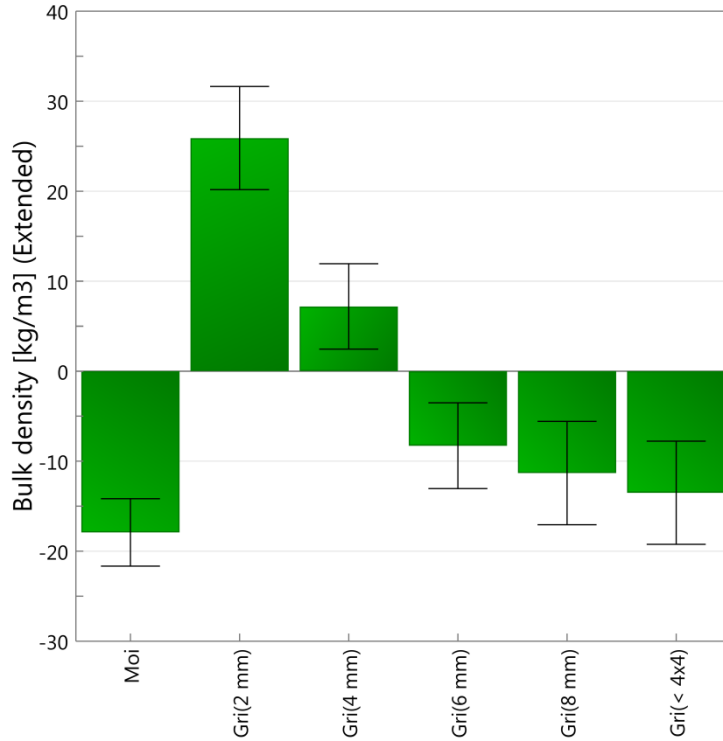
Figur 8 visar koefficienterna för responsen finmaterial. Endast fukthalten har en signifikant inverkan på denna respons. Högre fukthalt ger lägre andel finmaterial.

Figur 9 visar koefficienterna för responsen bulkdensitet. Här är både fukthalt och alla malningsgrader signifikanta. Ökad fukthalt ger en minskad bulkdensitet. Finmalt material ökar bulkdensiteten medan grovmalt material sänker bulkdensiteten.

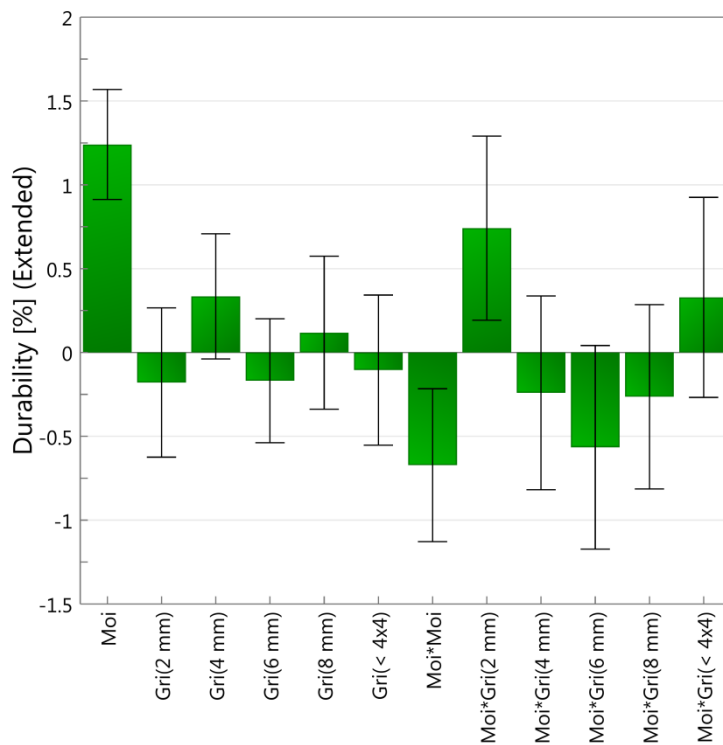
Figur 10 visar koefficienterna för responsen hållfasthet. Här är inverkan av de olika koefficienterna ganska komplicerad. Fukthalten har den största inverkan på hållfastheten genom att ökad fukthalt också ökar hållfastheten. Vi har också en signifikant inverkan av den kvadratiske termen för fukthalt som påverkar hållfastheten negativt. Också interaktionen mellan fukthalt och den finaste malgraden är signifikant. Detta påverkar hållfastheten positivt.



Figur 8. Koefficienter för responsen finmaterial.

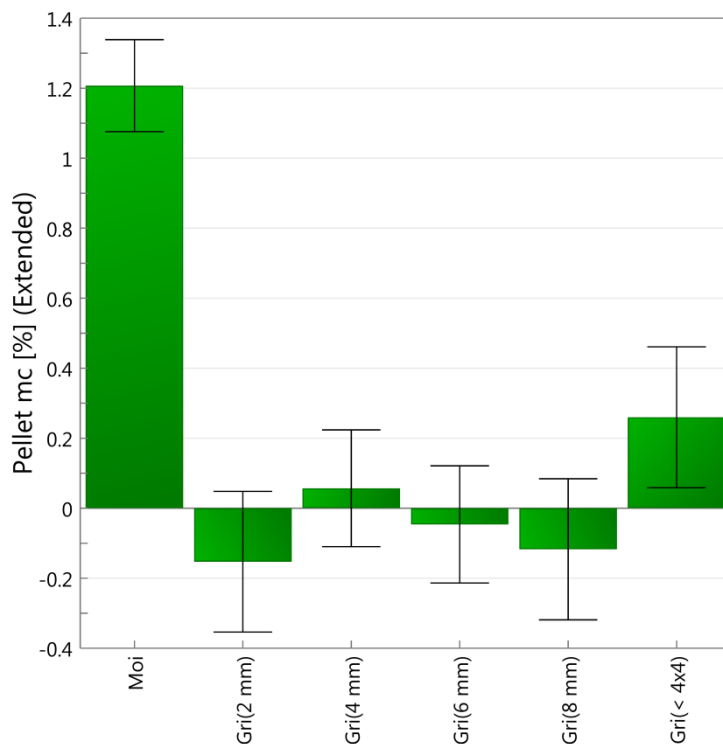


Figur 9. Koefficienter för responsen bulkdensitet.



Figur 10. Koefficienter för responsen hållfasthet.

Figur 11 visar koefficienterna för responsen pelletfukthalt. Här är fukthalten den koefficient som har störst inverkan genom att högre fukthalt ger högre pelletfukthalt. Även koefficienten Gri(< 4x4) har en signifikant inverkan. Detta betyder att materialet som enbart är sållat ger något högre fukthalt i de producerade pelletarna än malt material gör.



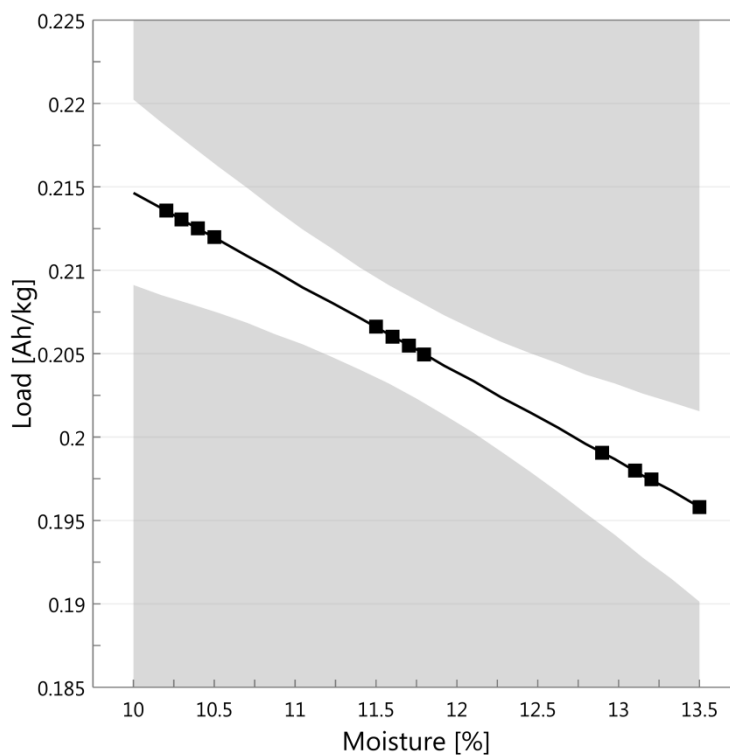
Figur 11. Koefficienter för responsen pelletfukthalt.

