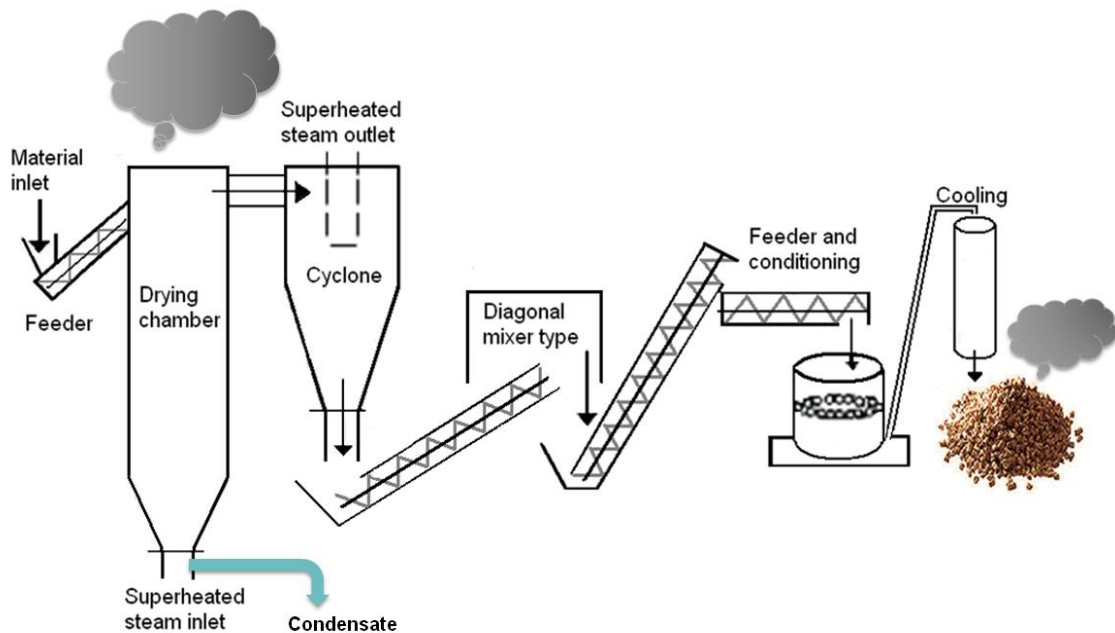


Projekt SWX-Energi

Rapport nr 25

Miljöaspekter på produktion och lagring av träpellets

Maria Sandberg, Karin Granström, Jonas Berghel, Stefan Frodeson, Roger Renström och Magnus Ståhl



En investering för framtiden



FÖRORD

Rapporten **Miljöaspekter på produktion och lagring av träpellets** är framtagen av Maria Sandberg, Karin Granström, Jonas Berghel, Stefan Frodeson, Roger Renström och Magnus Ståhl inom delprojekt Pellets.

I rapporten ingår tre delar:

Den första är kemisk och toxikologisk karakterisering av kondensat från en spåntork i syfte att påbörja ett arbete med att bedöma möjligheten att rena torkkondensat med biologiska metoder.

Den andra är en undersökning av lagringsbarheten hos pellets med och utan tillsatt lignin och stärkelse. Emissioner från pellets har analyserat under upp till fem månaders lagring.

Den tredje är en sammanställning av de miljökrav som ställs på pelletsproducenter i SWX-området (Värmlands, Dalarnas och Gävleborgs län) med omnejd.

Lars Persson
Projektchef, SWX-Energi
070-2117896
lars.persson@gde-kontor.se

Jonas Berghel
Projektledare, delprojekt Pellets
054-7001247
jonas.berghel@kau.se

SAMMANFATTNING

1) KARAKTERISERING AV TORKKONDENSAT

I denna introducerande studie visar det sig svårt att behandla torkkondensat med hjälp av biologisk behandling. Halten av giftiga organiska föreningar är hög vilket stör de mikroorganismer som sköter om reningen. De giftiga föreningarna drivs ut ur träet under torkprocessen och koncentrationen av dessa ämnen i kondensatet ökar med förlängd torkning. När träspånen torkas under 10 % fukthalt så ökar koncentrationen av COD och giftigheten i kondensatet. Om kondensatet blandas med processvatten från ett massa- och pappersbruk så kommer koncentrationen av giftiga föreningar spädas ut. Mikroorganismerna i massa- och pappersbrukets reningsverk är anpassade till liknande föreningar som de som finns i torkkondensat och organiskt material i torkkondensat kan därmed användas som substrat för dessa mikroorganismer.

2) LAGRING AV TRÄPELLETS MED OCH UTAN TILLSATSER

Vid lagring av träpellets utan tillsatser ökar mängden extraherbara ämnen över tid. Det sker också en härskningsprocess, i form av fettoxidation, som vid lagring i rumstemperatur avslutas inom två månader efter tillverkningen av pelletsen. När pellets tillverkas med tillsats av ligninpulver eller stärkelsepulver så störs bestämningen av extraktivämen (enligt metod SCAN-CM 49:03) eftersom tillsatserna tvättas ur pelletsen och kommer att registreras som extraktivämen. Olika typer av stärkelse stör i olika hög grad. Det kan dock konstateras att mängden extraherbara ämnen ökar över tid för pellets med tillsatt lignin. För pellets med tillsatt stärkelse sker en mer varierad utveckling med en minskning efter en månad, en ökning efter två månader och olika utfall beroende på stärkelseyp efter sju månader. Fettoxidation skedde ovanligt snabbt i pellets med tillsatt lignin. I pellets med tillsatt stärkelse skedde den lika fort som i pellets utan tillsatser. Efter två månader var alla pellets med eller utan tillsatser färdigoxiderade.

3) MILJÖKRAV PÅ PELLETSPRODUCENTER

De vanligaste krav som ställs är på buller och stoft. I förekommande fall krävs också rening av torkkondensat. Det förekom inga fall av gränsvärden för utsläpp av lättflyktiga kolväten.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	KARAKTERISERING AV TORKKONDENSAT	5
1.1	Inledning.....	5
1.2	Metod.....	6
1.2.1	Material.....	6
1.2.2	Experiment.....	6
1.2.3	Mätmetoder.....	7
1.3	Resultat	9
1.4	Diskussion.....	16
1.5	Slutsatser	17
2	LAGRING AV TRÄPELLETS MED OCH UTAN TILLSATSER	18
2.1	Introduktion	18
2.2	Inledning.....	18
2.3	Metod.....	18
2.3.1	Tillsats av lignin.....	19
2.3.2	Tillsats av stärkelse	20
2.4	Lagring.....	21
2.5	Analys.....	21
2.6	Resultat och diskussion	21
2.6.1	Tillsats av lignin.....	21
2.6.2	Tillsats av stärkelse	23
2.7	Slutsatser	24
3	MILJÖKRAV PÅ PELLETSPRODUCENTER.....	25
4	REFERENSER.....	26

1 KARAKTERISERING AV TORKKONDENSAT

1.1 Inledning

Ett sätt att minska utsläpp till luft är att recirkulera torkmediet. Det är gynnsamt både sett till minskade utsläpp och minskad energiåtgång för torkningen. Denna process-modifikation blir därför allt populärare. En nackdel är att det bildas ett kondensat som behöver tas om hand. Kondensatet innehåller organiska ämnen och har rapporterats ge luktproblem (Salomonson 2006). Hur de ämnen som avgår från träet fördelar sig mellan luft och kondensat beror av processvariabler som tryck och temperatur och av vilka ämnen som har avgått – deras kokpunkt, polaritet, etcetera. Det bildade kondensatet leds vanligen till sandfilter eller markbädd, för att sedan ledas till recipient eller hamna i dagvattensystemet för vidare transport till recipient. Att leda kondensatet till kommunala reningsverk är inte ett alternativ. Större anläggningar har i miljötillstånd fått krav på att rena kondensatet, vanligen genom sandfilter eller markbädd samt att pH-justera kondensatet innan det släpps ut till recipient. Att använda biologisk rening på torkkondensat har provats med varierande resultat. Ett lyckat fall är Borås tork, där kondensatet kyls och pH-neutraliseras innan det når en bioreaktor med rörligt bärrmaterial, där närsalter tillsätts och ett luftningssystem i bioreaktorns botten ger syre och omblandning (Salomonson 2006). Men i flera fall har det visat sig svårt att hålla mikroorganismerna vid liv (Magnusson 2000).

Processvatten från massa- och pappersbruk innehåller samma typer av ämnen som torkkondensat och renas framgångsrikt med biologiska metoder innan det leds till recipienten. I avloppsvatten från massa- och pappersbruk blandas strömmar från många olika delar av bruket. Vanligtvis är delströmmarna giftigare ju tidigare i processen de kommer ifrån, eftersom kokning och blekning gör att de organiska ämnena bryts ned till mindre skadliga ämnen. Avrinningsvatten från timmerupplag, rensriavlopp och svartlut är oftast de strömmar som är mest giftiga. Det beror till stor del på att de innehåller höga halter extraktivämnen, exempelvis korta fettsyror och hartsyror. Dessa ämnen är giftiga för vattenlevande organismer och i höga koncentrationer också giftiga för mikroorganismer i biologiska reningssteg (Ali and Sreekrishnan 2001; Sandberg 2009; Sandberg and Holby 2008). Mikroorganismerna i reningsverket vid ett massa- och pappersbruk är anpassade efter de förhållanden som råder där. Det vill säga att det anpassade slammet inte hämmas av ämnen som andra mikroorganismer skulle finna giftiga. Men mikroorganismernas tålighet är inte obegränsad - det har visat sig att höga halter av svartlut hämmar även dessa mikroorganismer (Sandberg 2009). Liksom fallet är för torkkondensat så kan för mycket giftiga ämnen minska effektiviteten av biologisk behandling och i värsta fall kan reningen och recipientens ekosystem slås ut.

Eftersom det visat sig vara svårt att rena kondensat med biologiska metoder kan en tänkbar lösning vara att blanda kondensatet med massa- och pappersbrukens avloppsvatten och använda deras reningsanläggningar. Massabrukets avloppsvatten innehåller en större variation av vedegna ämnen som de flesta är lättnedbrytbara och därför underlättar för fungerande biologisk rening. Det finns två typer av biologisk rening: aerob och anaerob. Ett möjligt problem med aerob rening är att vissa flyktiga ämnen i torkkondensatet kan avgå vid luftningen. Den risken föreligger inte för anaerob rening eftersom den saknar luftning – men anaeroba mikroorganismer är ofta mer känsliga för giftiga vedegna ämnen som exempelvis giftiga extraktivämnen.

Kondensat från en bibränsletork innehåller ämnen från färskt trä och kan förväntas vara giftigt och svårt att behandla med biologisk rening. Det kan inte släppas obehandlat till recipient. Målet för denna undersökning är att mäta kondensatets giftighet och nedbrytbarhet med både standardmetoder och långtidsförsök i anpassade biologiska system. Målet är också att beskriva hur olika torkparametrar påverkar innehållet i det bildade kondensatet och dess effekt på mikroorganismer, i syfte att hitta vägar för effektiv biologisk behandling av torkkondensat.

