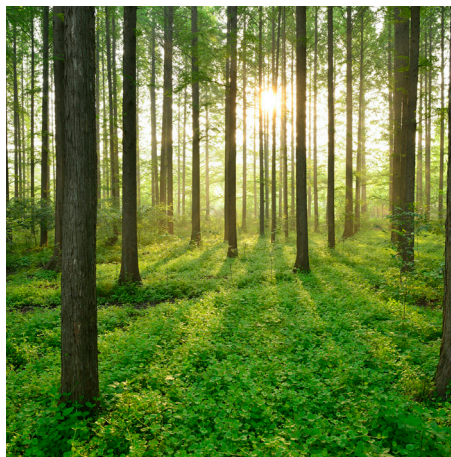


# ENERGIEFFEKTIV RAFFINERING GENOM SAMOPTIMERING AV FIBERKEMI OCH RAFFINERINGSBETINGELSER

RAPPORT 2026:1202



SKOGSINDUSTRIELLA  
PROGRAMMET



# **Energieffektiv raffinering genom samoptimering av fiberkemi och raffineringsbetingelser**

**PER ENGSTRAND, GUNILLA PETERSSON, AMANDA MATTSSON, JAN-ERIK BERG ,  
THOMAS GRANFELDT OCH MATS RUNDLÖF MIUN  
THOMAS LINDSTEDT, HENRIK EDLUND, BÖRJE HELLSTADIUS BILLERUD  
JESPER NÅVIK, MIKAEL LUNDFORS OCH FREDRIK LUNDSTRÖM VALMET  
MAGNUS PAULSSON, JULIE DURRUTY, PIA JOUR OCH MATS WILDLOCK NOURYON  
SVEN NORGREN, RISE MORE RESEARCH**

ISBN 978-91-89917-45-3 | © Energiforsk juni 2026

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: [kontakt@energiforsk.se](mailto:kontakt@energiforsk.se) | [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)



## Förord

Det finns stor potential att minska elenergiförbrukningen vid massatillverkning, samtidigt som man får fram massor som lämpar sig väl för starka produkter, som kartong. Genom att kombinera en smartare väteperoxidblekning med en optimerad lågkoncentrationsraffinering kan bruken nå betydligt lägre energianvändning än vad som är vanligt i dag. Resultaten visar att målet att nå 30% reduktion jämfört med dagens bästa tillämpade teknik var möjlig att uppnå i lab- och pilotskala.

Marie Kofod-Hansen  
Programansvarig Skogsindustriella programmet

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

## Sammanfattning

Det finns god potential att genom samoptimering av peroxidblekning och lågkoncentrationsraffinering uppnå en kombination av egenskaper som gör massan användbar i till exempel kartong vid en total energiförbrukning som är betydligt lägre än vad som är vanligt idag, dvs att man går från dagens miniminivå på ca 600 kWh/t till ca 400 kWh/t. Resultaten visar att målet att nå 30% reduktion jämfört med dagens bästa tillämpade teknik var möjlig att uppnå i lab- och pilotskala. Genom tidigare studier som jämfört samma utrustningar för lab- och pilot-skaleraffinering med fullskale-raffinering vid Rockhammars CTMP-fabrik är det troligt att resultaten är relevanta i fullskala (Berg et al 2021).

Vad gäller elenergiförbrukning vid tillverkning av *high temperature chemithermomechanical pulp* (HTCTMP) konstaterades att såväl gran- som björk-baserade massor går att tillverka med mindre än 250 kWh/t energiförbrukning i flisraffinör och att man efter väteperoxidblekning och med mindre än 150 kWh/t energiförbrukning vid lågkoncentrations-raffinering kan tillverka massor med egenskaper som passar för mittskiktmassor i kartong. Genom att Nouryon som kom med i projektet förbättrades forskningskapaciteten genom att omfattande studier med alkalioptimering av peroxidblekning av gran- och björk-baserad CTMP och HTCTMP möjliggjordes. Data från dessa studier användes som grund för försöken med peroxidblekning i större lab-skala vid RISE MoRe Research. Peroxidblekning i större lab-skala (1–2 kg) är nödvändig för att man ska kunna studera LC-raffinering med den laboratoriekvarn, LR1, som Billeruds lab i Karlsborg har. Här studerades oblekta och peroxidblekta björk- och gran-baserad CTMP och HTCTMP. Oblekta massor förbrukar 20 kWh/t per dragindex-enhet, vilket är vanligt även i industriskala för TMP och CTMP. Peroxidblekt gran-CTMP och HTCTMP förbrukar 12 kWh/t per dragindex-enhet. Björk-baserad CTMP och HTCTMP har lägre energiförbrukning för viss ökning i dragindex och kan efter peroxidblekning förbruka så lite som 6 kWh/t per dragindex-enhet.

Orsakssambandet är troligen kopplat till att peroxidbehandlingen kraftigt ökar mängden karboxyl-grupper, vilket i sin tur tycks underlätta fibrillering och därmed styrkeutveckling (Engstrand et al 1991, Pettersson et al 2021).

## Summary

There is good potential to achieve a combination of properties to optimize the pulp for cardboard by co-optimizing peroxide bleaching and low-concentration refining at a total energy consumption that is significantly lower than what is common today, i.e. going from today's minimum level of about 600 kWh/t to about 400 kWh/t. The results show that the goal of achieving a 30% reduction compared to today's best applied technology was possible to achieve at lab and pilot scale. Through previous studies that compared the same equipment for lab and pilot-scale refining with full-scale refining at the Rockhammar CTMP mill, it is likely that the results are relevant at full scale (Berg et al 2021).

Regarding electrical energy consumption in the production of high temperature chemithermo-mechanical pulp (HTCTMP), it was found that both spruce and birch-based pulps can be produced with less than 250 kWh/t of energy consumption in chip-refiner and that after hydrogen peroxide bleaching less than 150 kWh/t in low-concentration refining results in pulps with properties suitable for middle layer pulps in cardboard. Thanks to Nouryon joining the project, research capacity was improved by enabling extensive studies with alkali optimization of peroxide bleaching of spruce and birch-based CTMP and HTCTMP. Data from these studies were used as the basis for the experiments with peroxide bleaching on a larger lab scale at RISE MoRe Research. Peroxide bleaching on a larger lab scale (1–2 kg) is necessary to be able to study LC refining with the laboratory mill, LR1, that Billerud's lab in Karlsborg has. Here, unbleached and peroxide bleached birch and spruce-based CTMP and HTCTMP were studied. Unbleached pulps consume 20 kWh/t per tensile index unit, which is common even on an industrial scale for TMP and CTMP. Peroxide-bleached spruce CTMP and HTCTMP consume 12 kWh/t per tensile index unit. Birch-based CTMP and HTCTMP have lower energy consumption for a given increase in tensile index and after peroxide bleaching can consume as little as 6 kWh/t per tensile index unit.

The causal relationship is probably linked to the fact that the peroxide treatment greatly increases the amount of carboxyl groups, which in turn seems to facilitate fibrillation and thus strength development (Engstrand et al 1991, Pettersson et al 2021).