Huvudeffekter

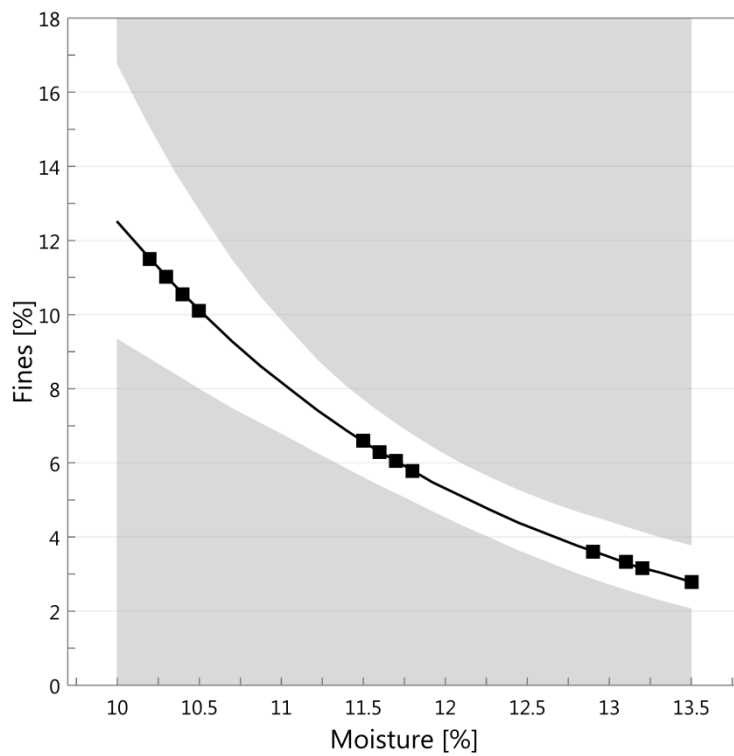
I figur 12-21 visas huvudeffekterna av fukthalt och malgrad på de olika uppmätta responserna. Konfidensintervallet (95 %) är också inkluderat i figurerna.

Inverkan av fukthalt:

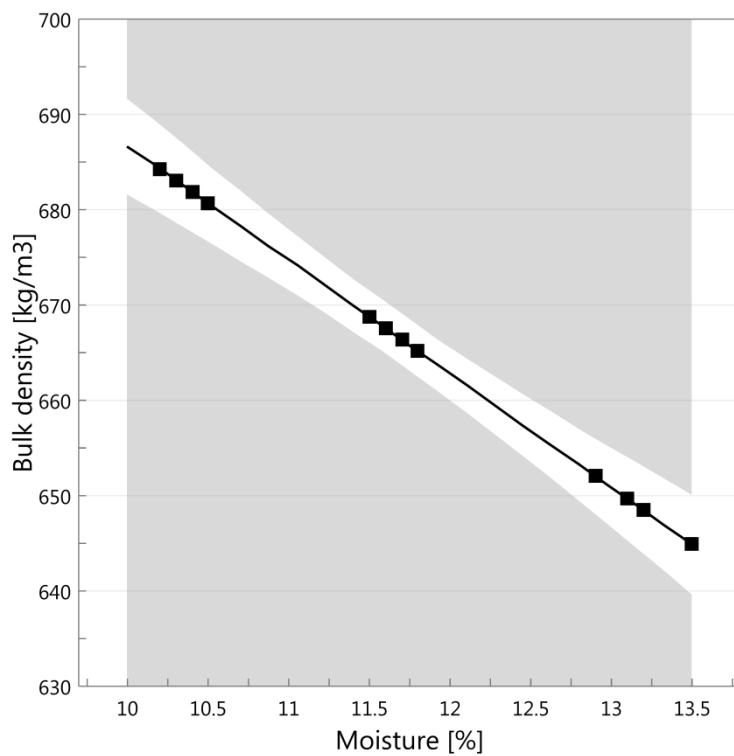
Fukthalten är, som vi redan visste, den absolut viktigaste faktorn vid pelletstillverkning. En höjning av fukthalten, från 10 % till 13 % i detta fall ger lägre motorbelastning, mindre andel finmaterial, lägre bulkdensitet och högre pelletfukthalt. Fukthalten ger i denna undersökning den högsta hållfastheten vid ca 12.75 %



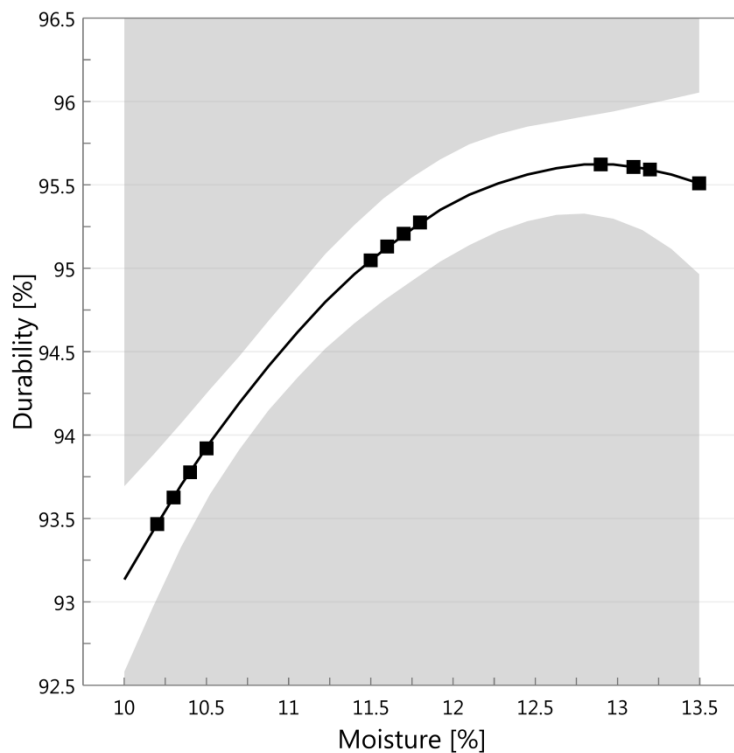
Figur 12. Motorbelastningen som en funktion av fukthalt.



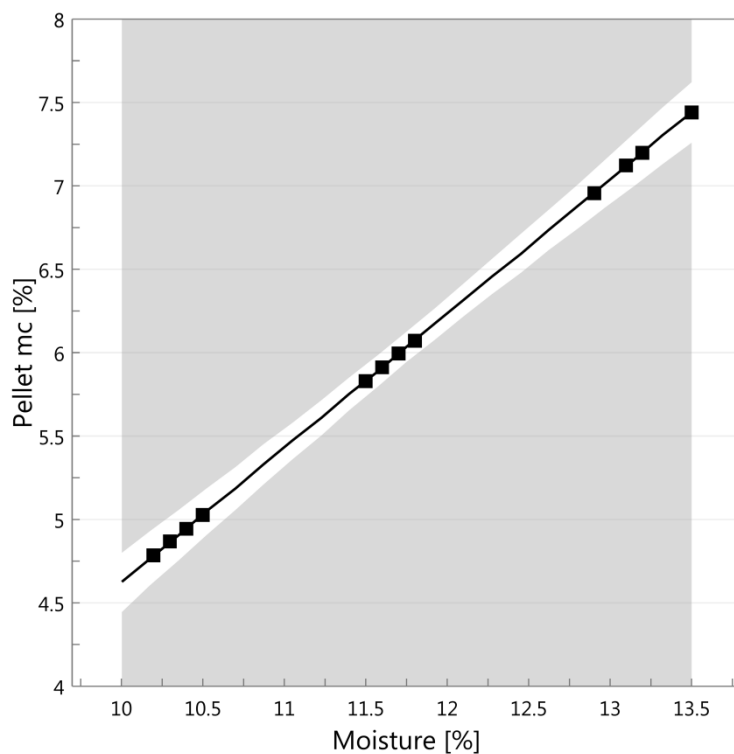
Figur 13. Andelen finmaterial som en funktion av fukthalten.