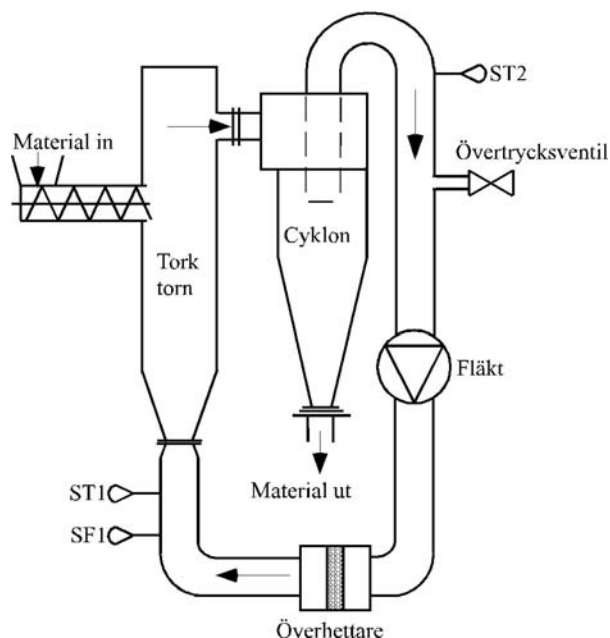
1.2 Metod

1.2.1 Material

Tall användes vid experimenten eftersom det är ett mycket vanligt träslag för såväl pellets- som massa- och pappersindustrin i Sverige. Sågspånet togs nysågat från ett sågverk i närheten av Karlstad. Sågverket sågar timmer från sitt närområde. Sågspån hämtades vid två tillfällen, en gång på våren och en gång på hösten. Båda gångerna hade sågspånet en fukthalt på 55 %. Sågspånet lagrades i rumstemperatur i säckar av vävd polypropylen. Experiment genomfördes inom en vecka efter spånhämtandet. Hantering av sågspånet avsåg att någorlunda efterlikna den hantering spån kan utsättas för i en verklig situation i industrin.

1.2.2 Experiment

Den tork som användes för att producera kondensat finns på Karlstads universitet och är av ”spouted bed”-typ. Den arbetar vid atmosfärstryck. Torken visas schematiskt i *figur 1*. Torken har beskrivits tidigare (Berghel and Renstrom 2004), och har sedan dess modifierats med avseende på styrsystemet.



Figur 1: Torken på Karlstads universitet. Torktornet har en diameter på 0,3 meter och är 1,9 meter högt.

Sågspån från tall torkades till olika fukthalter. Torkmediet recirkulerades och värmdes till 160 °C, 200 °C eller 240 °C innan inträdet i torktornet. Temperaturen i torktornet hölls inom intervallet 115 °C till 135 °C för att få lämpliga fukthalter på det torkade spånet. Fukthalten hölls i intervallet 7 - 29 procent. Experimentplanen visas i figur 2.

Inloppstemperatur (T1)	160		A6	A7	A10	
	200		A3	A4 B4	A5	B2
	240	B3	A1 B5	A2 B6 B7	A8 A9 B8	B1
	115	120	125	130	135	
Utloppstemperatur (T2)						

Figur 2. Experimentplanen. Inloppstemperaturer 160-240 °C, torktorntemperaturer 115-135 °C. Experiment märkta 'A' gjordes med sågspån som producerats under våren och experiment märkta 'B' gjordes med sågspån producerat på hösten. Kondensat samlades med hjälp av kallvattenskyllfälla för experiment A1 till A10. Analys av ämnena i torkmediet gjordes (med hjälp av en kolsyreisfälla för kondensatuppsamling) för experiment med intemperaturerna 200 och 240 °C.

Ämnena i torkmediet analyserades och kvantifierades med hjälp av en metod beskriven i (Granström 2003). I korthet går metoden ut på att en delström av torkgasen pumpas genom en kylfälla i kolsyreis (-78 °C) där terpenier och vatten fryser ut ur torkgasen. Diklorometan tillsätts och provet får smälta. Fettlösliga ämnen går över till lösningsmedlet som analyseras i en gaskromatograf. Detta kolsyreisutkylda kondensat användes för att analysera terpeninnehåll.

Kondensat samlades upp genom att låta en delström av torkmediet gå i ett rör av rostfritt stål placerat före värmevläkten till en kylare som kylades med kallvatten från en kran. Kondensatet samlades upp i plastdunkar och förvarades fruset tills det analyserades. Detta kallvattensutkylda kondensat användes för alla tester utom terpenanalys.

1.2.3 Mätmetoder

Torkmediets flyktiga ämnen (terpenier) analyserades med en gaskromatograf med en masspektrometer som detektor. Gaskromatografen (Perkin Elmer AutoSystem) hade en opolär kapillärkolonn (J&W Scientific, DB5-MS, 30 m x 0,25 mm). Temperaturprogrammet var 45 °C i 2 min., 40 °C/min., 80 °C i 8 min., 15 °C/min. och 250 °C i 0-15 min.; injektortemperaturen var 250 °C. Split injektion användes. Masspektrometern (Perkin-Elmer Qmass 910) använder elektron jonisering (EI) och arbetade i totaljonsläge med en m/e på 35-300, ett intervall som inkluderar alla jonfragment av intresse. Individuella autentiska responsfaktorer användes vid kalibrering.

Sågspånens fuktinnehåll bestämdes genom vägning före och efter torkning i värmskåp i 103 °C i minst 24 timmar. Fuktinnehållet är uttryckt som fukthalt, det vill säga vatteninnehåll i kg per spån i kg, inte som fuktkvot, som är vatteninnehåll i kg per torrs substans i kg.

Kemiskt syreförbrukande ämnen (Chemical Oxygen Demand, COD) är en enkel och billig metod att bestämma mängden syreförbrukande ämnen i ett prov. COD används

här som en summaparameter för organiska ämnen. COD mättes på alla insamlade kondensat.

Kondensat 1 och 9 behandlades med Salzman-Kulken extraktion för analys av extraktivämnen med hjälp av gaskromatografi. Fettsyror, hartssyror och steroler mättes i de bägge proven.

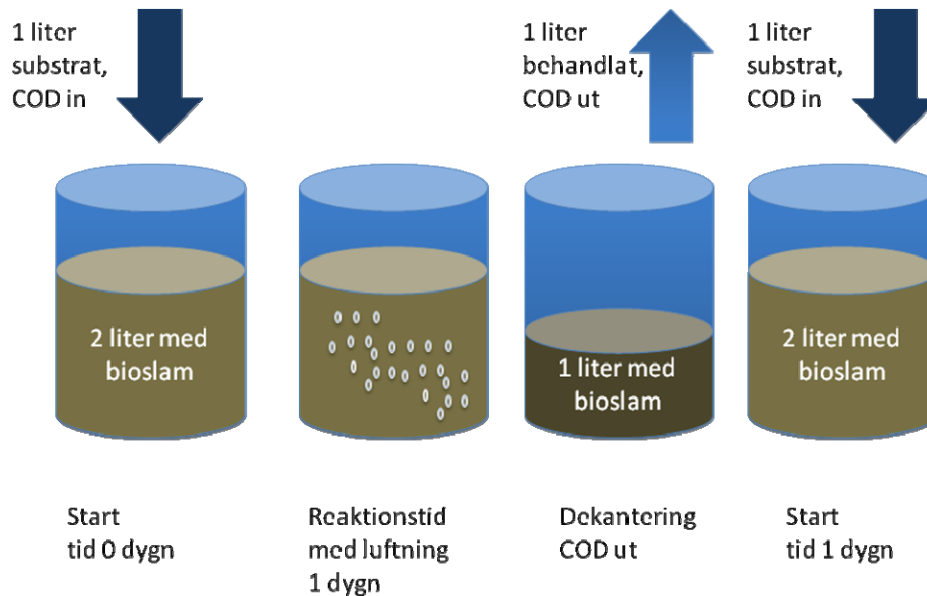
pH mättes med hjälp av en pH-elektrod.

För att undersöka hur torkparametrar påverkar torkkondensatets toxicitet testades kondensat från körningarna A1, A6 och A8 med Microtox. Microtox är ett test på akut giftighet, där den havslevande bakterien *Vibrio fischeri* används som testsubjekt. *Vibrio fischeri* är en bioluminicerande bakterie. När bakteriens cellaktivitet minskar på grund av giftiga ämnen, minskar även ljusutvecklingen. Bakteriens förmåga att stråla mäts när den utsätts för det testade kondensatet. Den koncentration av kondensat som ger 50 % ljusreduktion (EC50) efter 5 minuter är det värde som rapporteras här.

För att se om kondensatet gav akut toxiska effekter även på mikroorganismer från massa- och pappersbruk mättes den specifika syreupptagningsförmågan (SOUR). Biologiskt slam från ett reningsverk vid ett massa- och pappersbruk samlades in och användes samma dag. Slammet var utspätt med processvatten till en koncentration av cirka 1500 mg suspenderade partiklar per liter. 500 ml av slammet placerades i en omrörd bägare med lock för att undvika luftning från ytan. Lösningen syresattes via en diffusör till cirka 3 mg syre per liter. Syrekoncentrationen mättes med en Hach Lange LDO optisk syremätare. När luftflödet stoppas minskade koncentrationen av syre i bägaren på grund av mikroorganismernas syreförbrukning. Syreupptagningshastigheten (oxygen uptake rate, OUR) mättes i enheten mg syre per minut. För att möjliggöra jämförelser mellan olika experiment relaterades OUR mot halten bioslam i provet. Bioslammet mättes som suspenderade partiklar. Den så kallade specifika syreupptagningshastigheten (SOUR) mäts som mg syre per liter och suspenderade partiklar och timme. Försöket upprepades sedan med tillsats av torkkondensat. Samtidigt som luftningen stannades tillsattes en viss volym av kondensat till i bägaren. SOUR mättes därefter på nytt. Om kondensatet på något sätt är giftigt för mikroorganismerna så påverkas deras aktivitet och de kan inte använda syrgas i samma takt som i en kondensatfri miljö. Försöket upprepades med 0,2 %, 0,5 % och 2 % tillsats av kondensat avtappat vid försök A9.

Dessutom gjordes långtidsförsök för att studera kondensatets effekter. Tre sekventiella batch-reaktorer (SBR) startades med bioslam från ett massa- och pappersbruk. Bioslam är en förkortning av "biologiskt slam", den restprodukt som uppstår vid biologisk rening av avloppsvatten. Bioslam består huvudsakligen av levande och döda bakterieceller. Bioslam från massa- och pappersbruk är anpassat till skogsindustriella föreningar och kan därför väntas hantera biobränsletorkens kondensat bättre än andra bakterier kan. De luftade reaktorerna rymmer två liter vardera. Varje dygn tillsattes en liter nytt substrat i form av processavlopp (*se figur 3, sida 9*). Efter ett dygns reaktionstid stängdes luftningen av och slammet fick sedimentera. En liter av vätskan dekanterades av och analyserades med avseende på COD. Bioslammet stannade kvar i reaktorn. Sedan tillsattes nytt substrat och luftningen startades. Proceduren fortsatte i cirka två veckor sedan byttes substratet i reaktor 3 ut mot 100 % kondensat och

substrat i reaktor 2 mot massa- och pappersavlopp utblandat med 10 % kondensat. Försöket fortsatte i en vecka. COD reduktionen mättes i de olika reaktorerna. Skillnaden mellan COD halten i ingående substrat och i behandlat vatten redovisas som COD-reduktion (se figur 3). I slutet av försöket studerades bioslammet i mikroskop för att se vilka effekter kondensatet haft på det biologiska livet.