# Innehåll

## Förord 3

<b>Sammanfattning</b>	<b>4</b>
<b>1 Bakgrund och forskningsläge</b>	<b>7</b>
<b>2 Pilotförsök med CTMP och HTCTMP från gran och björk vid Valmet</b>	<b>4</b>
2.1 Pilotprogram Flissållning	5
2.2 Förförsök	5
2.3 Hantering och analys av massaprover	6
2.4 Pilotprogram referensprovning	7
2.4.1 Tidsschema för pilotförsök och labprovning i Sundsvall	7
2.4.2 Resultat från försök med gran-HTCTMP	8
2.4.3 Resultat från försök med björk-HTCTMP	11
<b>3 Blekningsförsök vid Nouryon – alkali-optimering och massor för styrkeprovning</b>	<b>15</b>
<b>4 Försök med lågkoncraffineringar och labarkningar av peroxidblekta och oblekta CTMP och HTCTMP baserade på gran och björkflis</b>	<b>20</b>
<b>5 Slutsatser, måluppfyllelse och rekommendationer till fortsatt forskning och utveckling</b>	<b>28</b>
<b>6 Referenslista</b>	<b>29</b>

# 1 Bakgrund och forskningsläge

Relativt omfattande investeringar i kemimekaniska massaprocesser (CTMP) har genomförts globalt sett den senaste tioårsperioden. Även om man använder CTMP både oblekt och blekt används normalt benämningen BCTMP (bleached chemithermomechanical pulp). Det ha skett en stor kapacitetsförskjutning mot Asien (särskilt Kina) och moderniseringar i Nordamerika. Marknaden drivs på av en ökande efterfrågan på biobaserade, återvinningsbara, energieffektiva, hållbara och lätta förpackningsmaterial som kartong.

## Investeringar perioden (2016–2026)

- Asien-Stillahavsregionen (Kina): Bruken har investerat kraftigt i ny effektiv produktion ofta med 1000 - 1250 tpd per stor flisraffinör och man har också satsat på förbättrad energieffektivitet.
- Nordamerika (Kanada): Historiskt sett hjärtat för BCTMP där Paprican i Montreal och Vancouver tillsammans med Sverige och Finland var först ute med olika varianter av CTMP. Här har man satsat alltmer på att använda lövved för att möta den globala förpackningsefterfrågan. De senare åren har dock även inneburit vissa kapacitetsminskningar och fabriksstängningar pga lokal brist på tillgänglig ved och transportutmaningar.
- Europa (Norden): Stora producenter som Billerud, Metsä Board, SCA och Stora Enso har fortsatt att investera i ny kapacitet och i uppgradering sina befintliga BCTMP-linjer för att stödja integrerad tillverkning av falskartong och förpackningar. Investeringarna fokuserar starkt på energibesparande integrationer för att öka bulk vid viss styrka och förbättra energieffektivitet.

## Teknik- och marknadsdrivkrafter

- Grön energiintegration: Investeringarna är starkt kopplade till hållbarhet. Moderniserade bruk fokuserar på energieffektivitet till specificerade funktionsegenskaper.
- Plastersättning: Eftersom BCTMP ger hög bulk, styvhet och låg vikt, används det i ökande utsträckning i livsmedelsförpackningar och falskartong för att ersätta traditionell engångsplast. Även i moulding-processer passar BCTMP utmärkt in här pga att man kan nyttja att ligninet bidrar till förbättrad våtstyrka då processens pressningstemperatur ofta ligger över ligninets mjukningstemperatur.
- Leverantörer: Teknikmarknaden för mekanisk pappersmassa drivs till största delen av leverantörer som Valmet och Andritz. Dessa två bolag har levererat de tekniska lösningarna för majoriteten av de globala kapacitetsökningarna.

## Forskningsläge 2026

Även om både massaproducenter och processleverantörer själva genomför mycket omfattande utvecklingsarbeten längs hela kedjan från skog till olika typer av slutprodukter i form av förpackningsmaterial mm så behövs process och produkt-

relevant forskning av mer grundläggande karaktär från universitet och forskningsinstitut. Denna forskning behöver genomföras i grupperingar i industrin och akademien som har överlappande kunskaper. Den forskning som genomförts i detta projekt handlar om hur man minimerar energiåtgången vid fiberseparation och därefter också minimerar energiåtgången vid efterföljande LC-raffinering. Utmaningen är alltid att samtidigt få fram massor som har samma eller bättre egenskaper än referens-massorna. Metodiken bygger på tidigare och nya kunskaper om vedens och vedfibrernas mjuknings, laddnings- och svällningsegenskaper samt fiberdimensioner beror av processens kemi och mekanik längs kedjan av olika enhetsoperationer från flisning och flisraffinering till blekning och slutraffinering.

Det nu genomförda projektet har fått en naturlig fortsättning med samma aktörer dvs Billerud, Mittuniversitetet, Nouryon och Valmet under ledning av Billeruds Gilbert Carlsson. Tillsammans har vi sökt och fått projektmedel från Formas utlysning Biosociety, <https://www.biosociety.se/projekt/processintensifiering-foer-resurseffektiv-tillverkning-av-biofiberbaserade-foerpackningsmaterial>. Man kan säga att tack vara finansieringen från Energiforsk har samarbetet mellan företagen Billerud, Valmet och Nouryon intensifierats.

Eftersom det ursprungliga projekttiteln är lång - Processintensifiering för resurseffektiv tillverkning av biofiberbaserade förpackningsmaterial – så använder vi kortnamnet Lightpack – Billerud har lagt upp information om projektet på sin hemsida - <https://www.billerud.se/press--nyheter/nyheter/2026/billerud-far-forskningsstod-for-att-vidareutveckla-hallbar-massateknik> . Även Nouryon har lagt ut information om projektet på linkedin <https://www.linkedin.com/posts/sustainablepackaging-biobasedmaterials-circularbioeconomy-share-7439315846214307841-jZuT/>.



Projektets första fast genomfördes mha Valmets CTMP/HTCTMP-pilot i Sundsvall, se bild ovan och genererade en stor mängd prover som lagras i Sundsvalls fryslager och distribuerades via MIUN / Sundsvall till Billeruds lab i Karlsborg, Karlstad och Gävle, Nouryons lab i Bohus och RISE MoRe Research i Örnsköldsvik där olika typer av bearbetningar, provningar och mätningar utfördes.





## 2 Pilotförsök med CTMP och HTCTMP från gran och björk vid Valmet

I försöket användes granflis (sågverksflis) från Rågsvedens sågverk och björkflis (massavedsflis) från Billeruds Gävlebruk. Försök genomfördes med oblekt och peroxidblekt CTMP och HTCTMP baserat på björk- och granflis för vidare lågkoncentrations-malning i labbskala vid Billeruds lab i Karlsborg. Syftet med CTMP- och HTCTMP-försöken var att få fram relevanta data för att underlätta senare uppskalning till fullskala. Detta genomfördes så att fullskale-CTMP (Rockhammar) och pilotskale-CTMP (Valmet, figur 1) tillverkades vid så lika betingelser som möjligt vilket gör att de skillnader som ändå finns går att hänföra till skillnader i själva maskinutrustningarna. Den största skillnaden mellan maskinutrustningarna är att flisraffinören i Rockhammar, Valmet RGP268 med diameter 1,72 m, körs vid 1500 rpm medan flisraffinören vid pilot-anläggningen, ROP20 med diameter 0,51 m, körs vid 1500 rpm. Den fullstora maskinen får då en periferihastighet på 136 m/s medan pilotmaskinen får 40 m/s vilket påverkar belastningshastighet som i sin tur inverkar på hur styvt/mjukt vedmaterialet beter sig i malzonen. Andra mycket viktiga skillnader vad gäller betingelserna i malzonen är kopplade till val av malgarnityr (typ av malsegment) vilka har stor inverkan på händelseförloppet i spalten mellan malskivorna.