Figur 14. Bulkdensiteten som en funktion av fukthalten.



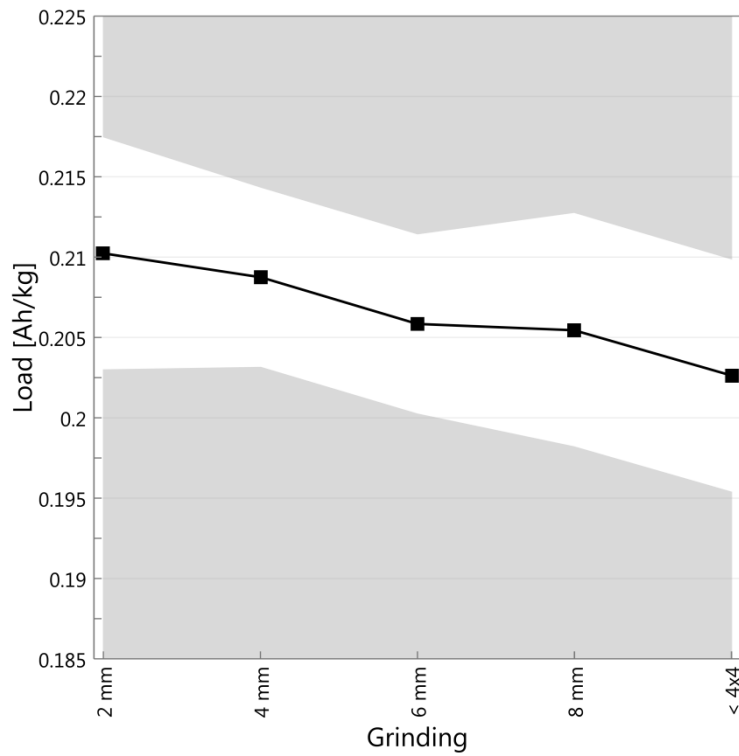
Figur 15. Hållfastheten som en funktion av fukthalten.



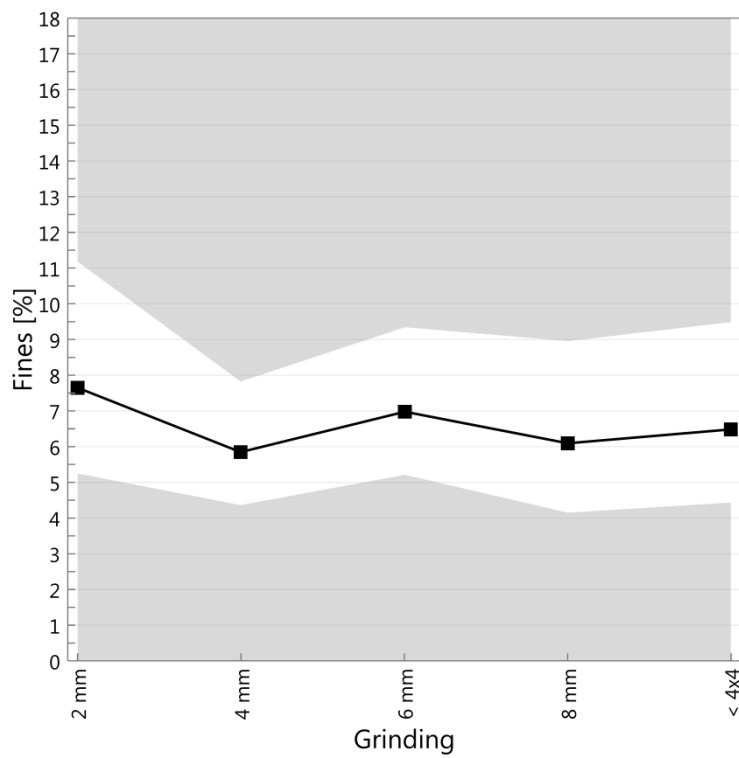
Figur 16. Pelletfukthalten som en funktion av fukthalten.

Inverkan av malgrad:

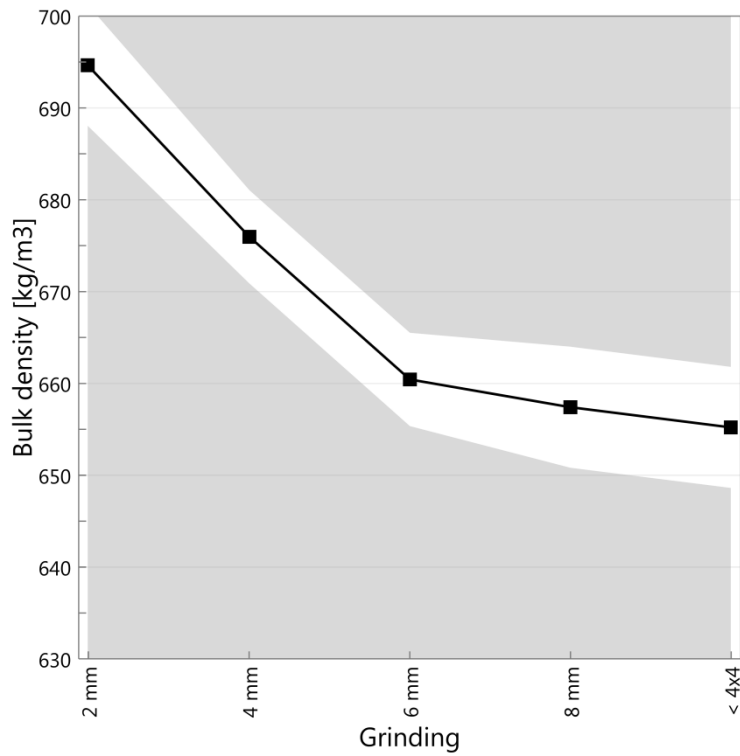
Malgraden påverkar framför allt bulkdensiteten genom att en finare malning ger högre bulkdensitet på produkten vid i övrigt oförändrade betingelser. För övriga responser så har malgraden liten eller ingen betydelse alls.



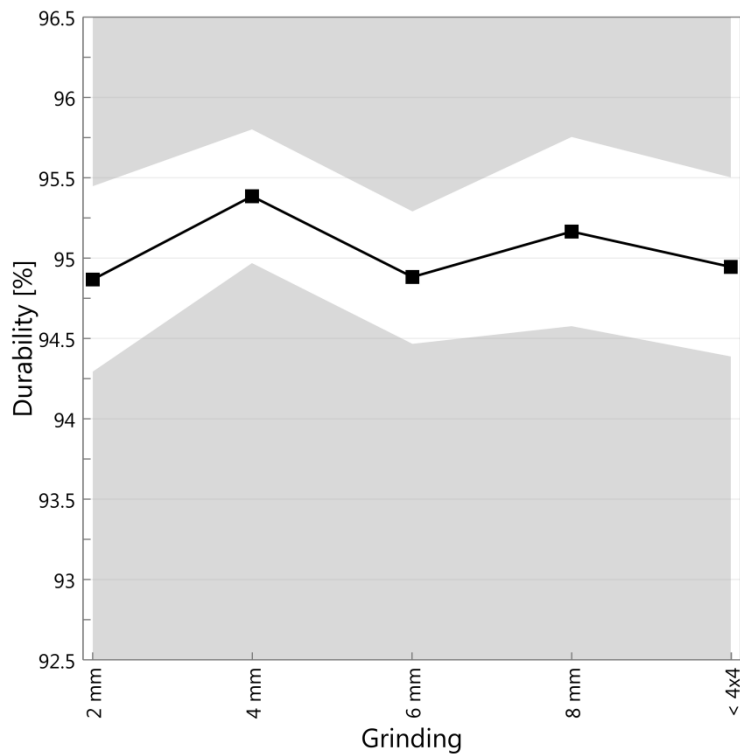
Figur 17. Motorbelastningen som en funktion av malgraden.