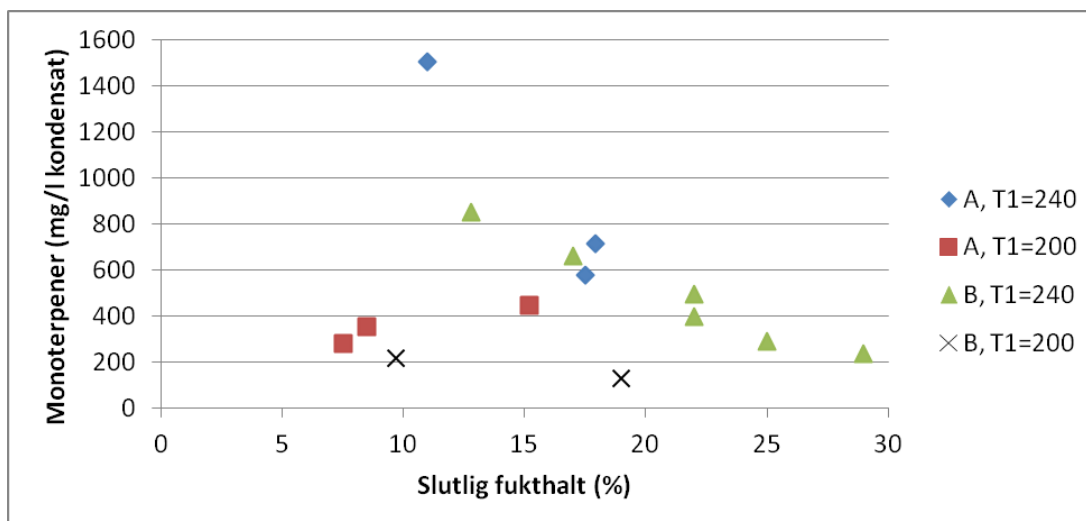


Figur 3. Försökupställning för långtidsförsök.

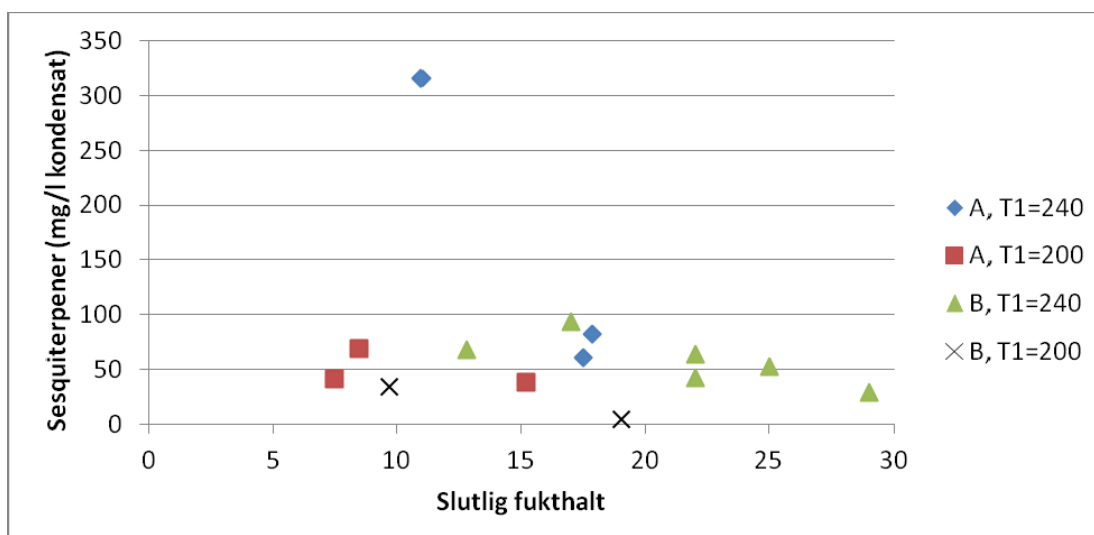
I aeroba biologiska reningsanläggningar används luft för att ge mikroorganismerna syre. I de flesta fall används bottenluftare och ett stort luftöverskott passerar genom bassängen och bubblar av över ytan. Luftningen kan påverka kondensatets sammansättning genom att flyktiga ämnen luftas bort innan mikroorganismerna hinner bryta ner dem. För att se om så var fallet luftades 500 ml kondensat A1 med ett luftflöde på 0,50 liter luft per minut. Prover för analys av COD togs kontinuerligt. Försöket pågick i 12 timmar för att simulera en normal aktivslamanläggning med uppehållstid på 10-15 timmar.

1.3 Resultat

Analys av lättflyktiga ämnen i torkmediet visade att terpenier var de ämnen som förekom i störst mängd. Den avgivna mängden korrelerade med torkmediets temperatur in i torktornet (se figur 4 och 5, nästa sida). Analys av det kondensat, som tappats av och kylts med kallvatten, visade att terpenier bildade en hinna på vattenytan. Inga terpenier återfanns i vattenfasen.



Figur 4: Monoterpenier i torkmediet. Data är organiserade efter provkörningstillfälle (A eller B) och inloppstemperatur (T1). Se försöksplan i figur 2, sida 7.



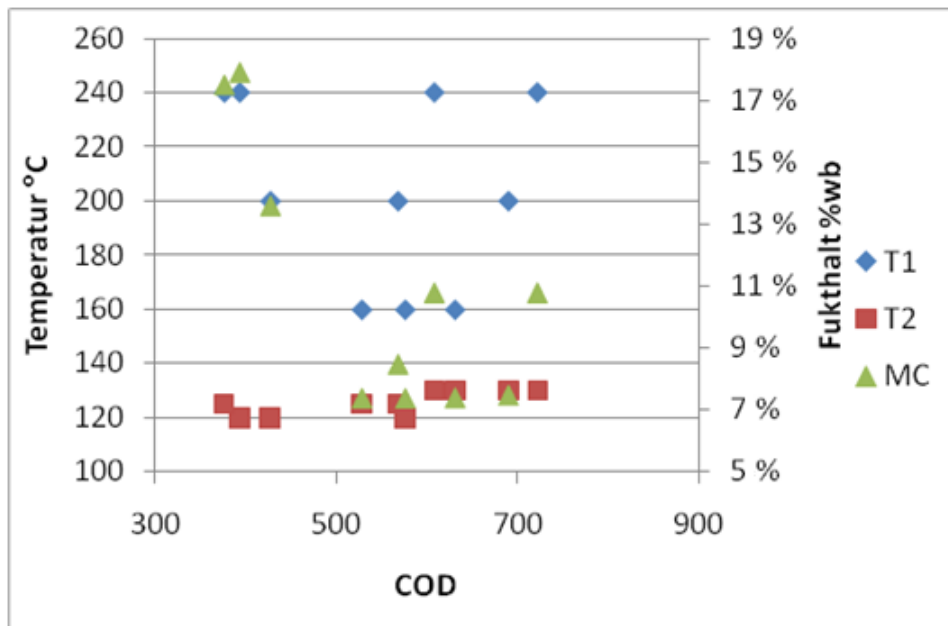
Figur 5: Sesquiterpenier i torkmediet. Data är organiserade efter provkörningstillfälle (A eller B) och inloppstemperatur (T1). Se försöksplan i figur 2, sida 7.

Analys av det kondensat som tappats av visade att koncentrationen av organiska ämnen, här mätt som COD, var lägst för de kondensat där träet inte torkades så mycket utan hade hög slutfukthalt. Detta korrelerar med en låg temperatur i torktornet (T2) (se figur 6, sida 11).

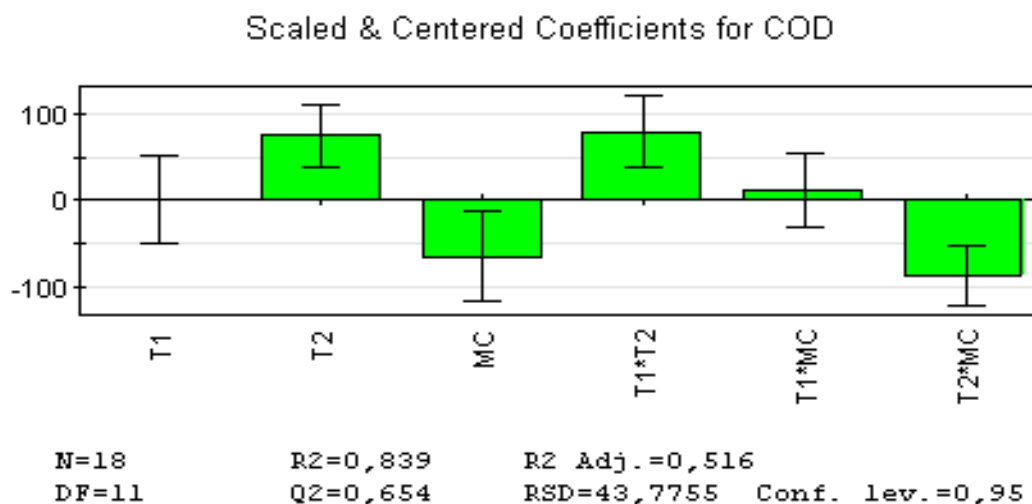
Temperaturen före torkningen i kammaren (T1) hade ingen effekt på COD-värdet (se figur 6, sida 11).

För att lättare avgöra effekterna av inloppstemperaturen (T1), temperaturen i torktornet (T2) och sågspånets slutfukthalt (MC), på COD koncentrationen i kondensat, användes en multilinjär regressionsanalys-modell (programmet MODDE från Umetrics). MODDE-modellen gav en ganska exakt modell för COD-koncentration i kondensat, med ett R2 på 0,85 (Q2 var 0,65, modellgiltighet var 0,87 och reproducerbar-

het var 0,75). Torktornstemperaturen T2 och fukthalten visade sig ha betydande inverkan på COD. Modellen bekräftade att T1 inte hade någon påverkan (se figur 7).