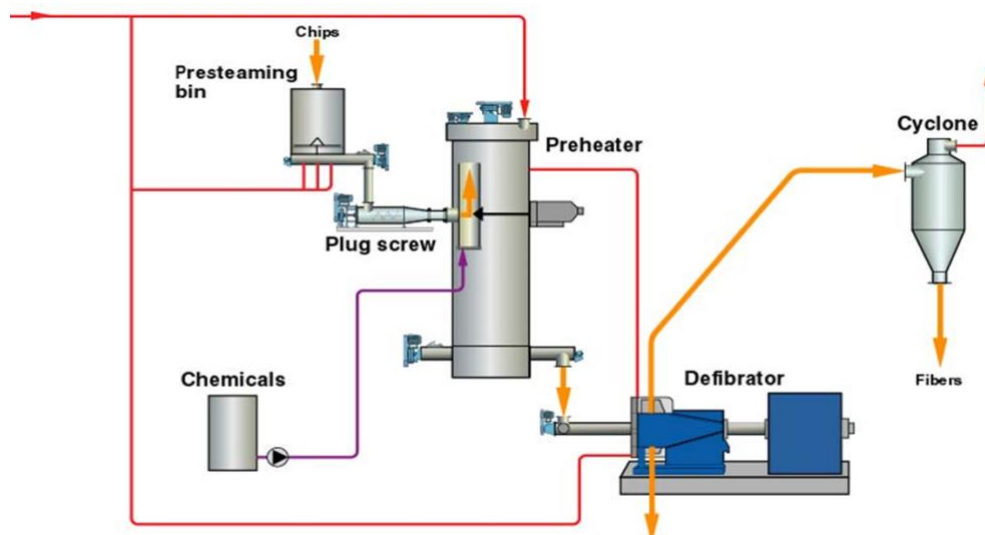
Försök med olika varianter av HTCTMP i pilotskala som då kan jämföras med pilotskale-referensen så att man kan få en uppfattning om hur jämförelsen med fullskala kommer att te sig.

Försöksserierna med HTCTMP byggdes upp på följande sätt:

- Gran-HTCTMP tillverkades vid 3 sulfitdoseringsnivåer, 0, 20 och 40 kg/t  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  samt två tryck-nivåer 6 och 8 bar.
- Björk-HTCTMP tillverkades vid 1 sulfitdoseringsnivå 20 kg/t  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 2 alkalidoseringsnivåer 0 och 10 kg/t NaOH samt 2 tryck-nivåer 6 och 8 bar.

Syftet med efterföljande försök med LC-raffinering var att studera hur peroxidblekning påverkar energieffektiviteten vid utvecklingen av massa-egenskaperna. Peroxidblekning studerades såväl vid "stökiometriskt" optimala betingelser eller konventionell pH-nivå

samt vid s.k. hyperalkaliska förhållanden dvs hög pH-nivå baserat på tidigare forskning på detta område (Moldenius et al).



Figur 1. Beskrivning av Valmets pilotanläggning OVP20 i Sundsvall för tillverkning av högutbytesmassor som; TMP, CTMP och HTCTMP.

## 2.1 PILOTPROGRAM FLISSÅLLNING

Vid försöken användes granflis (sågverksflis) från Rågsvedens sågverk och björkflis (massavedsflis) från Billeruds Gävlebruk. För att säkerställa stabil drift under försöket sållades flisen med hjälp av ett kontinuerligt vibrerande såll utrustat med hålplåtar ( $\varnothing$  35 mm och  $\varnothing$  8 mm) för borttagning av överstor flis och spån. Efter sållning blandades flisen till önskade mixar baserat på torrsvikt.

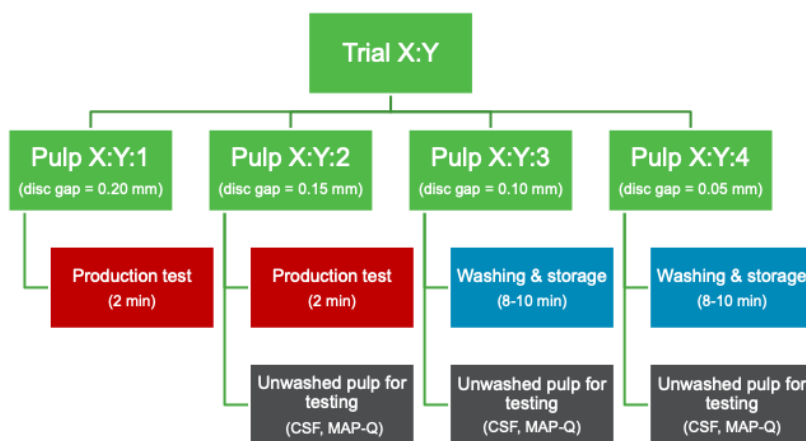
## 2.2 FÖRFÖRSÖK

Målet med förförsöket var att undersöka pilotsystemet samt hitta korrekt varvtal för målproduktion med det aktuella råmaterialet (t ex 1,2 kg/min). Vid förförsöket tillsätts inga kemikalier i impregneringen. Vid de skarpa försöken kan sedan produktionen ändras på grund av att kemi och tryckförhållanden påverkar packning i produktionskruven. Den verkliga produktionen kommer då att uppmätas och användas för att korrigera förbrukningsdata (kemikalier och raffineringseenergi). För att effektivisera försöket kommer provpunkt G1 att köras i samband med förförsöket då denna

punkt inte innehåller impregnerings-kemikalier, se övergripande beskrivning i figur 2.

## Pilotprogram

Illustration av försökupplägg



Figur 2. Övergripande illustration över hur försöken genomfördes vid Valmets pilotanläggning i Sundsvall.

### 2.3 HANTERING OCH ANALYS AV MASSAPROVER

I varje försök tillverkades 4 massor, varav 2 otvättade massor (ca. 2 kg torrt) samt 2 tvättade massor (ca. 8–10 kg torrt). Massorna som tvättades spädde med vatten i 200 liters tankar till 5–6% massakoncentration före centrifugering till 30% och fluffning. Hantering av otvättade och tvättade massor, märkning och transport till fryshus ordnades av MIUN's Jan-Erik Berg och Thomas Granfeldt. Under försöket analyserades 3 massor från varje försök m.a.p. freeness, spethalt och fiberstorleks-fördelning med MAP-Q vid Valmet. Baserat på just freeness, spethalt, fiberlängd och energiförbrukningar prioriterades ett begränsat antal massor för vidare studier.