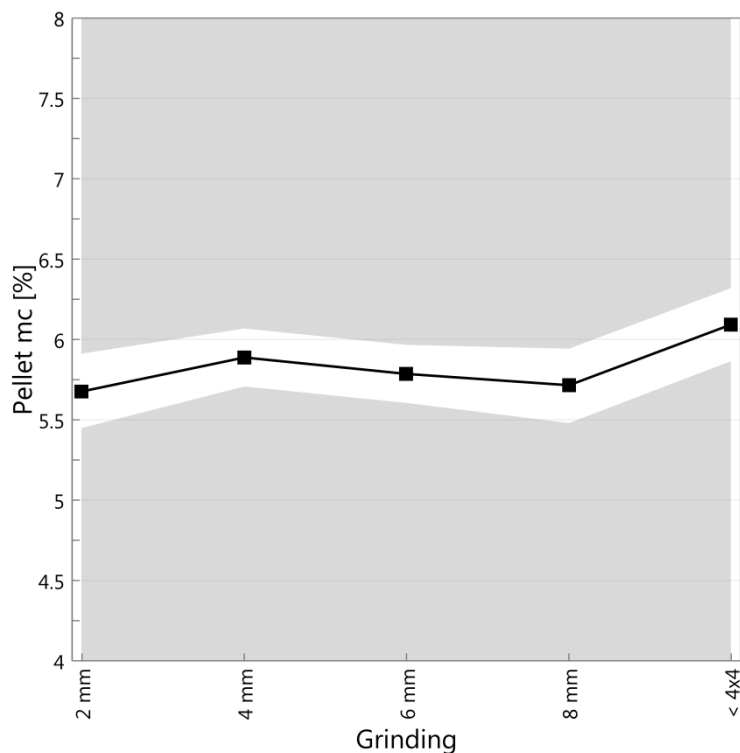
Figur 18. Andelen finmaterial som en funktion av malgraden.



Figur 19. Bulkdensiteten som en funktion av malgraden.



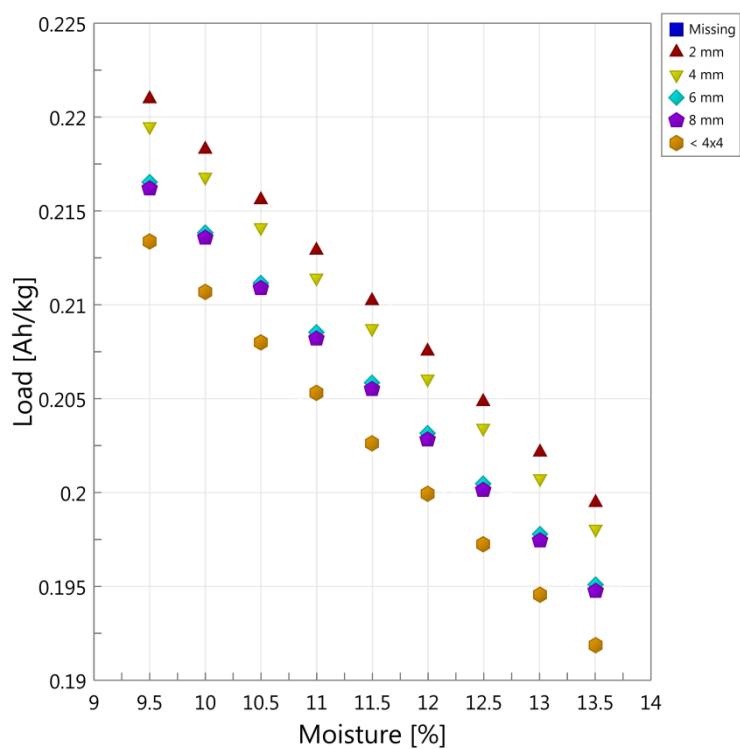
Figur 20. Hållfastheten som en funktion av malgraden.



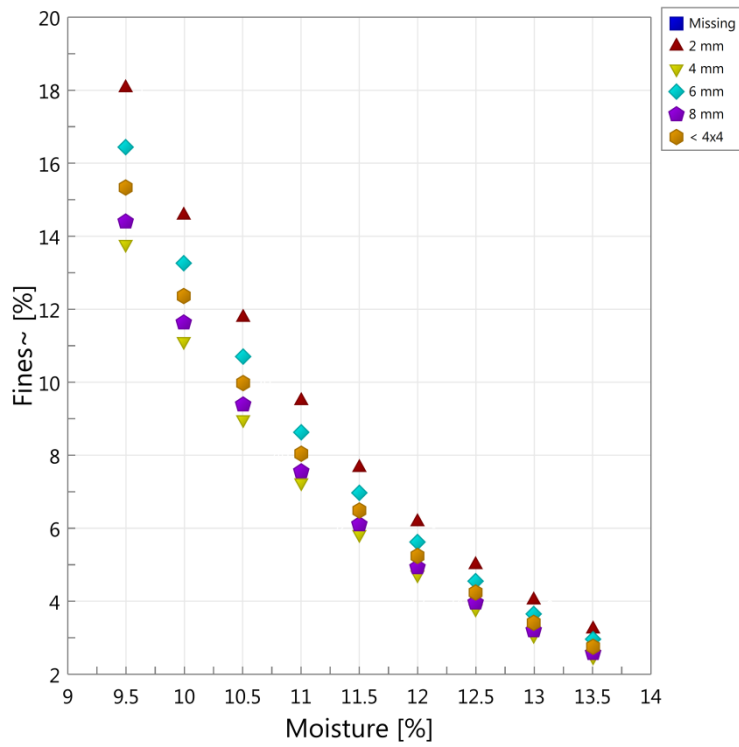
Figur 21. Pelletfukthalten som en funktion av malgraden.

Prediktioner

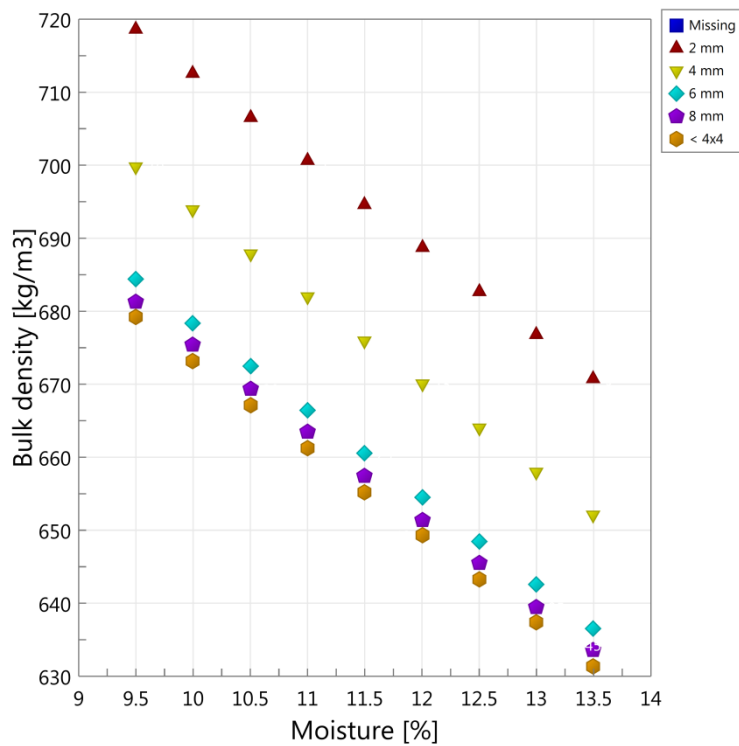
I figurerna 22-26 visas hur modellerna predikterar responser vid olika inställningar på fukthalt för olika malgrad på råvaran.