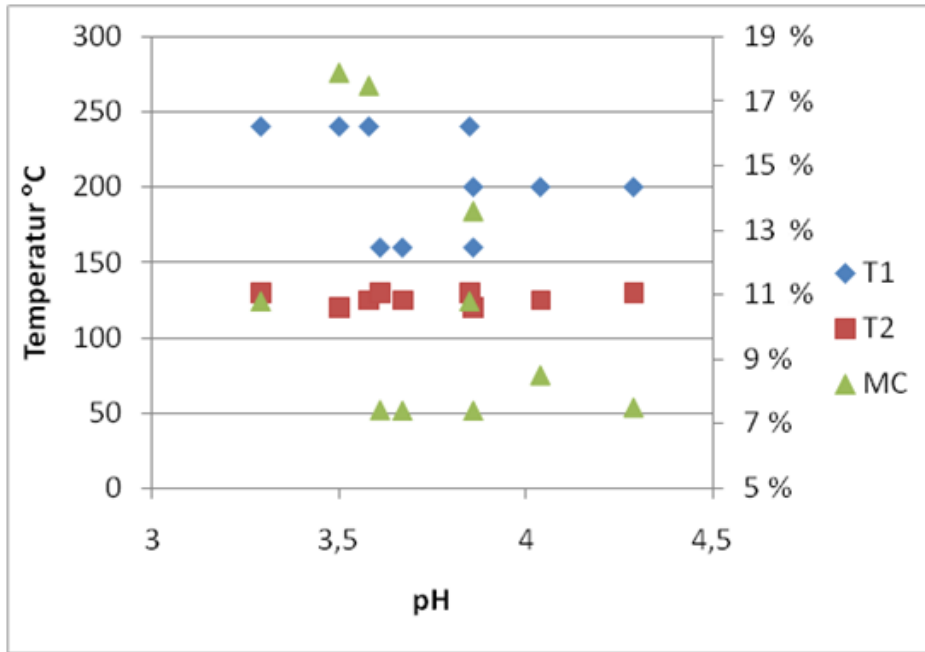


Figur 6: Halten COD i kondensat, angivet som mg/l, vid olika inloppstemperatur (T1), torktornstemperatur (T2) och sågspånets slutfukthalt (MC).



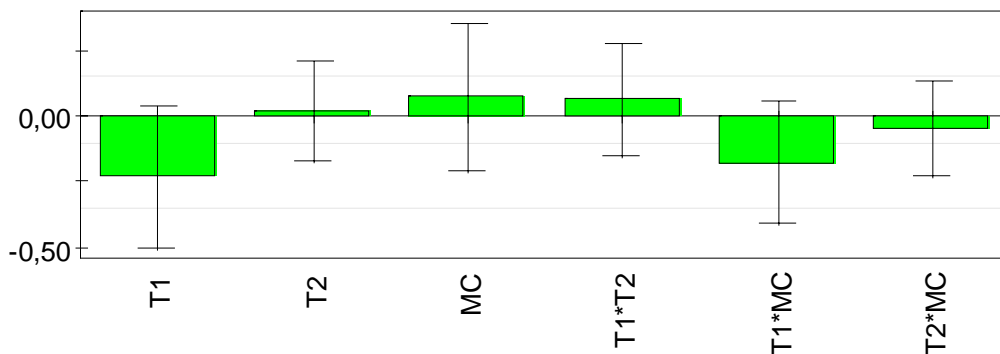
Figur 7: Modellerad effekt på COD av inloppstemperatur (T1), torktornstemperatur (T2) och sågspånets slutfukthalt (MC).

Det fanns ingen korrelation mellan pH i kondensatet och de andra parametrarna. Detta visas i figur 8 och 9, nästa sida, där figur 8 visar data och figur 9 visar MOD-DE-modellen.



Figur 8: pH i kondensaten påverkades inte av de olika torkparametrarna inloppstemperatur (T1), torktornstemperatur (T2) och sågspånets slutfukthalt (MC).

Scaled & Centered Coefficients for pH



N=18 R2=0,196 R2 Adj.=-1,412
 DF=11 Q2=0,000 RSD=0,2324 Conf. lev.=0,95

Figur 9: Enligt MODDE-modellen påverkades inte pH i kondensaten av de olika torkparametrarna inloppstemperatur (T1), torktornstemperatur (T2) och sågspånets slutfukthalt (MC).

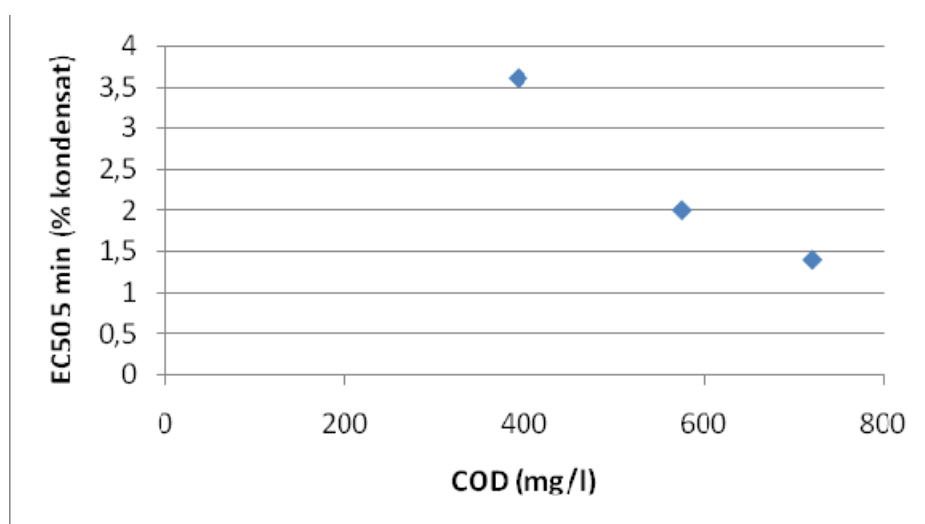
Proverna A1, A6 och A8 analyserades för sulfat, ammonium och Microtox (se tabell 1, sida 13). Sulfathalten var låg och visade ingen uppenbar variation med de torkningsparametrar som undersöktes. Ammoniuminnehållet var högst i provet med hög inkommande temperatur och hög slutfukthalt (se tabell 1, sida 13).

Tabell 1. Resultat av mätningar utförda på kondensat i försök A1- A10. Torkningsparametrar är T1 = torkens inloppstemperatur, T2 = torktornets temperatur, och MC = sågspånets slutfukthalt.

	T1	T2	MC (%)	COD	pH	sulfat (mg/l)	NH4-N (mg/l)	EC50 5min	Fett-syror (mg/l)	Harts-syror (mg/l)
1	240	120	17,9	393	3,50	<2,0	0,068	3,6	2,82	1,20
2	240	125	17,5	376	3,58					
3	200	120	13,6	427	3,86					
4	200	125	8,5	568	4,04					
5	200	130	7,5	690	4,29					
6	160	120	7,4	576	3,86	2,1	0,014	2		
7	160	125	7,4	528	3,67					
8	240	130	10,8	722	3,29	<2,0	0,021	1,4		
9	240	130	10,8	608	3,85				4,80	2,20
10	160	130	7,4	631	3,61					

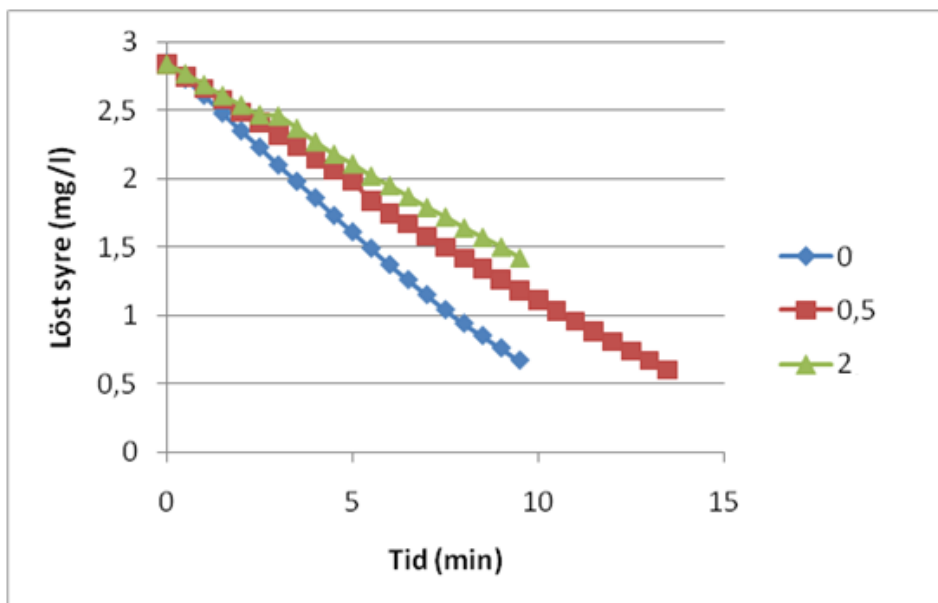
Prov A1 och A9 analyserades för extraktivämnen. Prov A9, som utsatts för högre torktornstemperatur och nått en lägre fukthalt, innehöll högre halter av fettsyror och hartssyror. Dock var halterna i båda proven låga.

Microtoxresultaten visade att torkkondensat är giftigt för testbakterien och eventuellt också för andra vattenlevande organismer. Vid så låga halter som 1 till 4 % tillsats av kondensat hämmades Microtox-testsystemet med 50 %. Det finns ett tydligt samband mellan COD-koncentration och toxicitet mätt med Microtox. Ju högre COD-koncentration, desto mer toxiska är kondensaten (se figur 10).



Figur 10: Microtox EC50 5 minuter-respons på kondensat A1, A6 och A8.

Syreupptagningshastigheten (OUR) för anpassade mikroorganismer från ett massa- och pappersbruksreningsverk påverkades när de utsattes för torkkondensat (se figur 12, sida 15 och tabell 2, nästa sida). OUR i opåverkat biologiskt slam var 0,23 mg syre per minut. OUR sjönk till 0,17 och 0,15 mg syre per minut när 0,5 % respektive 2 % kondensat tillsattes (se figur 11).



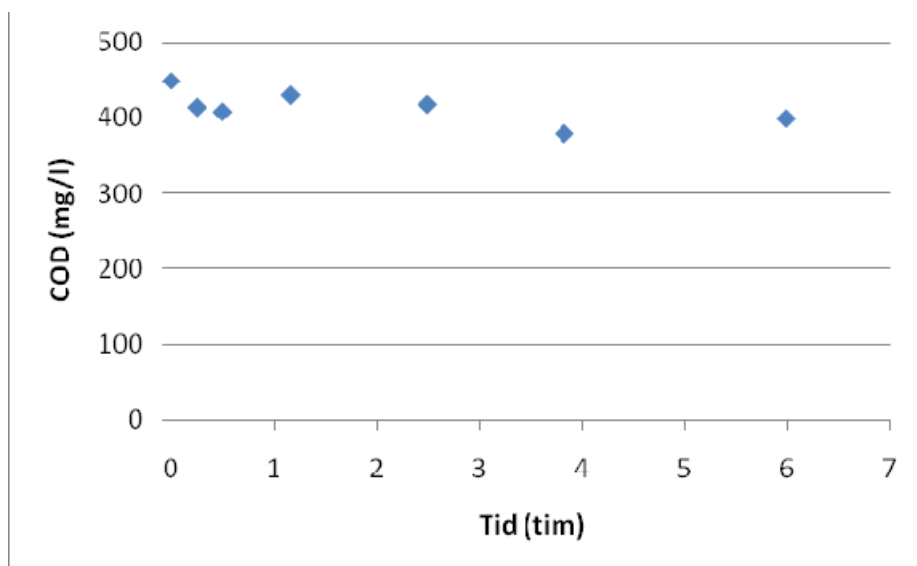
Figur 11: Syreupptagningshastighet (OUR) för mikroorganismer från ett massabruks reningsverk, med och utan inblandning av kondensat A9. Inblandningen av torkkondensat var 0 %, 0,5 % eller 2 %.