RISE (MoRe Research) genomförde så kallade storblekningar av massorna med provmängder om 4 ggr 330 g dvs totalt 1320 g för att ha tillräcklig provmängd för att senare kunna genomföra lågkonc-raffineringar vid Billeruds lab i Karlsborg. Blekningsbetingelserna som användes vid MoRe Research baserades på resultaten från

Nouryons bleknings-försök i 10 g-skala med lutoptimeringar. Vid Nouryon genomfördes även blekningsförsök i 80 g-skala för möjliggörande av laboratoriearking och utvärdering av pappersegenskaper vid Karlsborg.

För storblekningarna var målet att bleka till viss ljushet (78 %ISO) med såväl stökiometriskt optimala betingelser som hyperalkaliska förhållanden dvs i princip relativt låg respektive hög lutkvot.

Laboratoriearkningar genomfördes förutom vid Billeruds lab även vid MIUN. LC-malning och efterföljande provning av de oblekta och storblekta massor utfördes med Billeruds laboratoriekvarn (LR1) vid Karlsborg.

## 2.4 PILOTPROGRAM REFERENSPROVNING

Fyra massaprover, se nedan, togs ut från Billeruds CTMP-fabrik vid Rockhammars bruk under vecka 14 - 15 och analyserades vid Valmet för att användas som referenser till pilotförsöken vilka utfördes vid Valmets pilotanläggning i Sundsvall. För varje prov skickades 200–300 gram massa (torrtänkt).

Standard oblekt CTMP:

- Förstastegsmassa (efter första avvattningspressen)
- Slutmassa (efter sista avvattningspressen)

Blekt CTMP:

- Förstastegsmassa (efter första avvattningspressen)
- Slutmassa (efter avvattningspress)

### 2.4.1 Tidsschema för pilotförsök och labprovning i Sundsvall

Försöken utfördes under påskveckorna vecka 16–17 och vecka 20:

#### Vecka 16 Aktivitet i piloten Aktivitet på labbet

- Måndag: Flissällning och mixning, flistorrhalt och skicka prov till RISE
- Tisdag: Flissällning och mixning
- Onsdag: Förförsök (inkl. Försök 1:1), standardprovning (CSF, MAP-Q)

#### Vecka 17

- Tisdag: Försöksdag 1 (4 försök), standardprovning (CSF, MAP-Q)
- Onsdag: Försöksdag 2 (4 försök), standardprovning (CSF, MAP-Q)

#### Vecka 20

- Tisdag: Försöksdag 3 (4 försök), standardprovning (CSF, MAP-Q)

## 2.4.2 Resultat från försök med gran-HTCTMP

Pilotförsök utfördes med pilotpreferens, gran-CTMP med 20 kg/t Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> vid trycket 2,3 bar och gran-HTCTMP med 3 sulfitdoseringsnivåer, 0, 20 och 44 kg/t Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> samt två tryck-nivåer 6 och 8 bar, se tabell 1.

### Resultat

Granförsöken (100%)

		Försök 01				Försök 02				Försök 03				Försök 04				Försök 05							
Råmaterial (gran/björk)		100/0																							
Flisförbehandling och impregnering		100-series				200-series				300-series				400-series				500-series							
Flisbansning temperatur / tid	°C	≥ 90 / ≥ 15																							
Natriumsulfid, Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	kg/bdmt	0				20				20				20				44							
Natriumhydroxid, NaOH	kg/bdmt	0																							
DTPA	kg/bdmt	2																							
Fövärmartyck	bar <sub>g</sub> (°C)	8,0 (175)				2,3 (137)				6,0 (165)				8,0 (175)				8,0 (175)							
Upphållstid i förvärmare	min	1-2																							
1 <sup>st</sup> steg raffinering (ROP 20) - 5811																									
Hustruck i raffinör (-)	bar <sub>g</sub>	8,1				2,4				6,1				8,1				8,1							
Malspalt (-)	mm	0,20	0,15	0,10	0,05	0,20	0,15	0,10	0,05	0,20	0,15	0,10	0,05	0,20	0,15	0,10	0,05	0,20	0,15	0,10	0,05	0,20	0,15	0,10	0,05
Energisats	kWh/bdmt	184	246	388	705	441	596	849	1327	160	243	394	558	132	182	247	404	150	151	222	364				
Test resultat																									
Pulp consistency	%	26,0	25,8	27,0	29,8	22,3	24,0	26,6	29,7	24,4	26,2	27,3	31,1	24,1	26,4	25,8	28,2	25,2	25,1	25,7	27,1				
CSF	ml	746	732	394		731	670	395		747	734	644		750	754	687		741	743	729					
MAP-Q Fiber length	mm	2,1	1,8	1,2		1,5	1,5	1,9		2,2	1,9	1,6		2,1	2,1	1,5		2,1	2,3	1,8					
MAP-Q Fiber width	µm	37,3	36,4	33,2		33,6	33,1	35,3		37,8	36,8	35,4		37,3	37,8	36		37,2	38,5	36,3					
MAP-Q Curt	%	5,2	4,9	4,7		4,5	4,9	4,9		4,5	4,6	4,4		4,9	4,9	4,8		5,1	4,8	4,7					
MAP-Q shives	%	8,9	2,2	0,59		10,2	1,8	0,34		6,5	1,2	0,44		10,8	4,5	0,92		11,5	5,1	1,06					
Fines A	%	37,0	38,4	43,5		52,8	53,4	36,6		34,0	35,3	39,7		32,7	31,9	38,3		34,6	25,8	35,9					
Fines B	%	7,0	12,2	26		21,3	30,1	33,8		6,4	10,4	18,3		5,0	6,2	14,6		4,3	4,6	11,1					