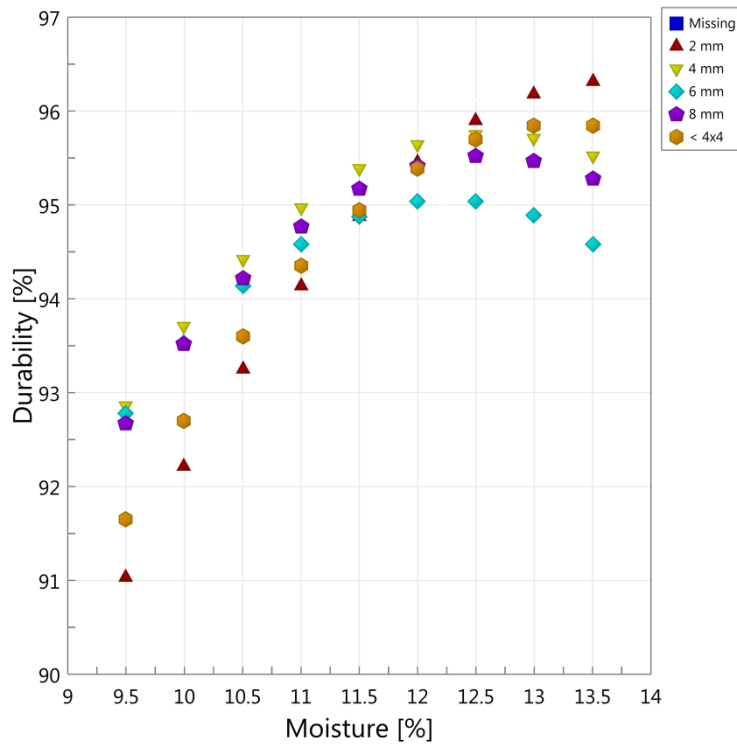
Figur 22. Predikterad motorbelastning som en funktion av fukthalt.



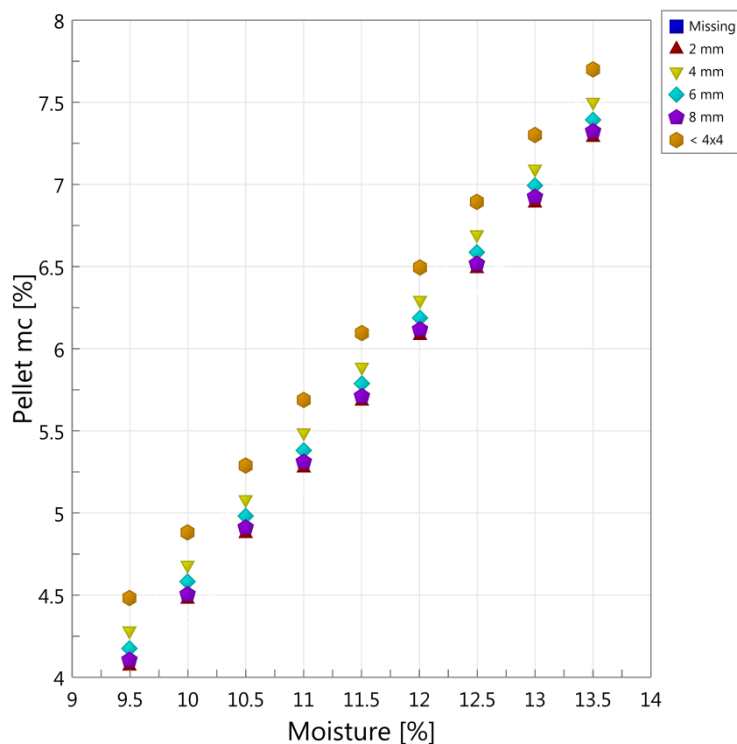
Figur 23. Predikterad andel finmaterial som funktion av fukthalt.



Figur 24. Predikterad bulkdensitet som funktion av fukthalt.



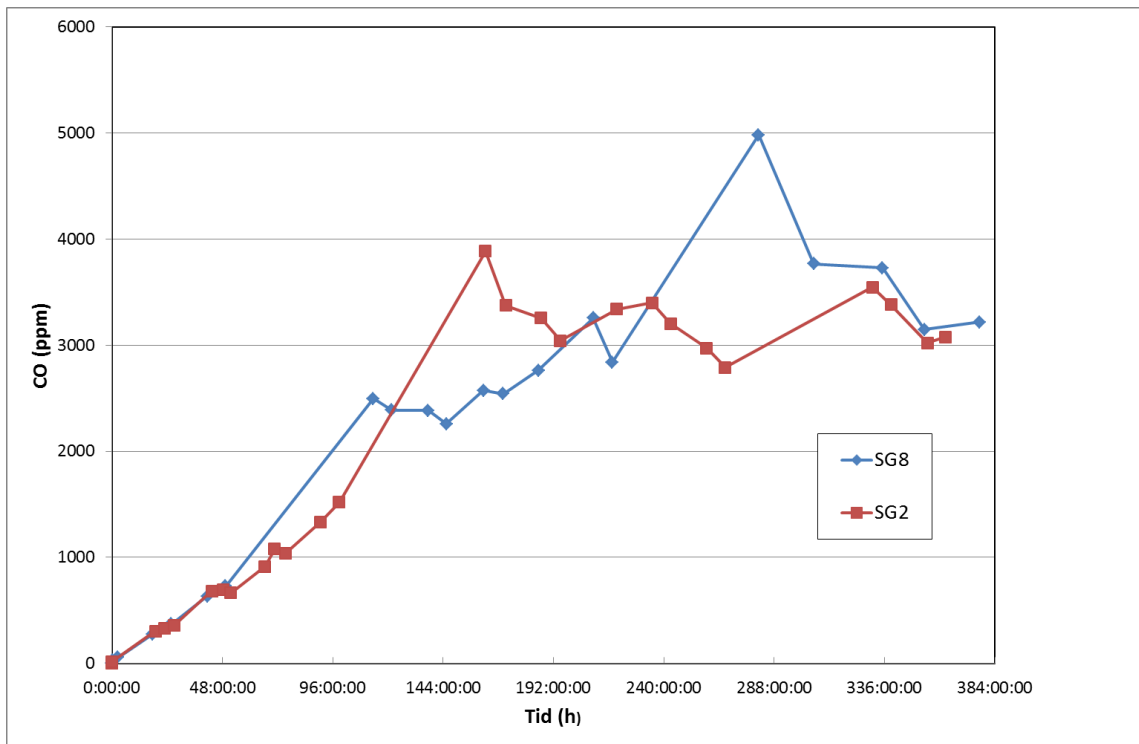
Figur 25. Predikterad hållfasthet som funktion av fukthalt.



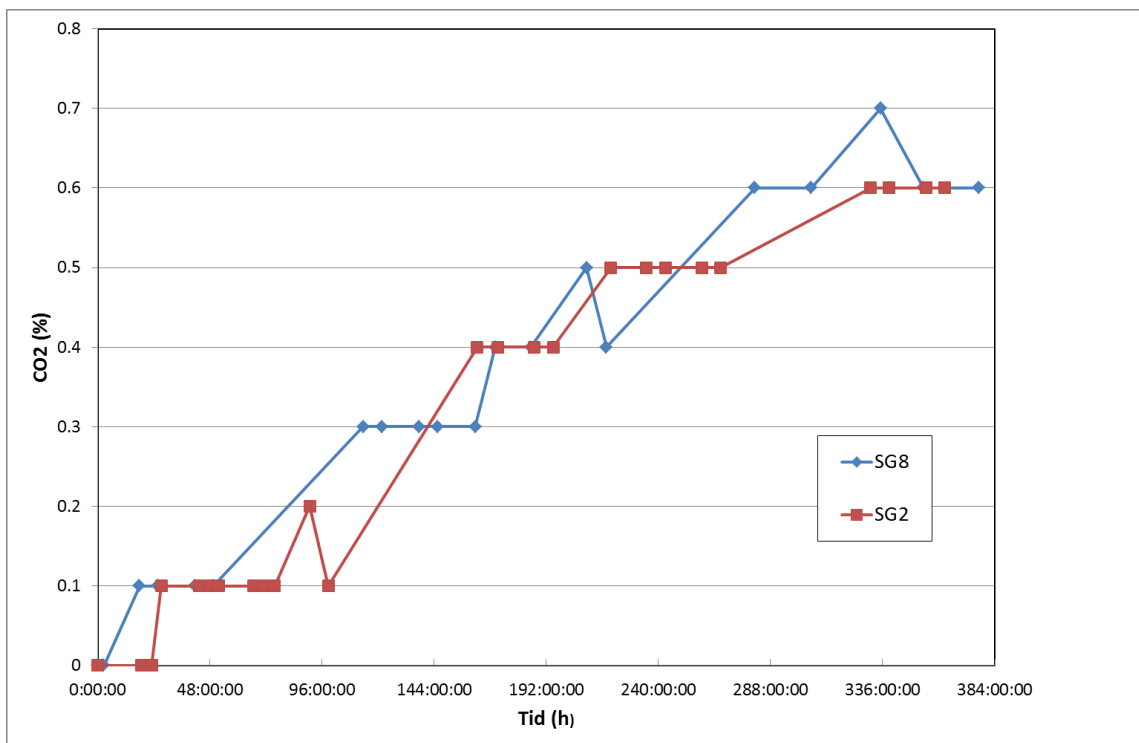
Figur 26. Predikterad pelletfukthalt som funktion av fukthalt.