I tabell 2 redovisas resultat från tester av den specifika syreupptagningshastigheten (SOUR) med tre olika koncentrationer av suspenderade partiklar (SS). Med endast 0,2 % inblandning av kondensat påverkades syreupptagningen marginellt.

Tabell 2: Effekt av torkkondensat A9 på specifik syreupptagningshastighet (SOUR) för bioslam från ett massa- och pappersbruks reningsverk med olika mängd suspenderade partiklar (SS).

Försök och % kondensattillsats	SS (mg/l)	SOUR (mg syre/mg, min)	Inhibition
försök 1	900	0,00660	
försök 1 + 0,2 % kondensat	900	0,00585	11 %
Försök 2	1800	0,00780	
Försök 2 + 0,5 % kondensat	1800	0,00567	27 %
Försök 3	1700	0,00720	
Försök 3 + 2 % kondensat	1700	0,00532	26 %

Ett luftflöde på 0,5 liter per timme påverkade inte innehållet av organiska ämnen i torkkondensat A1 (se figur 12, sida 15). Resultatet visar, att det organiska materialet kommer att stanna i vätskefasen i en biologisk reningsbassäng, istället för att lämna bassängen tillsammans med luftöverskottet.



Figur 12: COD koncentration över tid när kondensat A1 genombubblades med ett luftflöde (strippades).

Långtidsförsöken i SBR-reaktorn visade att det var svårare att bryta ner rent kondensat samt att en inblandning av 10 % kondensat i processavlopp från ett massa- och pappersbruk endast påverkade nedbrytningen minimalt. I tabell 3 redovisas COD-reduktionen i de tre olika reaktorer. Fram till försökets start har alla reaktorer fått samma substrat i cirka två veckors tid, det vill säga processavlopp från ett massa- och pappersbruk. Vid försökets start fick de olika reaktorer olika substrat. COD-reduktionen mättes efter 3, 5, 6 och 7 dygn. Resultat blev att i reaktor 3 som fick enbart kondensat som substrat så upphörde nedbrytningen helt till en början men den kom igång efter några dagar och förbättrades allteftersom. I reaktor 2, som fick tio procent kondensat uppblandat med processavlopp från ett massa- och pappersbruk, så reducerades COD med en hastighet i samma storleksordning som i reaktor 1 som fick enbart massa- och pappersbruksavlopp.

Tabell 3: Resultat från långtidsförsök uttryckt i nedbrytning av COD (%). M&P står för massa- och pappersbruksprocessavlopp. kondensat betyder torkkondensat. COD-reduktion är skillnaden mellan COD halten i ingående substrat och i behandlat vatten och är ett mått på mikroorganismernas aktivitet. En jämn COD-reduktion över tid betyder att mikroorganismerna arbetar utan störningar.

Reaktor) Substrat	COD-reduktion före försökets start	COD i substrat (mg/l)	COD reduktion efter angivet antal dygn			
			3 dygn	5 dygn	6 dygn	7 dygn
1) 100% M&P	37 %	1444	27 %	41 %	35 %	35 %
2) M&P+10%kondensat	45 %	1342	20 %	44 %	38 %	42 %
3) 100% kondensat	49 %	421	0 %	8 %	10 %	28 %

Vid mikroskopering av bioslammet i slutet av försöket syntes flera olika typer protozoer i reaktor 1. Signifikant färre protozoer fanns i reaktor 2. Inga större organismer alls fanns i reaktor 3.

1.4 Diskussion

När torkningsmediet i en trätorck återvinns så produceras kondensat. Kondensvattnet innehåller organiska föreningar, här mätt som terpenier, hartssyror, fettsyror och summaparametern COD. Halten av organiska föreningar ökade i kondensatet när fukthalten i de torkade sågspånen minskade (*se figur 4-7, sida 10-11*). Monoterpenier är flyktiga, men kan finnas som ett skikt på kondensatets yta vid rumstemperatur.

COD-koncentrationen ökar när torkningen drivs så långt att fukthalten i träet understiger 10 %. COD-koncentrationen i kondensatet korrelerar med toxiciteten för kondensat (*se figur 10, sida 13*). Därför är det lämpligt att justera torkningen så att träets fuktighet hålls över 10 %.

Mängden terpenier som avges med kondensatet ökade snabbt vid ytterligare torkning efter det att spånen torkat till en fukthalt på cirka 15 %. Detta beror sannolikt på att träet blir så torrt att temperaturen i träet ökar till omgivningens temperatur (så länge träet är vått hålls temperaturen i träet på vattnets kokpunkt vid det aktuella trycket). Vid torkningstemperaturer högre än kokpunkten för vatten vid applicerat tryck ökar temperaturen i träet och därmed även utsläppen (Granström 2003). Terpenier visar hög akut giftighet för fisk och Daphnia (Falk-Filipsson, Bard et al. 1998). Monoterpenen α -pinen har riskfrasen R51 vilket betyder "*giftigt för vattenlevande organismer*" och monoterpenen limonen har märkts R50/53 som står för "*mycket giftigt för vattenlevande organismer/kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön*".

Microtox-testet visar den toxiska effekten som kondensatet har på testorganismen, den marina bakterien *Vibrio fischeri*. Enligt den metoden betraktas EC50-värden under 45 % som måttlig till hög giftighet. De låga EC50-värden på 1,5 - 3,5 % som uppmättes i den här studien innebär att kondensatet är extremt giftigt. Microtox-testet kan användas som modellorganism för andra vattenlevande organismer och resultaten pekar därför på att trätorckkondensat inte kan släppas ut obehandlat till recipienten.

Eftersom kondensat är giftiga, är de troligtvis svårbehandlade med biologiska metoder. Tidigare erfarenheter med biologisk behandling av torckkondensat har visat varierande resultat men i flera fall har det visat sig svårt att hålla mikroorganismerna vid liv. Lösningen kan vara att späda kondensatet, så att koncentrationen av skadliga ämnen minskar till under den giftiga nivån. Ett rimligt alternativ kan vara att blanda kondensaten med processvatten från befintliga massa- och pappersbruk för att sedan renas i brukets reningsverk. Mikroorganismerna är där anpassade till de giftiga ämnena, eftersom de delvis är samma föreningar som finns i processvattnet från massa och pappersbruk. Detta skulle vara mycket bättre än att använda kommunala reningsverk där mikroorganismerna inte är vana vid den typ av föreningar som finns i torckkondensat från trä. Om torckkondensat blandas med kommunalt avlopp kommer det troligtvis att spädas ut så mycket att det inte är hämmande för mikroorganismerna. Men risken är stor att giftiga ämnen passerar reningsverket och hamnar i recipienten.

En normal torckstorlek för produktion av 100 000 ton pellets per år producerar även cirka 100 000 m³ kondensat/år. Massa- och pappersbruk varierar i storlek och även i sin vattenanvändning. Volymerna mellan 3 500 000 m³/år och 15 000 000 m³/år är normalt för ett massa- och pappersbruk (Stoica, Sandberg et al. 2009). Om kondensa-

tet späds med avloppsvatten från ett från massa- och pappersbruk, kan kondensatet nå en koncentration av 0,5-3 %. Resultaten från denna studie visar att anpassade mikroorganismer från ett från massa- och pappersbruk till en början påverkas av giftigheten i kondensat från trätorkning. Vid inblandning med 0,5 – 2 % kondensat hämmades nedbrytningen initialt med cirka 20 %. Inblandning med 0,2 % hämmade mikroorganismerna med endast 11 % (se figur 11, sida 14).

Långtidsstudien tyder på att reningseffekten inte försämras signifikant när processavloppsvatten från massa- och pappersbruk blandas med 10 % kondensat. Det kan tyda på att mikroorganismerna hinner anpassa sig på ett par dygn till den nya sammansättningen. Mikroskoperingen tyder på att kondensatet har påverkat större och mer känsliga organismer som protozoer negativt. I förlängningen kan det betyda dåliga slamegenskaper. Detta tyder på att låga koncentrationer av trätorkkondensat kan blandas med processavloppet med endast en något begränsad behandlingseffekt. Tyvärr var resultaten ojämna och längre försök behövs för att säkert säga vilken effekt en större inblandning av kondensat kan ha. Reningseffekten när rent kondensat renades i långtidsförsöket med slam anpassat till skogsindustriella avloppsvatten var mycket sämre än för övriga försök. Resultaten tyder dock på att systemet långsamt anpassade sig. Längre försök med tillsats av näringsämnen är nödvändiga innan säkra resultat kan ges om möjligheten att rena kondensat med biologiska metoder.

Denna studie visar att de organiska föreningarna i trätorkkondensat inte är så flyktiga att de lämnar behandlingsanläggningen med luftöverskottet. Föreningarna kommer därför att stanna i lösningen tillräckligt länge för att vara substrat för mikroorganismer. De oorganiska föreningarna ammoniak och sulfat är giftiga för anaeroba mikroorganismer, men koncentrationerna i kondensatet är för låga för att hämma nedbrytningen. Det är istället de giftiga organiska föreningarna som kan vara hämmande för både aeroba och anaeroba processer. Aeroba mikroorganismer växer snabbare och är därför mindre känsliga för variationer av giftiga ämnen i avloppsvattnets strömmar.

1.5 Slutsatser

I denna introducerande studie visar det sig att det är svårt att behandla torkkondensat med hjälp av biologisk behandling. Halten av giftiga organiska föreningar är hög och kommer troligen att hämma både anaeroba och aeroba mikroorganismer. Om kondensatet blandas med processvatten från ett massa- och pappersbruk så kommer koncentrationen av giftiga föreningar spädas ut. Mikroorganismerna i massa- och pappersbrukets reningsverk är anpassade till liknande föreningar som de som finns i torkkondensat och organiskt material i torkkondensat kan därmed användas som substrat för dessa mikroorganismer.

De giftiga föreningarna drivs ut ur träet under torkprocessen och koncentrationen av dessa ämnen i kondensatet ökar med förlängd torkning. Det konstateras att när virket torkas under 10 % fukthalt så ökar koncentrationen av COD och toxiciteten i kondensatet.