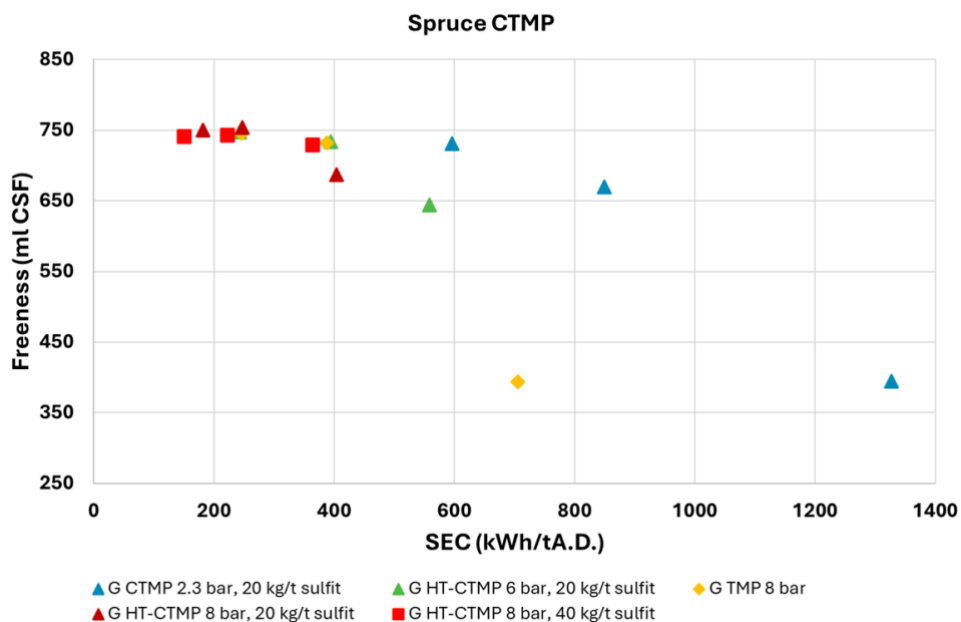
21

Delresultat från Pilotförsök vid Valmet FTC, Sundsvall



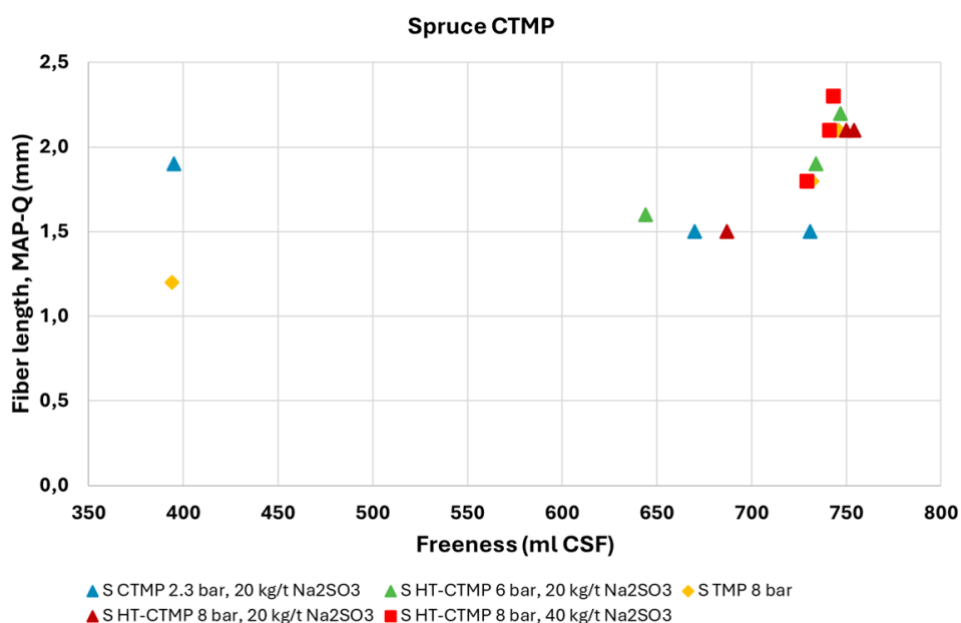
Tabell 1. Beskrivning av processbetingelser och massadata för gran-CTMP- och HTCTMP-försök utförda vid Valmets pilotanläggning i Sundsvall.

Primärstegsmassor tillverkade vid HT-betingelser (6 - 8 bar) har som väntat hög CSF dvs över 650 ml utom en HTCTMP (8 bar) där inte sulfid användes. CTMP (2,3 bar) förbrukar mer energi och går att raffinera till lägre CSF.



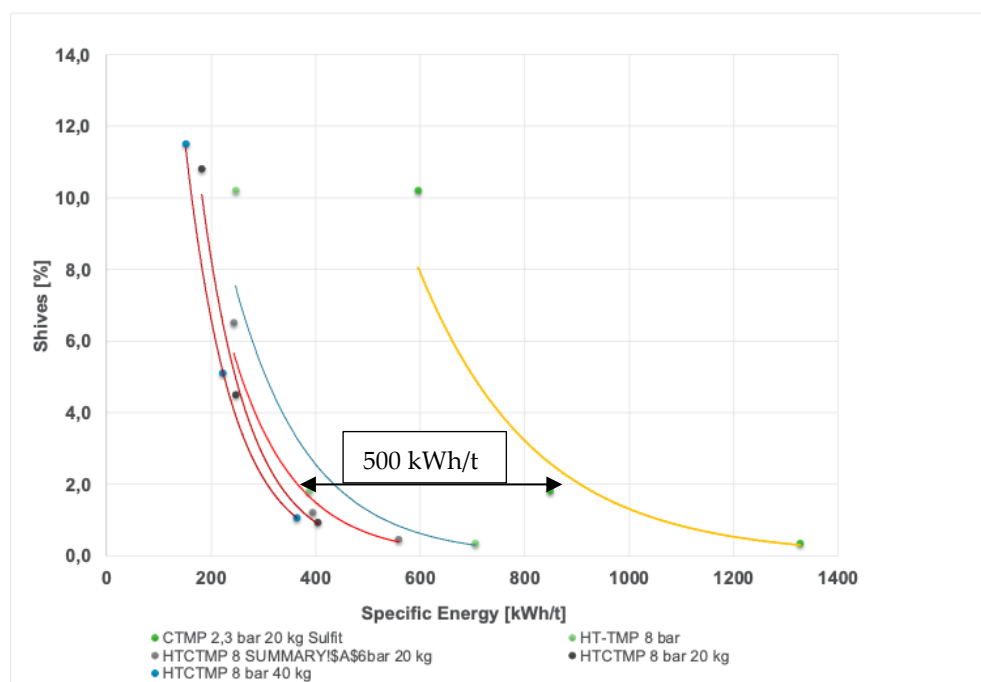
Figur 3. Freeness som funktion av specifik energiförbrukning för pilotförsök med referens gran-CTMP 2,3 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 6 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 8 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 8 bar 44 kg/t natriumsulfit och gran-HTTMP 8 bar.

Medelfiberlängd är genomgående hög för HTCTMP med en antydning till ökning med ökande tryck och sulfitdosering, se figur 4.



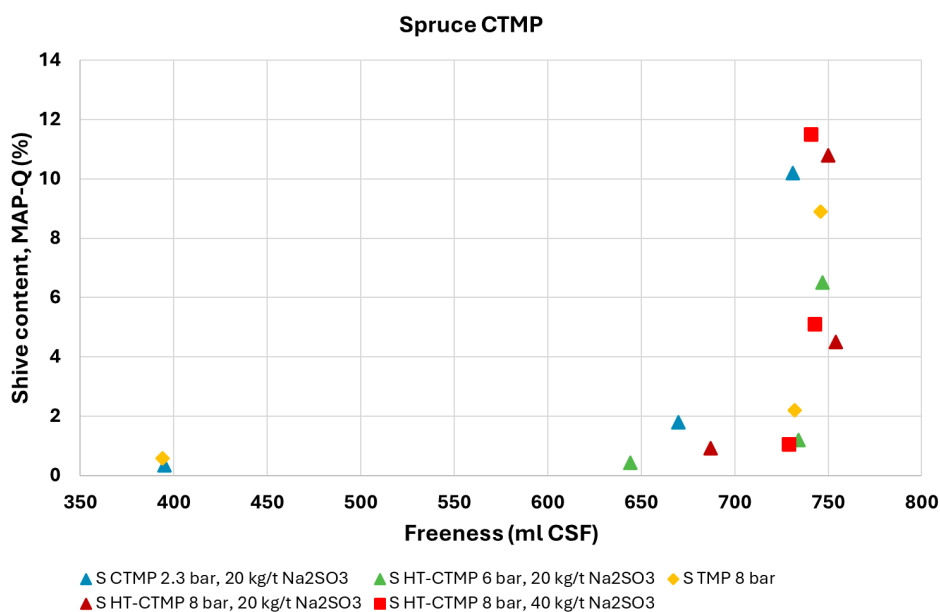
Figur 4. Medelfiberlängd enligt MAP-Q, mm, som funktion av Freeness, ml CSF för för pilotförsök med referens-gran-CTMP 2,3 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 6 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 8 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 8 bar 44 kg/t natriumsulfit och gran-HTTMP 8 bar.