Emissioner vid lagring

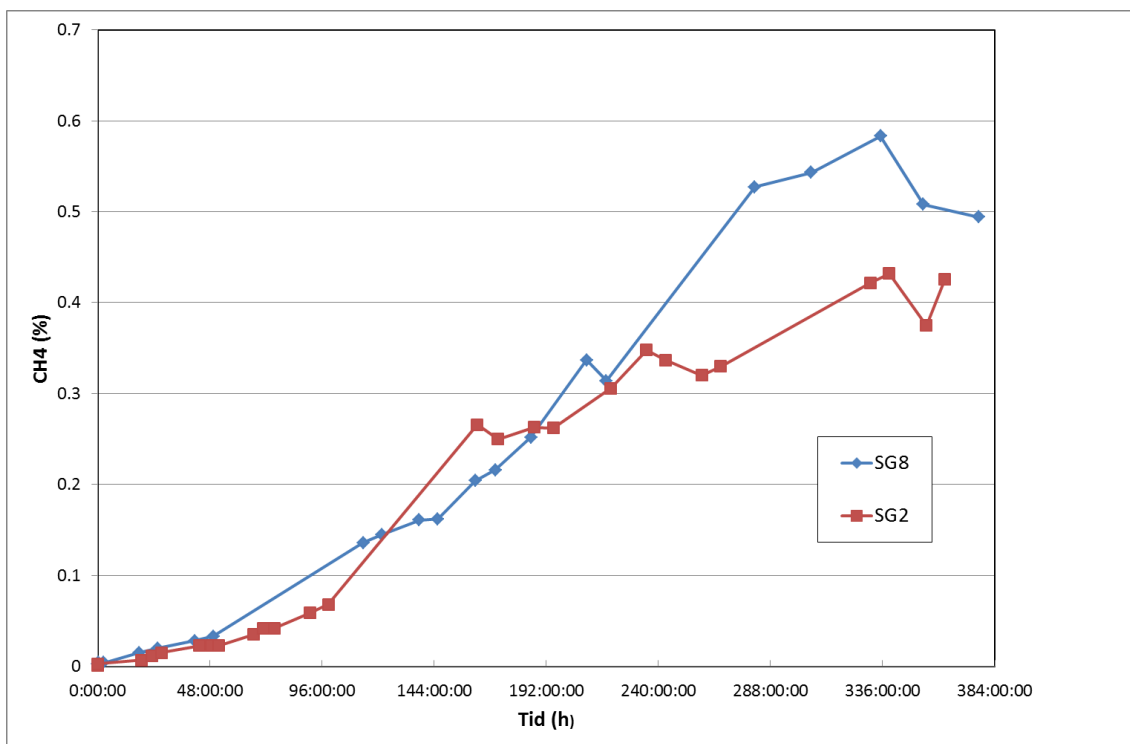
Figurerna 27-30 visas hur andelen CO, CO₂, CH₄ och O₂ förändras över tid vid lagring av pellets tillverkade av spån malt på 8 mm (SG8) och 2 mm (SG2) såll.



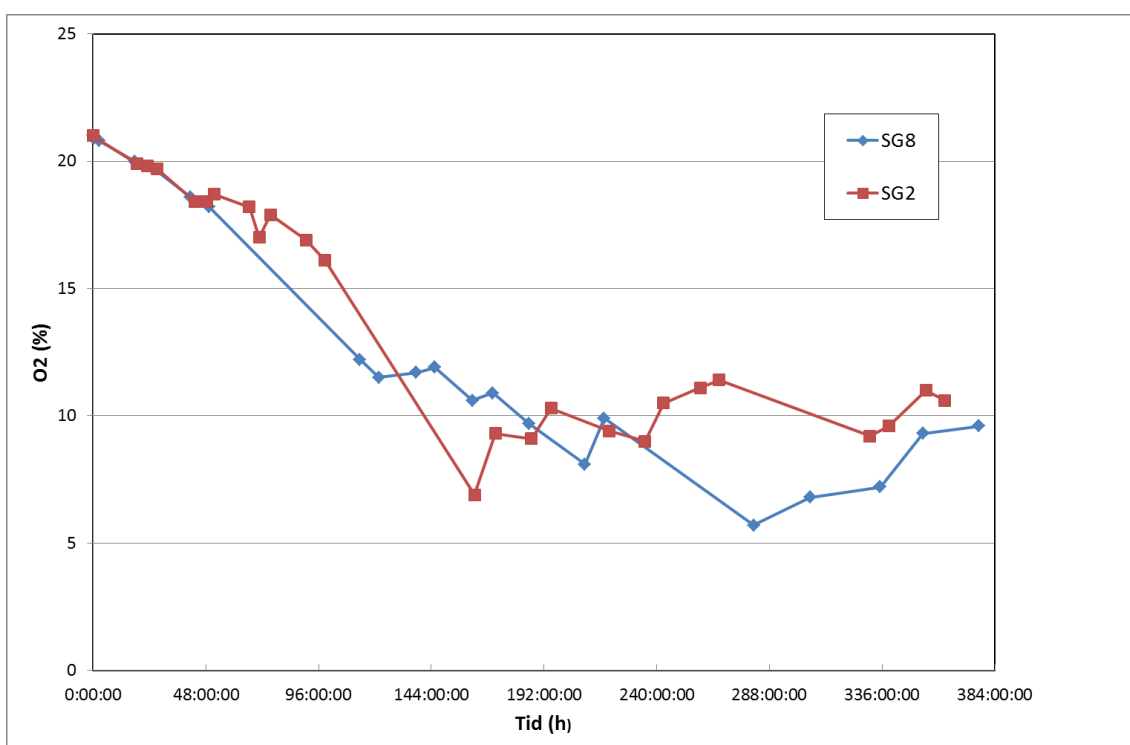
Figur 27. Förändring av CO som funktion av tid vid lagring av pellets i slutna behållare.



Figur 28. Förändring av CO₂ som funktion av tid vid lagring av pellets i slutna behållare.



Figur 29. Förändring av CH₄ som funktion av tid vid lagring av pellets i slutna behållare.



Figur 30. Förändring av O₂ som funktion av tid vid lagring av pellets i slutna behållare.

Det går inte att påvisa någon skillnad i emissioner från pellets tillverkade av spån malt på 8 mm mot pellets tillverkade av spån malt på 2 mm. Emissionerna verkar vara oberoende av på vilken sållgrovlek spånet mals.