2 LAGRING AV TRÄPELLETS MED OCH UTAN TILLSATSER

2.1 Introduktion

Inom delprojekt Pellets har pellets tillverkas i en mindre industriell pelletspress och det har undersöks hur olika tillsatser och nya råvaror påverkar pellets kvaliteten, energianvändningen i pelletspressen och pelletsens lagringsbarhet. De studerade kvalitetsparametrarna är mekanisk hållfasthet, pelletsfukthalt, andel finpartiklar, densitet och längd. De studerade energiparametrarna är energi- och strömanvändning vid pelletstillverkning. De studerade lagringsparametrarna är mängd extraherbara ämnen och oxidation vid lagring. I den här rapporten redovisas lagringsbarheten hos pellets med tillsats av lignin och av stärkelse. Pellets kvaliteten och pelletspressens energiåtgång redovisas främst i *rapport nummer 22, "Tillsatser som kvalitetshöjare för träpellets"*.

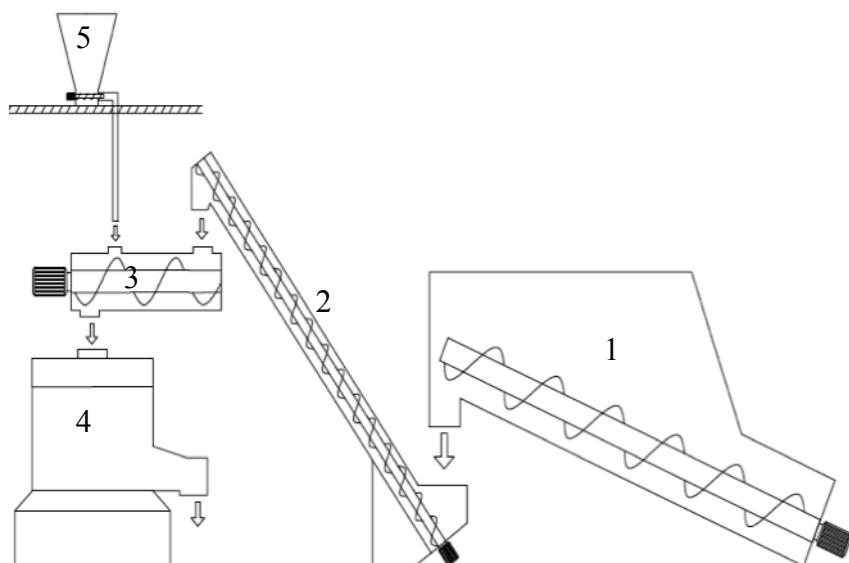
2.2 Inledning

Under lagring av sågspån och pellets sker oxidationsprocesser. Detta kan orsaka kostsamma och farliga silobränder (Järvinen and Lehtovaara 2009; Persson and Blomqvist 2009). Oxidation kan också skapa illaluktande ämnen som kan uppfattas negativt av konsumenter. Det ämne som bildas i störst mängd vid fettoxidation är hexanal, och hexanal brukar därför användas vid analyser som indikation på fettoxidation. Det vanliga förloppet för radikalreaktioner som fettoxidation är, att reaktionen initieras (startar), propagerar (sprider sig) och sedan terminerar (avslutas). Hexanalproduktionen sätts igång (av ljus eller metalljoner), når ett maximum och avtar sedan. Det är vanligt att lagra sågspån i flera månader eftersom sågspånsutbudet varierar beroende på sågverkens aktivitet, medan pelletsproduktion vanligtvis sker kontinuerligt. I allmänhet lagras sågspån i stora högar utomhus. Producerad pellets lagras på grund av den säsongsmässiga variationen i efterfrågan. Användningen av producerad pellets kan också fördröjas på grund av den internationella pelletshandeln. Pellets lagras antingen i silor eller flatbädd eller förpackade i stora säckar. Förbättrad lagringsbarhet skulle minska problemen med oxidation, vilket skulle gynna både producenter och kunder. Det är därför nödvändigt att undersöka hur tillsatser påverkar hållbarheten av producerad pellets.

2.3 Metod

Sågspånet som användes var av gran. Spånet hämtades från Stora Timber vid Gruvön där det malts och färdigtorkats vid lågtemperatur (60-80 °C) på en bandtork till ca 10% fukthalt. Det konditionerades på Karlstads universitet genom tillsättning av vatten till vald fukthalt.

Pelletsen producerades i en produktionsenhet vid Institutionen för energi, miljö- och byggt teknik vid Karlstads universitet, (se figur L-1, sida 19). Den består av: (1) en blandare, (2) en transport skruv, (3) en skruvmatare där befuktning sker vid behov, (4) en Amandus Kahl C33-390 pelletspress med en planmatris med en maximal kapacitet av 300 kg/h, och (5) en volymetrisk doserar för tillsatser samt möjlighet till kylning av den producerade pelletsen.



Figur L-1. Pelletsanläggning vid Karlstads Universitet.

Tillsatsen blandas in i sågspånet i matarskruven (3) med en volymetrisk doserare (5) ca 2 dm innan materialet faller ner i pelletspressen (4). Den volymetriska doseraren består av en behållare, en växellåda och en omrörare som roterar ovanför skruven för att hålla en konstant flöde. Doserarens genomströmning beror på skruvhastigheten och på typen av tillsats. Detta innebär att doseraren måste kalibreras. Mängden tillsats fastställdes som en funktion av skruvens frekvens.

2.3.1 Tillsats av lignin

Det finns många olika typer av lignin. Det lignin som användes i denna studie kallas Kraft lignin och utvinns ur svartlut med LignoBoost-processen som utvecklats av Innventia AB och Chalmers tekniska högskola. Egenskaperna hos Kraft lignin från LignoBoost-processen har sammanställts i *tabell L1*. Det användes dels lignin som togs direkt från LignoBoost-processen och dels lignin som torkats till under tio procents fukthalt.

Tabell L1. Typiska materialegenskaper för Kraft lignin från LignoBoost-processen.

Egenskap	Storhet	Värde
Övre värmevärde	MJ/kg DS, askfritt	25–27
Nedre värmevärde	MJ/kg DS, askfritt	24–26
Fukthalt	vb%	30–40 % när direkt från processen; <10 % torkat
Bulkdensitet	kg/m ³	500 när direkt från processen; 700 när torkat
Askhalt	vb% TS	0,2–1,4
Svavel	vb% TS, askfritt	2–3
Klor	vb% TS, askfritt	0,01
Natrium	g/kg aska	100–200
Kalium	g/kg aska	10–100
Kalcium	g/kg aska	1–100
pH	pH	2–4

Pellets av konditionerat granspån med inblandning av 4 % ligninpulver framställdes enligt *tabell L2-L4, nästa sida*. Pelletspressens matris hade en presslängd på 30 mm.

Tabell L2. Materialflöden vid tillverkning av ligninpellets för lagring.

Körning	Fukthalt sågspån [%]	Fukthalt Pellets [%]	Fukthalt lignin [%]	Ligninflöde [kgTS/min]	Pelletsflöde [KgTS/min]	Inblandning [% Ts]
0-prov	12,3	4,5		0	1,25	0
Additiv lignin	12,3	3,6	9,0	0,055	1,36	4,04

Tabell L3. Kvalitetsparametrar vid tillverkning av ligninpellets för lagring.

Körning	Längd [mm]	Densitet [kg/m ³]	Fines (tumlingsprov)	Fines (sällning)
0-prov	7,2	652	3,9 %	8,8 %
Additiv lignin	12,7	663	0,8 %	1,9 %

Tabell L4. Körningsparametrar och energiåtgång vid tillverkning av ligninpellets för lagring.

Körning	Press tryck [Bar]	Temp Matris [°C]	Strömlast [Amp]	Effekt [kW]	Energi/kgTS [kJ/kg]
0-prov	116,2	116,3	25,4	17,6	841
Additiv lignin	129,4	129,0	26,5	18,3	810

2.3.2 Tillsats av stärkelse

Stärkelsen som används i dessa tester är levererad från SOLAM GmbH, ett bolagskooperativ av företagen Emsland Stärke GmbH och Lyckeby Industrial AB. Solam GmbH är specialiserade på utveckling och försäljning av stärkelse att användas i pappersindustrin, spånplattindustrin och närliggande verksamheter (exempelvis pelletsindustrin). Egenskaperna hos stärkelsen från Solam GmbH har sammanställts i tabell L5. Här har använts native potatisstärkelse, oxiderad potatisstärkelse, nativ vetestärkelse och oxiderad majsstärkelse. Handelsnamnen för stärkelsesorterna är Solpearl P och Solsize TSC samt Solpearl W och Solsize M TSC. All stärkelse är i form av ett vitt pulver.

Tabell L5. Typiska materialegenskaper för stärkelse från Solam GmbH.

Egenskap	Fukthalt [vb%]	Bulkdensitet [kg/m ³]	pH (i lösning)
Värde	80–85	600–700	6–7

För varje stärkelsesort gjordes ett 0-prov och fyra inblandningar. De pellets som lagrades var nollprovet i början av testserien samt för varje stärkelsesort den högsta inblandningen av stärkelsen cirka 3 % (se tabell L6, nästa sida). För information om kvalitetsparametrar och körningsparametrar, se rapport nummer 22: "Tillsatser som kvalitetshöjare för träpellets".

Tabell L6. Ingående material vid tillverkning av pellets med inblandning av stärkelse.

Tillsats	Stärkelse-flöde [kgTS/min]	Tillsatsens fukthalt [%]	Pellets-flöde [KgTS/min]	Sågspånets fukthalt [%]	Pelletsens fukthalt [%]	Inblandning [%]
Vete	0	-	1,27	12,1	6,9	0,0
nativt	0,043	12,7	1,32	12,1	8,2	3,0
Majs	0	-	1,32	12,1	6,7	0,0
oxiderad	0,042	12,5	1,39	12,1	8,5	2,8
Potatis	0	-	1,34	12,1	7,0	0,0
nativt	0,046	13,6	1,38	12,1	7,2	3,1
Potatis	0	-	1,37	12,1	7,0	0,0
oxiderad	0,048	11,9	1,38	12,1	9,4	3,1

2.4 Lagring

Pelletsen lagrades inomhus i lätt tillstängda svarta sopsäckar i cirka 20 °C och 55 % luftfuktighet. De var skyddade från ljus men inte från luftsyre.

2.5 Analys

Extraktivämnen är ämnen med låg molekylvikt som kan extraheras ur trä med organiska lösningsmedel. Det är främst fettsyror, hartssyror, fettalkoholer, steroler, di- och triglycerider, sterylestrar och lignaner (ScandinavianPulp 2003b). Extraktivämnehaltens bestämdes i enlighet med standarden SCAN-CM 49:03 (ScandinavianPulp 2003a), genom Soxhlet-extraktion av 7-9 g krossade pellets i extraktionshylsa med 50 ml aceton i 8 timmar. Metoden har tidigare använts inom pelletsforskningen (Englund and Nussbaum 2000; Ståhl and others 2004). Den relativa standardavvikelsen för extraktivämnesbestämningarna var 0,092.