Användningen av CTMP i mittskiktsparkong, ska ge ett mittskikt med hög bulk i kartongen för att kartongen ska erhålla hög böjstyvhet vid så låg materialförbrukning som möjligt. Dock ställer användningen ett visst krav på spethalt, icke frilagda fibrer. Därför fanns spethalt som ett randvillkor för vad som är en användbar CTMP. Liksom i tidigare studier kan man här se att en gran-HTCTMP förbrukar avsevärt mindre energi för en viss spetreduktion än en konventionell gran-CTMP. Det rör sig här om ca 500 kWh/adt mindre vid spethalten 2% än för en HTCTMP tillverkad vid 8 bars tryck. Intressant är också att även en högtemperaturmassa utan sulfit, HTTMP, förbrukar väsentligt mindre energi till viss spethalt än en konventionell CTMP, se figur 5.



Figur 5. Spethalt enligt MAP-Q, %, som funktion av specifik energiförbrukning, kWh/t för pilotförsök med referensgran-CTMP 2,3 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 6 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 8 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 8 bar 44 kg/t natriumsulfit och gran-HTTMP 8 bar.

Motsvarande samband för spethalt som funktion av freeness visar att om man behöver tillverka en massa med mycket högt freeness >700 ml och samtidigt har en spethaltsnivå kring 2% så krävs ett tryck på åtminstone 6 bar.



Figur 6. Spethalt enligt MAP-Q, %, som funktion av freeness, ml CSF för för pilotförsök med referensgran-CTMP 2,3 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 6 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 8 bar 20 kg/t natriumsulfit, gran-HTCTMP 8 bar 44 kg/t natriumsulfit och gran-HTCTMP 8 bar.

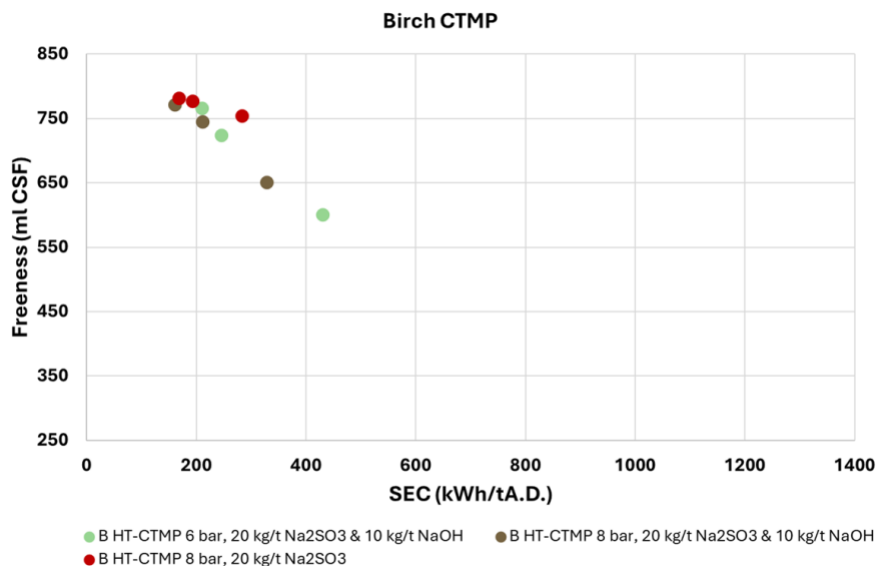
#### 2.4.3 Resultat från försök med björk-HTCTMP

Pilotförsök utfördes med björk-HTCTMP med 1 sulfidoseringsnivå, 23–24 kg/t Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, 2 lutfoseringsnivåer, 0 och 12 kg/t NaOH samt två tryck-nivåer 6 och 8 bar, se tabell 2.

		Försök B1				Försök B2				Försök B3			
Råmaterial (gran/björk)		0/100				0/100				0/100			
<b>Flisförbehandling och impregnering</b>		<b>600-series</b>				<b>700-series</b>				<b>800-series</b>			
Flisbasning temperatur / tid	°C	≥ 90 / ≥ 15				≥ 90 / ≥ 15				≥ 90 / ≥ 15			
Natriumsulfit, Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	kg/bdmt	24				23				23			
Natriumhydroxid, NaOH	kg/bdmt	12				12				0			
DTPA	kg/bdmt	2				2				2			
Förvärmartryck	bar <sub>g</sub> (°C)	6,0 (165)				8,0 (175)				8,0 (175)			
Uppehållstid i förvärmare	min	1-2				1-2				1-2			
<b>1<sup>st</sup> steg raffinering (ROP 20) – 5811</b>													
Huströck i raffinör (-)	bar <sub>g</sub>	6,1				8,1				8,1			
Malspalt (-)	mm	0,20	0,15	0,10	0,05	0,20	0,15	0,10	0,05	0,20	0,15	0,10	0,05
Energiinsats	kWh/bdmt	165	211	246	431	143	161	211	328	137	169	194	284
<b>Test resultat</b>													
Pulp consistency	%	27,6	27,1	28,1	30,2	27,3	27,6	27,6	29,8	28,4	27,7	27,4	29,6
CSF	ml	766	724	600		771	745	651		781	777	754	
MAP-Q Fiber length	mm	1,0	1,0	0,9		1,1	1,0	0,9		1,1	1,1	1,0	
MAP-Q Fiber width	µm	26,3	25,2	24,5		26,4	25,4	24,9		27,1	25,9	24,9	
MAP-Q Curl	%	2,6	2,4	2,5		2,8	2,8	2,9		2,8	2,6	2,5	
MAP-Q shives	%	5,3	1,5	0,38		6,3	3,0	0,64		8,6	4,5	1,4	
Fines A	%	27,5	27,5	31,2		26,8	26,5	31		25,8	26,1	26,5	
Fines B	%	0,3	0,4	1,2		0,2	0,3	1,0		0,3	0,2	0,5	

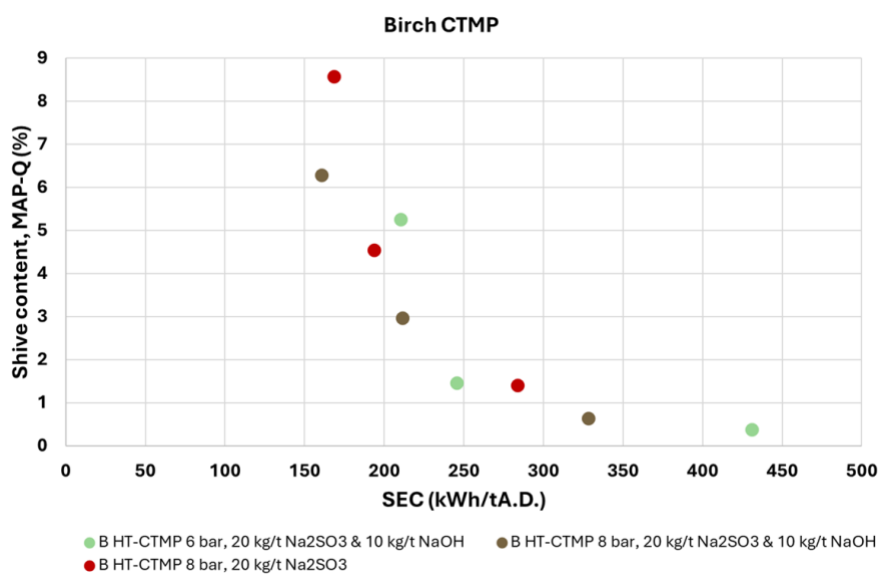
Tabell 2. Beskrivning av processbetingelser och massadata för björk-HTCTMP-försök utförda vid Valmets pilotanläggning i Sundsvall.