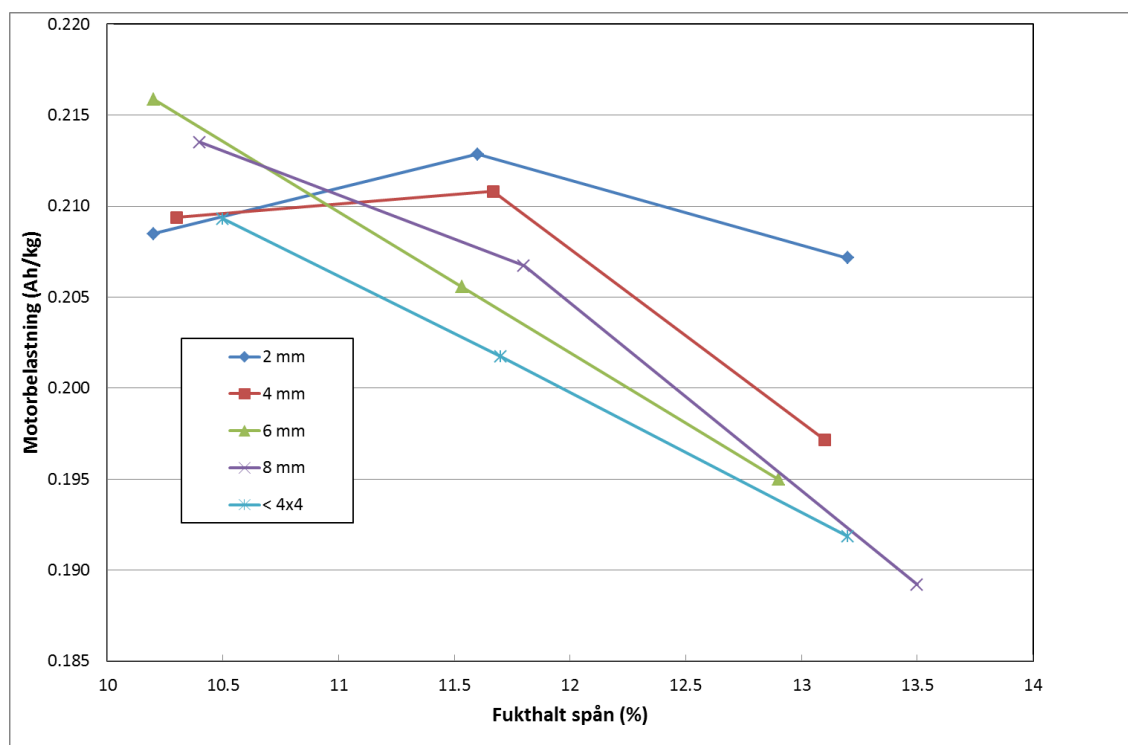
I tabell 4 visas medelvärden för extraktivämneshalter, askhalter och styckedensitet för den obehandlade spånråvaran och för pellets tillverkade av olika spånfraktioner. Extraktivämneshalten verkar sjunka något i det pelleterade materialet, antagligen beroende på att temperaturen ökar vid pelletering och en del ämnen som är lättflyktiga försvinner i denna fas. Styckedensiteten ökar också med ökande malgrad men skillnaden är inte lika märkbar som för bulkdensiteten.

Tabell 4. Extraktivämneshalt askhalt och styckedensitet för råvara och pellets tillverkade av olika spånfraktioner.

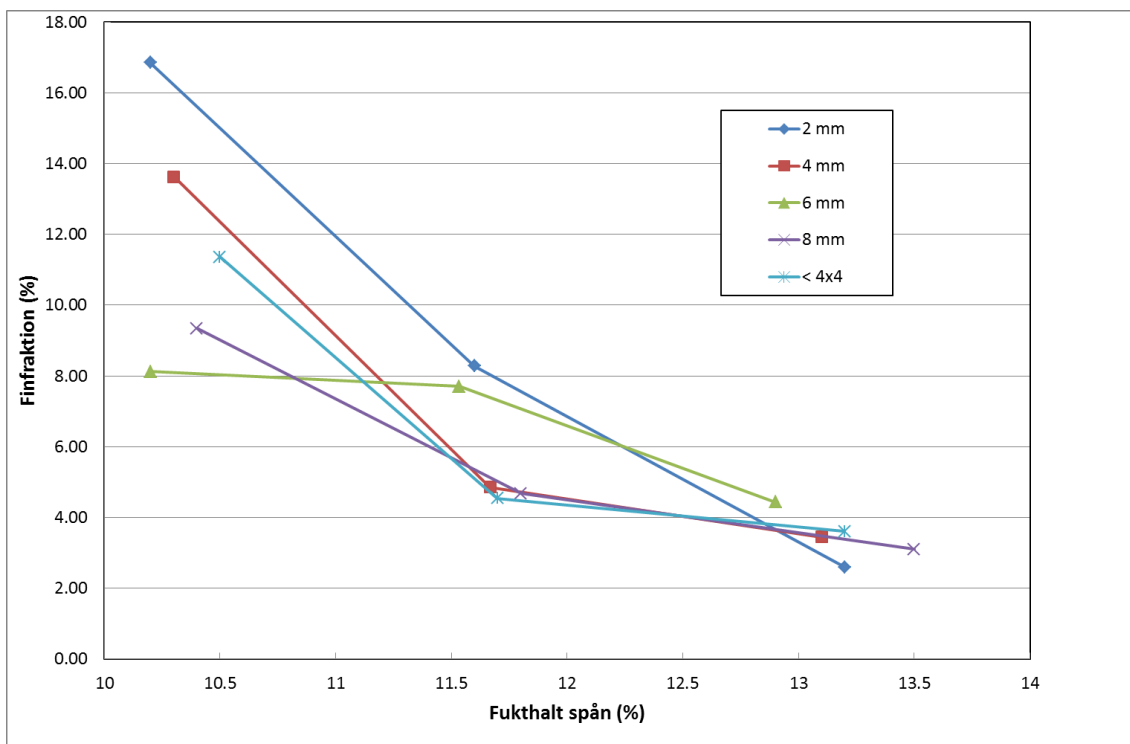
Material	Extraktivämnes- halt (%)	Askhalt (%)	Stycke- densitet (g/cm ³)
Spån, obehandlat material	2.93	0.35	-
Pellets, från spån < 4 x 4 mm	2.59	0.35	1181
Pellets, från spån malt 8 mm	2.54	0.34	1189
Pellets, från spån malt 6 mm	2.57	0.35	1212
Pellets, från spån malt 4 mm	2.33	0.34	1220
Pellets, från spån malt 2 mm	2.45	0.31	1220

Icke modellerad data

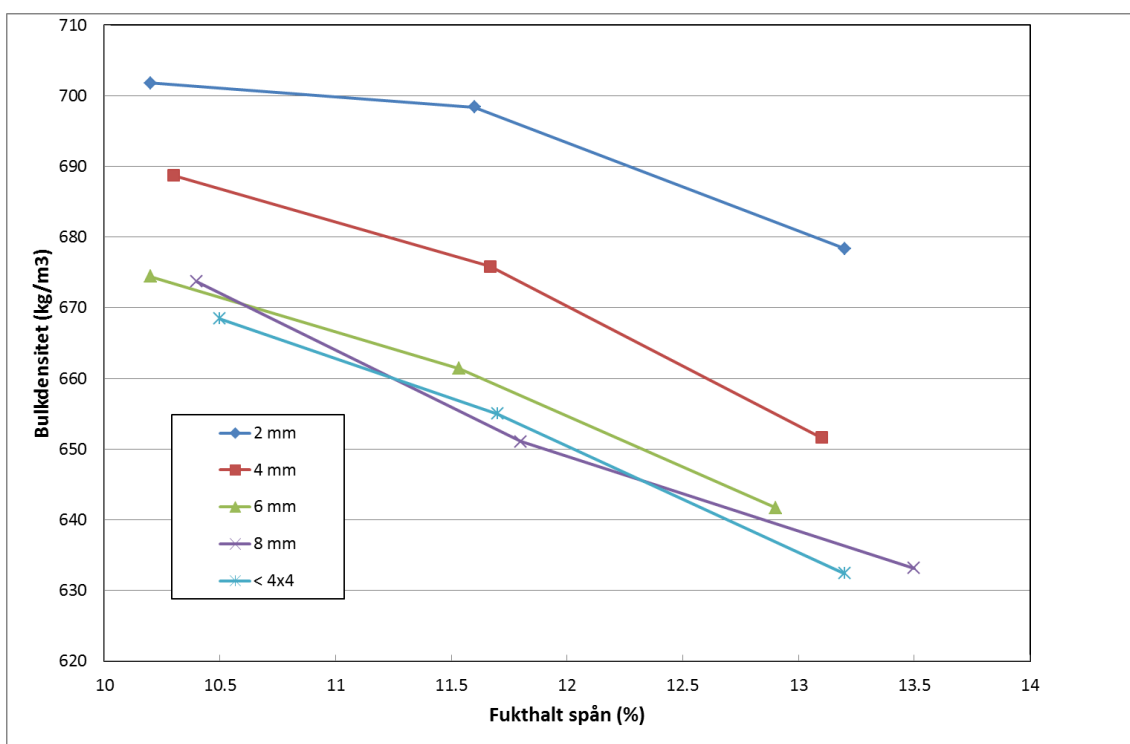
I följande figurer (figur 31-35) presenteras rådata från pelleteringsförsöken. I de fall där upprepningar har gjorts så har medelvärdet av dessa upprepningar används.