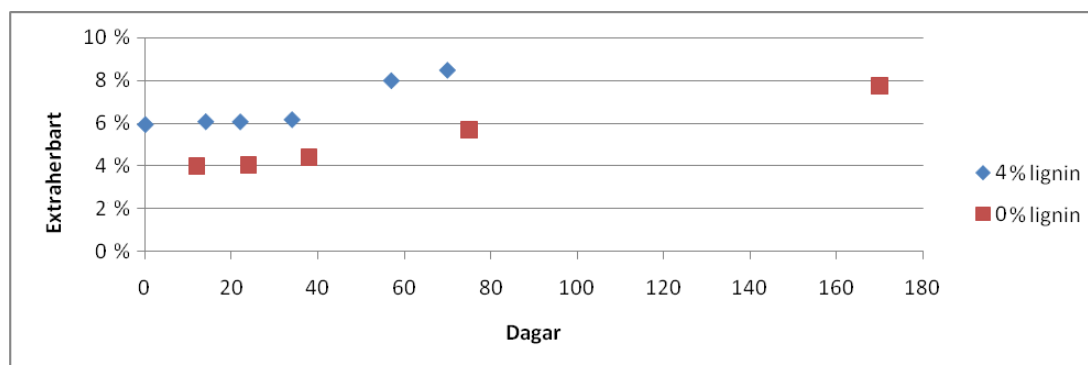
Hexanalhalten bestämdes med statisk headspace, där provet försluts i en behållare (en så kallad vial) som värms upp så att flyktiga ämnen i provet övergår till luften över provet (det vill säga headspace-luften) och headspace-luften analyseras i en gaskromatograf. Metoden används ofta för att kvantifiera ämnen som bildats vid oxidation av fetter (Frankel and others 1989; Lölliger 1990). Metoden har tidigare använts för analys av pellets (Granström 2010; Järvinen and Lehtovaara 2009). Cirka 1 gram pellets krossades och lades i en headspace-vial på 10 ml och täcktes med 5 ml vatten. Vialerna värmdes i 30 minuter i ett värmeblock på 80 grader. 100 mikroliter av headspace-gasen injicerades i gaskromatograf. Dubbelprov gjordes på alla prover. Gaskromatografen var en Clarus 480 med opolär kapillärkolonn (J&W Scientific, DB5-MS, 30 m x 0,25 mm) med temperaturprogram 40 °C i 2 min., 15 °C/min., 70 °C i 5 min., 15 °C/min. och 200 °C i 0-25 min. Injektortemperaturen var 200 °C. Den relativa standardavvikelsen för hexanalanalyserna var 0,042.

2.6 Resultat och diskussion

2.6.1 Tillsats av lignin

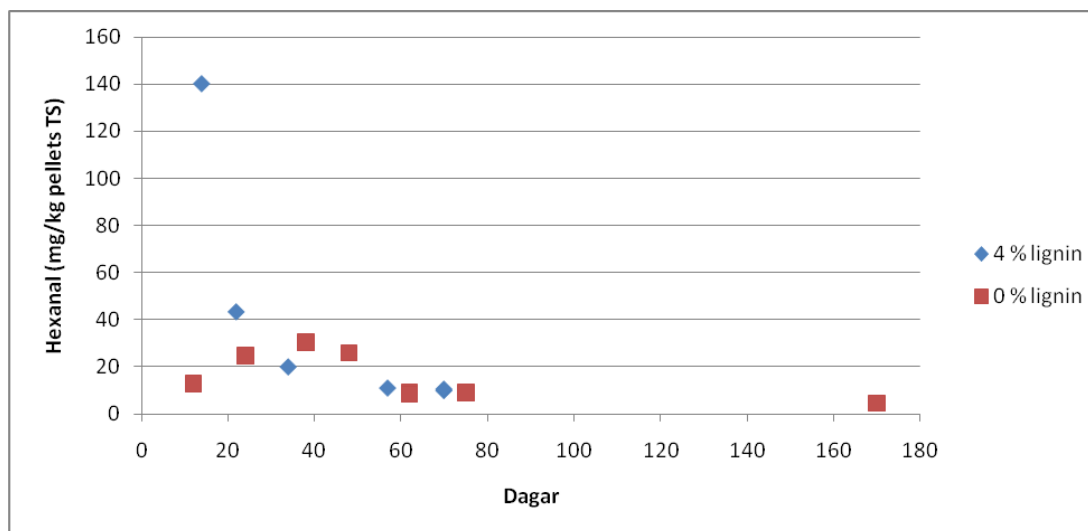
Mängden extraktivämnen ökade över tid för pellets med och utan extra lignin (se figur L-2, nästa sida). Det innebär att mängden ämnen som sköljs ur när pelletsen extraheras med aceton ökar, vilket tyder på att en nedbrytningsprocess pågår. På 70 dagar ökade mängden extraherbara ämnen med 38 % i pellets utan tillsatt lignin och med 46 % i pellets med 4 % tillsatt lignin. Ökningen fortsatte med tiden, vilket ses i

de långlagrade pelletsen (se figur L-2). Att ligninpelletsen konsekvent hade högre värden betyder att en del av ligninet sköljs ur under extraktionen. Detta skulle kunna ge fel vid mätning av extraktivämnena om det inte var känt, då lignin vanligen inte extraheras och inte räknas till extraktivämnena.



Figur L-2. Effekt av lagring på mängden extraherbara ämnen i pellets med och utan tillsats av lignin. Extraherbart anges som procent av träets torrsubstanshalt.

Fettoxidation skedde snabbt i pellets med tillsatt lignin, där hexanalproduktionen toppade inom en månad efter produktionen (se figur L-3). Resultatet bör dock kontrolleras eftersom det höga värdet i början av lagringsperioden skulle kunna bero på en ovanlig ansamling av metaller i de testade pelletsen. De pellets som inte hade tillsatt lignin hade en oxidationstopp efter 1,5 månader, vilket är mycket likt resultatet från en tidigare studie där pellets av tall analyserades (Granström 2010). Om lignin påskyndar oxidationsprocessen innebär det att pellets bör förvaras med god ventilation den första månaden men också att de snabbare kommer ur riskzonen för spontanantändning.



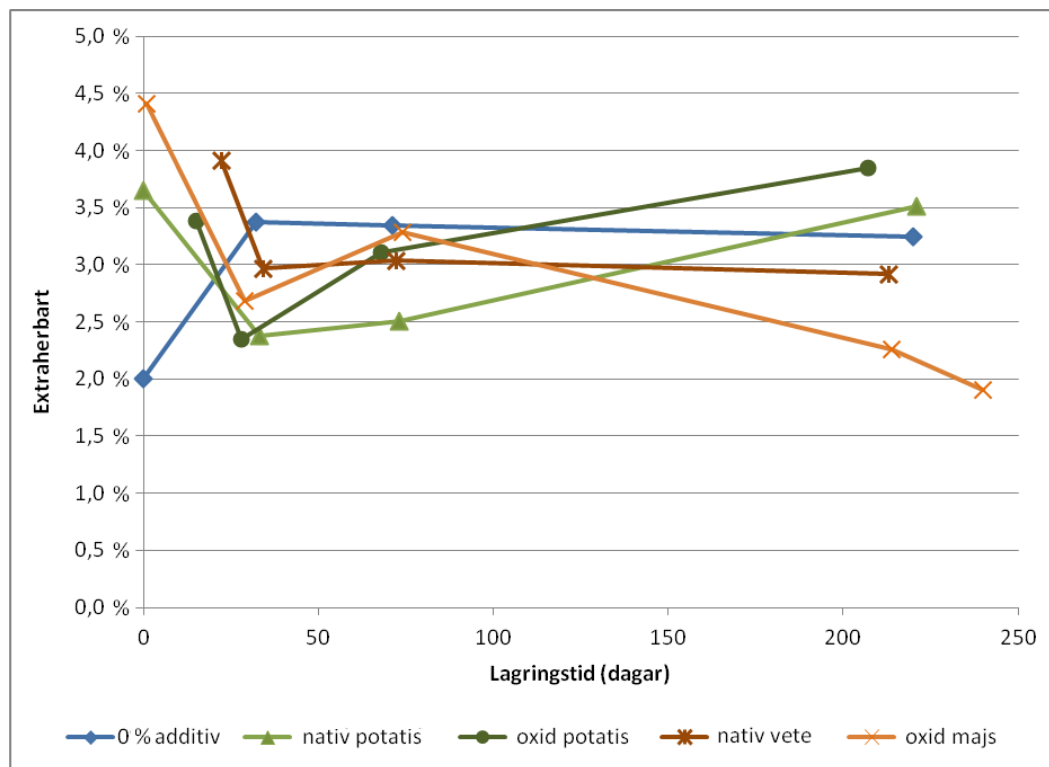
Figur L-3. Effekt av lagring på hexanalmängden i pellets med och utan tillsats av lignin, mätt i mg per kg pellets angett som torrsubstans (TS).

2.6.2 Tillsats av stärkelse

Den rena träpelletsen hade ovanligt låg halt av extraktivämnena, jämfört med värden som uppmätts i ligninförsöken ovan och i andra studier (Granström 2011). Extraktivämnehalt är en egenskap hos träet och uppvisar naturlig variation.

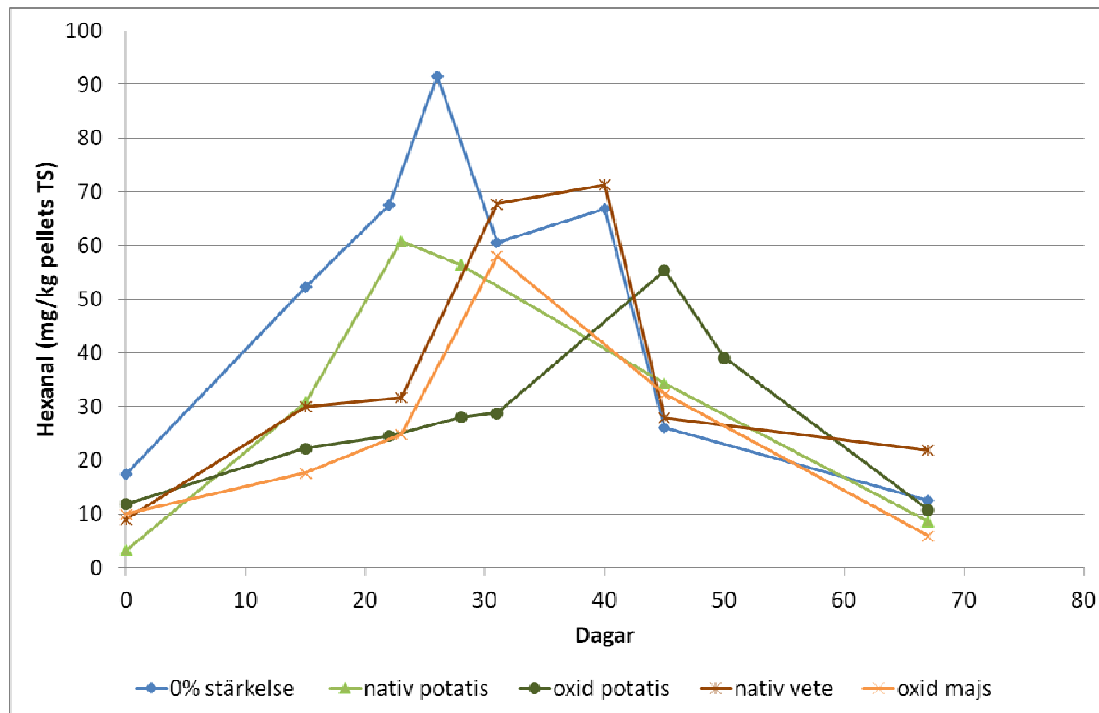
Analys av pellets i början av lagringsperioden visar att pellets med tillsatt stärkelse får betydligt högre värden än pellets utan tillsatt stärkelse, vilket visar att stärkelse lämnar pelletsen under acetone-extraktion (*se figur L4*).