Björk-HTCTMP får som väntat pga kortare medelfiberlängd något lägre CSF än motsvarande gran-HTCTMP, se figur 7.



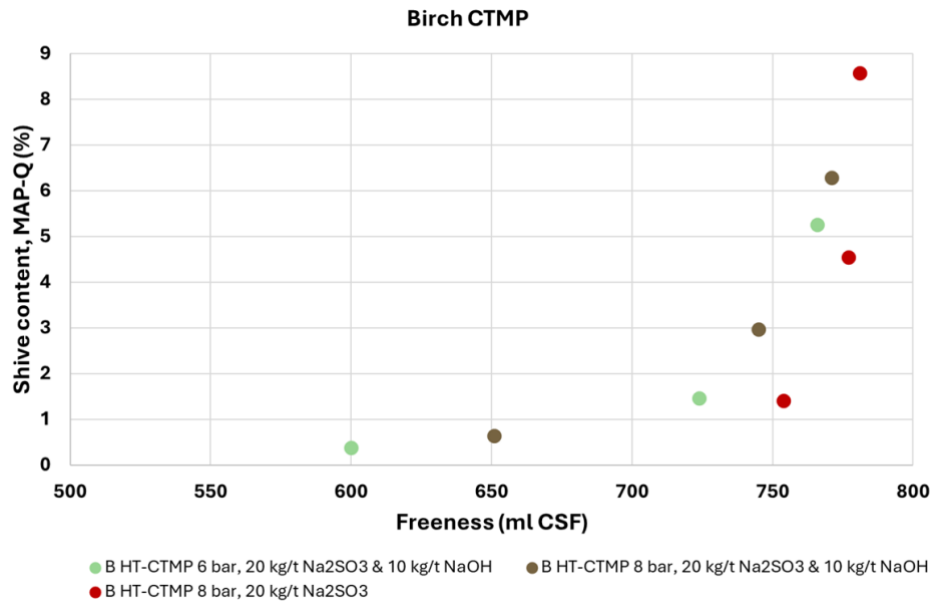
Figur 7. Freeness som funktion av specifik energiförbrukning för pilotförsök med björk-HTCTMP 6 bar 23 kg/t natriumsulfit 12 kg/t natriumhydroxid, björk-HTCTMP 8 bar 23 kg/t natriumsulfit 12 kg/t natriumhydroxid och gran-HTCTMP 8 bar 23 kg/natriumsulfit.

På samma sätt som för gran-HTCTMP är det även här viktigt att spethalt vid viss specifik energi blir låg. Här kan man här se att en björk-HTCTMP förbrukar mindre energi för en viss spetreduktion till och med jämfört med gran-HTCTMP. Det rör sig här om under 250 kWh/adt för att nå under 2% spet enligt MAP-Q, se figur 8.



Figur 8. Spethalt enligt MAP-Q, %, som funktion av specific energiförbrukning, kWh/t för pilotförsök med björk-HTCTMP 6 bar 23 kg/t natriumsulfit 12 kg/t natriumhydroxid, björk-HTCTMP 8 bar 23 kg/t natriumsulfit 12 kg/t natriumhydroxid och gran-HTCTMP 8 bar 23 kg/natriumsulfit.

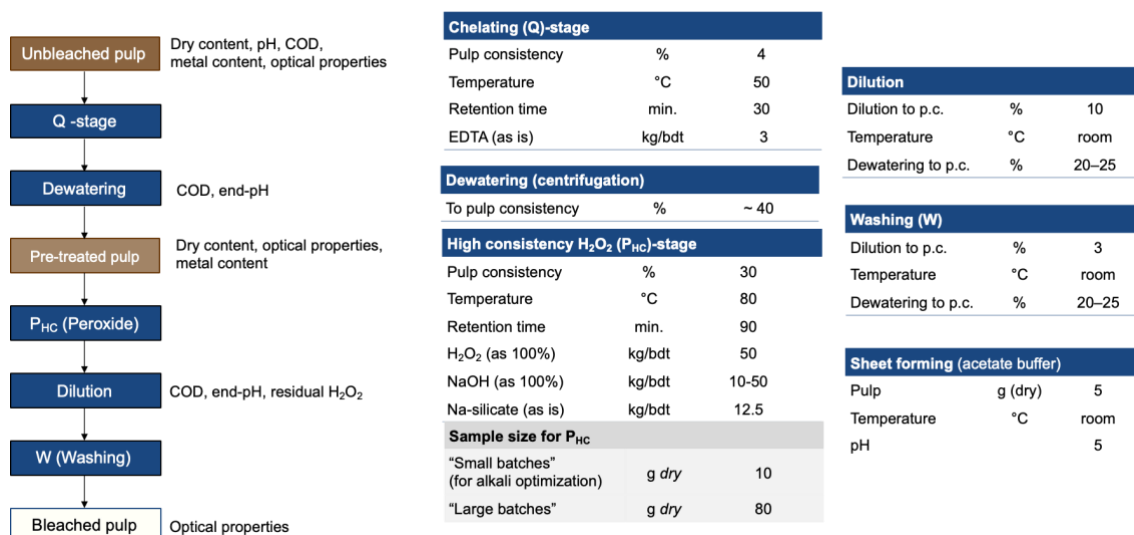
Motsvarande samband för spethalt som funktion av freeness visar intressant nog att björk-HTCTMP med enbart sulfid dosering ger något högre freeness vid viss spethaltsnivå, se figur 9.



Figur 9. Spethalt enligt MAP-Q, %, som funktion av freeness, ml CSF för pilotförsök med björk-HTCTMP 6 bar 23 kg/t natriumsulfit 12 kg/t natriumhydroxid, björk-HTCTMP 8 bar 23 kg/t natriumsulfit 12 kg/t natriumhydroxid och gran-HTCTMP 8 bar 23 kg/natriumsulfit.

### 3 Blekningsförsök vid Nouryon – alkali-optimering och massor för styrkeprovning

I tabell 3 nedan framgår en beskrivning av den blekningsmetodik som Nouryon använde. Här framgår vilka betingelser som används vid komplexbildar-behandling före själva väteperoxidblekningen ( $P_{HC}$ ) för att minska halten metaller som orsakar peroxidsönderfall (mangan, järn, koppar) samt peroxidbleknings-betingelserna. För att studera massans styrkeutveckling studerades alkali-nivåerna; 10, 20, 30, 40 och 50 kg/t vid peroxidsatsningen 50 kg/t och massa-koncentrationen 30%.