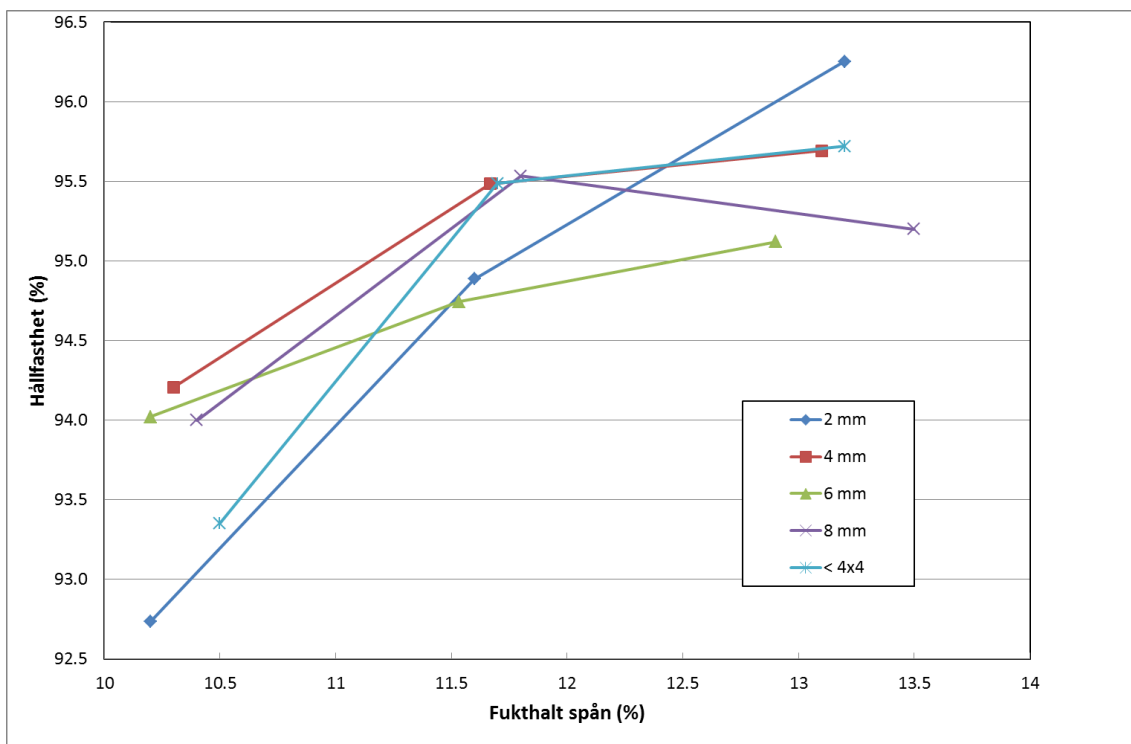
Figur 31. Motorbelastning vid pressning som funktion av fukthalt på spån.



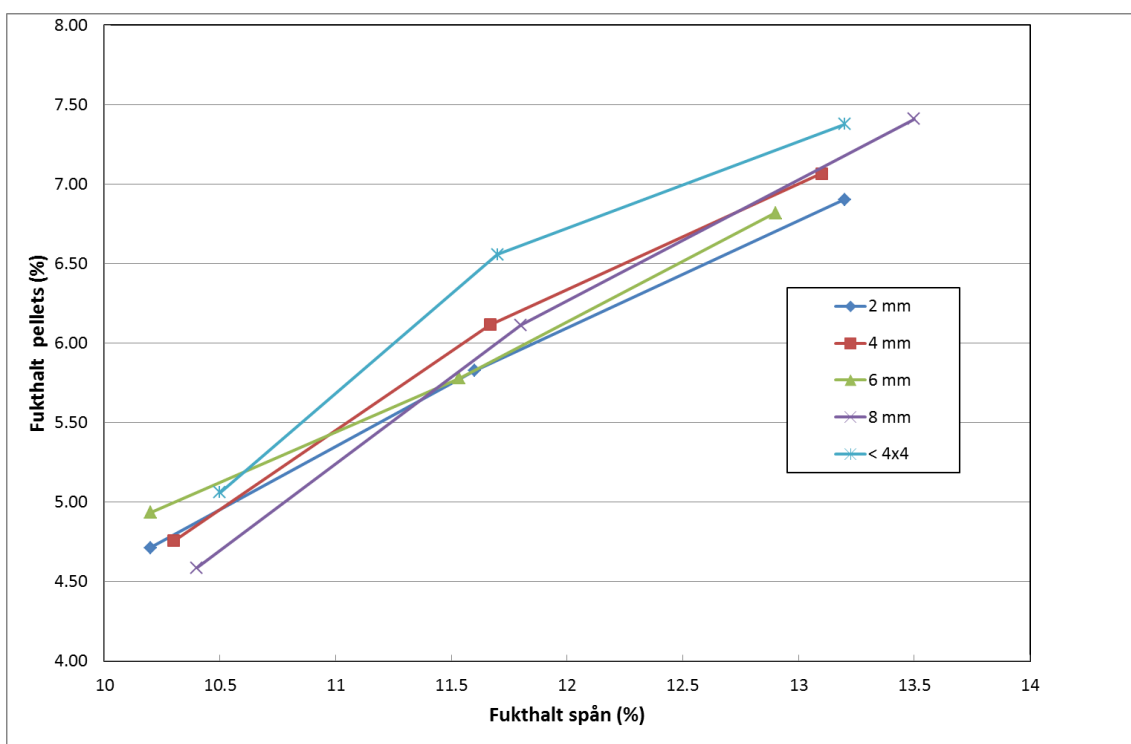
Figur 32. Andel finfraktion vid pelletstillverkning som funktion av fukthalt på spån.



Figur 33. Bulldensitet för pellets som en funktion av fukthalt på spån.



Figur 34. Hållfasthet för pellets som en funktion av fukthalt på spån.



Figur 35. Fukthalt hos pellets som en funktion av fukthalt på spån.

Slutsatser

Vid försöken med pelletstillverkning av spån malt med olika sållgrovlekar ställde vi upp följande hypoteser:

- Malningsgraden har ingen inverkan på pellets kvalitet
- Mer grovmalt material ger högre energiåtgång vid pelletering
- Pellets tillverkade av finmalt material ger högre emissioner vid lagring än pellets tillverkade av grovmalt material

Resultaten visade att den första hypotesen var felaktig. Malningsgraden påverkar pellets kvaliteten genom att mer finmalt material ger signifikant högre bulkdensitet på produkten.

Den andra hypotesen var också felaktig. Mer grovmalt material ger inte högre energiåtgång vid pelletering. Tvärt emot så kan man se en svag trend att mer finmalt material ger högre energiåtgång vid pelletering. Det bör dock påpekas att skillnaden i energiåtgång vid pelletering inte är signifikant.

Den tredje hypotesen får vi också förkasta. Ingen skillnad i emissioner vid lagring av pellets tillverkade av fint eller grovt material.

Sammanfattningsvis kan vi också konstatera att det är möjligt att tillverka pellets av bra kvalitet av sågspån som inte är malt utan där endast den övergrova fraktionen är bortsållad.

Man bör också ta i beaktande att dessa resultat gäller för det spån som användes i denna undersökning, för den utrustning som användes i försöket och inom de fukthalts- och malgradsintervall som har använts i undersökningen. För att verifiera dessa försök så bör tester i full skala också genomföras.

I denna undersökning gjordes inte heller någon förbehandling av råvaran med ånga innan pelletering utan rumstempererat spån matades direkt till pelletspressen. Hur en sådan förbehandling hade påverkat resultatet är omöjligt att säga utifrån de data som erhöles vid detta försök.

Referenser

1. Bergström D, Israelsson S, Öhman M, Dahlqvist S-A, Gref R, Boman C, Wästerlund I. Effects of raw material particle size distribution on the characteristics of Scots pine sawdust fuel pellets. *Fuel Processing technology* 89 (2008) 1324-13-29
2. Obernberger I, Thek G. *The pellet handbook* (2010). Earthscan Ltd. Dunstan House, 14a Cross Street, London EC1N 8XA, UK. ISBN: 978-1-84407-631-4