Om såväl extraktivämnena i trä som all tillsatt stärkelse hade avlägsnats så skulle extraktivämnena ha registrerats enligt följande: för pellets med tillsatt nativ vete 5,0 %, oxiderad majs 4,8 %, nativ potatis 5,1 % och oxiderad potatis 5,1 %. Pellets med potatisstärkelse har tydligt lägre värde, vilket betyder att en större del stannat kvar i pelletsen. Vete och majs, däremot, togs bort nästan helt. Efter en månads lagring har mängden extraherbara ämnen ökat i pelletsen utan tillsats, men minskat i alla pellets med tillsatt stärkelse. Stärkelsen måste därför vara svårare att utvinna vid denna tidpunkt. Eftersom stärkelsepellets faktiskt hade en lägre halt extraherbara ämnen än ren träpellets så måste stärkelsen motverka de kemiska processer som orsakar den vanliga ökningen över tid. Efter två månaders lagring visar pellets med oxiderad stärkelse en märkbar ökning av extraherbara ämnen, medan pellets med nativ potatisstärkelse visade en liten ökning och pellets med nativ vetestärkelse, liksom rena träpellets, visar oförändrad halt av extraherbara ämnen. Efter sju månaders lagring hade extraherbara ämnen ökat för potatisstärkelse-pelletsen, minskat för majs-pelletsen och var oförändrade för vetestärkelse-pellets och för träpellets utan tillsatser.



Figur L-4. Effekt av lagring på mängden extraherbara ämnen i pellets med och utan tillsats av cirka 3 % stärkelse. Extraherbart anges som procent av träsens torrsushalt.

Hexanalmängden i pelletsen var lägre i början av lagringstiden för de pellets som hade stärkelse tillsats (*se figur L-5*). Efter en månad var det dock ingen tydlig skillnad. Efter två månader var alla pellets över hexanalproduktionstoppen och hade nått termineringsstadiet (slutstadiet).



Figur L-5. Effekt av lagring på hexanalmängden i pellets med och utan tillsats av cirka 3 % stärkelse. Hexanal anges som mg per kg pellets angett som torrsubstans (TS).

2.7 Slutsatser

Både tillsats av ligninpulver och tillsats av stärkelsepulver stör bestämningen av extraktämnen med metoden acetoneextraktion. Olika typer av stärkelse stör i olika hög grad.

Mängden extraherbara ämnen ökar över tid för pellets utan tillsatser samt för pellets med tillsatt lignin. För pellets med tillsatt stärkelse sker en mer varierad utveckling med en minskning efter en månad, en ökning efter två månader och olika utfall beroende på stärkelse typ efter sju månader.

Fettoxidation skedde ovanligt snabbt i pellets med tillsatt lignin. I pellets med tillsatt stärkelse skedde den lika fort som i pellets utan tillsatser. Efter två månader var alla pellets färdigoxiderade.

3 MILJÖKRAV PÅ PELLETSPRODUCENTER

En sammanställning av miljötillstånden för träbearbetningsföretag i Värmland, Dalarna och Gävleborgs län samt omkringliggande områden visade att det ställs krav på att buller och stoft från anläggningarna inte får överskrida riktvärden och i förekommande fall krävs också rening av torkkondensat (*se tabell M-1*). Det förekom inga fall av gränsvärden för utsläpp av lättflyktiga kolväten, det närmaste var formuleringen "verksamheten ska bedrivas så att diffus damning och emissioner av flyktiga organiska ämnen (VOC) som kan medföra olägenhet för människors hälsa och välbefinnande effektivt förhindras".

Tabell M-1. Produktion, processteg och miljökrav för träbearbetningsföretag i Värmland, Dalarna och Gävleborgs län samt omkringliggande områden. 'x' markerar att ett processteg eller ett miljökrav finns. '—' innebär att information saknas.

Fabrik	Producerad pellets år 2007 (ton)	Produktionskapacitet år 2007 (ton)	Sågverk	Justerverk	Spåntork	Miljötillstånd givet år	Damm-krav	Buller-krav	Kondensat-krav
A		8000	x	x	x	2007	x	x	x
B	—	—		x		2001		x	
C	21000	42000			x	1999	x		
D	—	—				—			
E	15000	30000				2004			
F	40000	60000				2004			
G	0	0			x	2007	x	x	
H	—	5000			x	2007	x	x	
I	—	—				2001			
J	38000	45000			x	2001			
K	0	100000			x	2007	x		
L	2500	6000	x	x		2004			
M	36000	50000				2007	x		
N	5000	30000			x	2001	x		
O	70000	90000			x	2004	x		
P	74000	97000			x	2007	x		x

4 REFERENSER

- Ali M, Sreekrishnan T. 2001. Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluents: a review. *Advances in Environmental Research* 5:175-196.
- Berghel J, Renstrom R. 2004. Controllability of product moisture content when non-screened sawdust is dried in a spouted bed. *Drying Technology* 22(3):507-519.
- Englund F, Nussbaum RM. 2000. Monoterpenes in Scots pine and Norway spruce and their emission during kiln drying. *Holzforschung* 54(5):449-456.
- Frankel EN, Hu ML, Tappel AL. 1989. Rapid Headspace Gas-Chromatography of Hexanal as a Measure of Lipid-Peroxidation in Biological Samples. *Lipids* 24(11):976-981.
- Granström KM. 2003. A method to measure emissions from dryers with diffuse leakages, using evaporated water as a tracer. *Drying Technology* 21(7):1197-1214.
- Granström KM. 2010. Emissions of Hexanal and Terpenes during Storage of Solid Wood Fuels. *Forest Products Journal* 60(1):27-32.
- Granström KM. 2011. Effect of sawdust age on the storage quality of wood pellets. In: Caldeira F, editor. *Minimising the Environmental Impact of the Forest Products Industries*. Porto, Portugal: Fernando pessoa editions. p 53-58.
- Järvinen S, Lehtovaara J. Self-heating of wood pellets and possibilities for its control; 2009 31 August - 4 September; Jyväskylä. FINBIO. p 733-740.
- Löliger J. 1990. Headspace Gas-Analysis of Volatile Hydrocarbons as a Tool for the Determination of the State of Oxidation of Foods Stored in Sealed Containers. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 52(1):119-128.
- Magnusson L. 2000. Sammanställning av presentationer vid seminarium "Torkning av biobränsle; erfarenheter, miljöfrågor, teknik". Stockholm: Värmeforsk. Report nr 115.
- Persson H, Blomqvist P. Silo fires and silo fire fighting; 2009 31 august - 4 september; Jyväskylä. FINBIO. p 693-702.
- Salomonson P. 2006. Utvärdering av biobränsletorkanläggning på Borås Energi AB. Lund: Kemiteknik.
- Sandberg M. 2009. Mill case, simulation, and laboratory plant study of black liquor spill effects on a multiple stage biological treatment plant. *Canadian Journal of Civil Engineering* 36(5):839-849.
- Sandberg M, Holby O. 2008. Black liquor and alkaline shocks in a multiple stage biological treatment plant. *Journal of Environmental Engineering and Science* 7(4):335-344.
- ScandinavianPulp. 2003a. SCAN-CM 49:03. Content of acetone-soluble matter. Stockholm: Scandinavian pulp, paper and board testing committee.
- ScandinavianPulp. 2003b. SCAN-CM 67:03. Content of extractable lipophilic matter. Stockholm: Scandinavian pulp, paper and board testing committee.
- Ståhl M, Granström K, Berghel J, Renström R. 2004. Industrial processes for biomass drying and their effects on the quality properties of wood pellets. *Bio-mass & Bioenergy* 27(6):621-628.

RAPPORTER

- 1) Säffle biogas – Förstudie
- 2) Skogsskötselmodeller anpassade för skogsbränsleuttag – några exempel
- 3) Framtidens pelletsfabrik
- 4) Småhusens framtida utformning – Hur påverkar Boverkets nya byggregler?
- 5) Långa toppar
- 6) Ackumulerande fällaggregat i gallringsbestånd
- 7) Undersökning av efterfrågan på GRÖN grot
- 8) Studie av storbuntaren Rogbico
- 9) Marknadspotential för sol- och biovärmesystem
- 10) Byggregler och småhustillverkare. Husens framtida utformning.
- 11) Möten med husföretag
- 12) Solvärme i nybyggda hus
- 13) Husköparens val av värmesystem – Hinder och möjligheter
- 14) Användning och vidaretransport av skogsenergisortiment
- 15) Vidaretransport av skogsenergisortiment – Tidsstudier och kostnadskalkyler
- 16) Utveckling av logistiken för skog
- 17) Transport av skogsenergisortiment – Företags- och samhällsekonomiska kostnader
- 18) Beräkning och analys av skogsbränslepotentialer i Värmland
- 19) Ekonomi vid skogsskötsel inriktad mot energi- och industrisortiment
- 20) Biogas Säffle – Förstudie Värmlandsnäs
- 21) Småskalig rökgasrening – metoder för att minska utsläppen från småskalig bio-bränsleeldning
- 22) Tillsatser som kvalitetshöjare för pellets
- 23) Kartläggning och nulägesbeskrivning av pelletskedjan
- 24) Täckningsbidrag vid uttag av skogsbränsle i unga bestånd
- 25) Miljöeffekter av biobränslen från spån till pellets

Projekt SWX-Energi omfattar Värmlands, Dalarnas och Gävleborgs län.

Projektägare: Region Gävleborg

Delprojektansvariga: Högskolan Dalarna och Karlstads Universitet

Projektbudget: 32 miljoner kronor

Projektid: 2008-2011

www.regiongavleborg.se/verksamhet/swxenergi

Projektet delfinansieras av Europeiska Unionen.

Finansiärer

Offentliga

EU, Norra Mellansverige
Region Gävleborg
Region Dalarna
Högskolan Dalarna
Karlstads Universitet
Gävle Dala Energikontor
Värmlands Energikontor

Energimyndigheten
Banverket
Säffle kommun
Gävle Energi
Hofors Energi
Borlänge Energi
Fortum Värme AB

Privata

Neova
Mellanskog
Naturbränsle
Bruks Klöckner