Tabell 3. Beskrivning av Nouryons av använda peroxidblekningsbetingelser.

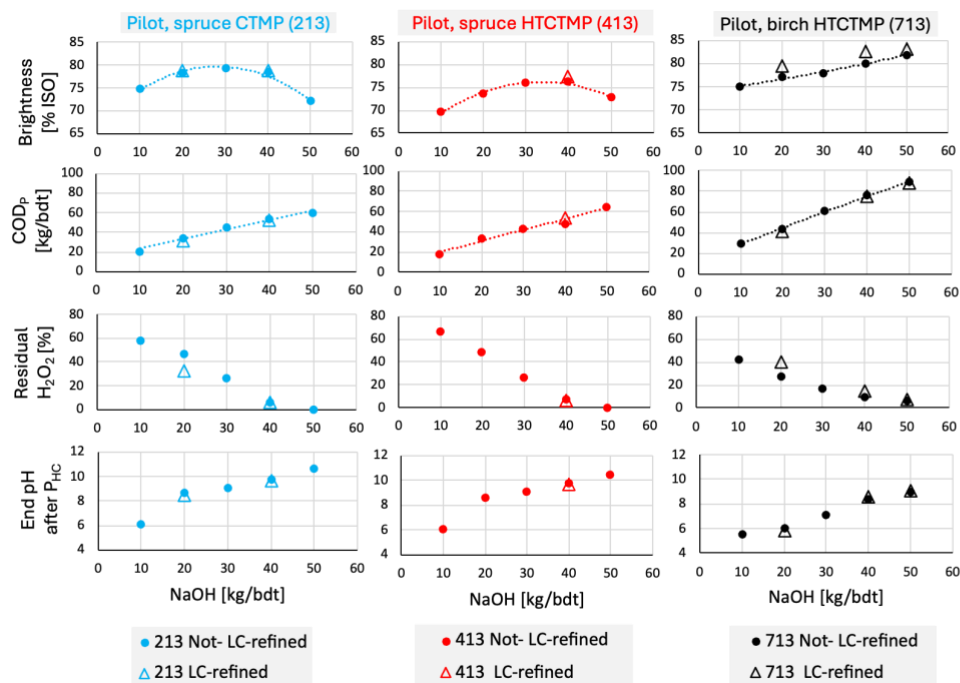
Nouryons mätningar av metallhalter i gran-CTMP, gran-HTCTMP och björk-HTCTMP redovisas i tabell 4 nedan. Komplexbildare, 2 kg/t DTPA, användes tillsammans med impregneringskemikalierna. Efter komplexbildarsteget var manganhalten låg för samtliga massor, vilket är viktigt för att erhålla en god blekningseffektivitet. En intressant detalj här är att svavelhalten minskar från 1700 mg/kg (53  $\mu\text{m/g}$ ) till 1300 mg/kg (41  $\mu\text{m/g}$ ) för gran-HTCTMP och från 1200 mg/kg (38  $\mu\text{m/g}$ ) till 630 mg/kg (20  $\mu\text{m/g}$ ) för björk-HTCTMP. Efter Q-steget kan

kvarvarande svavel betraktas som till lignin bundet i form av sulfonat, vilket är i överensstämmelse med tidigare forskning (Vesterlind et al, Engstrand et al).

Pulp		Analyzed metals [mg/kg]												
		Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si
213 (Pilot-CTMP- spruce)	Initial	5.6	11	800	0.6	1.1	15	100	90	43	2100	10	1900	18
	After Q-stage	6.8	11	720	0.8	0.4	16	60	90	2.8	1400	<10	1300	14
413 (Pilot-HTCTMP- spruce)	Initial	3.4	10	780	0.5	0.6	6.9	80	90	39	2000	<10	1700	11
	After Q-stage	3.7	10	690	0.4	0.2	6.7	50	90	1.8	1400	<10	1200	5.2
713 (Pilot-HTCTMP- birch)	Initial	6	7.4	810	1.3	0.8	18	90	100	11	2400	30	1200	17
	After Q-stage	5.7	6.6	660	1.1	0.5	15	50	90	1.5	1500	20	630	10.9

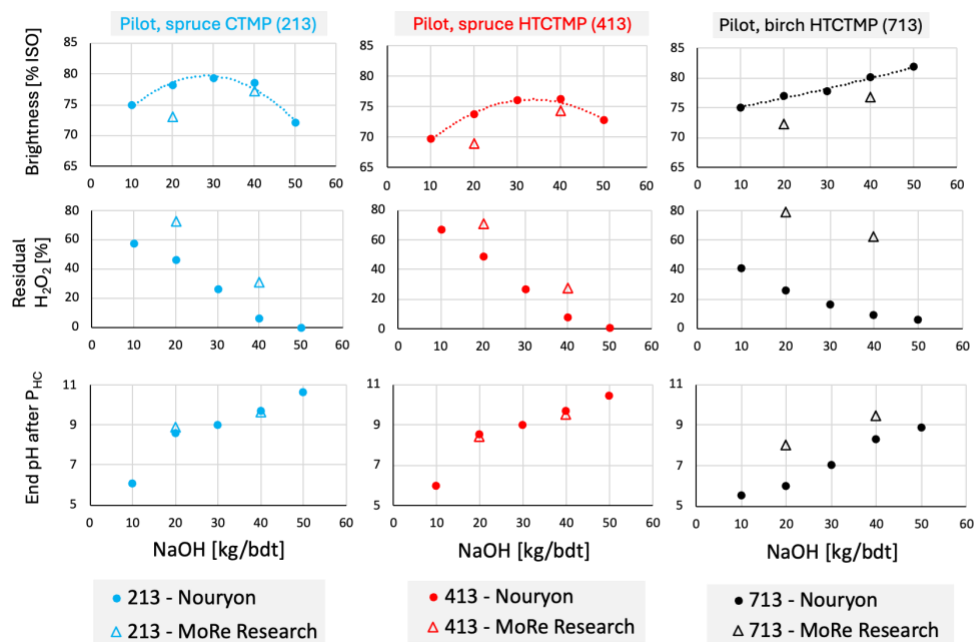
Tabell 4. Sammanställning av uppmätta metallhalter före och efter komplexbildarbehandling (Q-steg) för gran-CTMP, gran-HTCTMP och björk-HTCTMP.

Ur peroxidblekningsförsöken framgår att gran-CTMP får högre ljushet än gran-HTCTMP utom vid hög dosering av NaOH. Den högre temperaturen som används i HTCTMP-processen leder till snabbare mörkfärgning av ligninet. Vid högt initial-pH i peroxidblekningen kan man i viss mån kompensera för detta. Björk-HTCTMP är som förväntat mer lättblekt än motsvarande gran-HTCTMP, se figur 10. Här framgår också att LC-raffineringen i sig kan ökar ljusheten och att man får något lägre COD. Dvs LC-raffinering har en tvätteffekt och man har också ett visst bidrag till ljushet genom att raffineringen ökar ljusspridningskoefficienten.



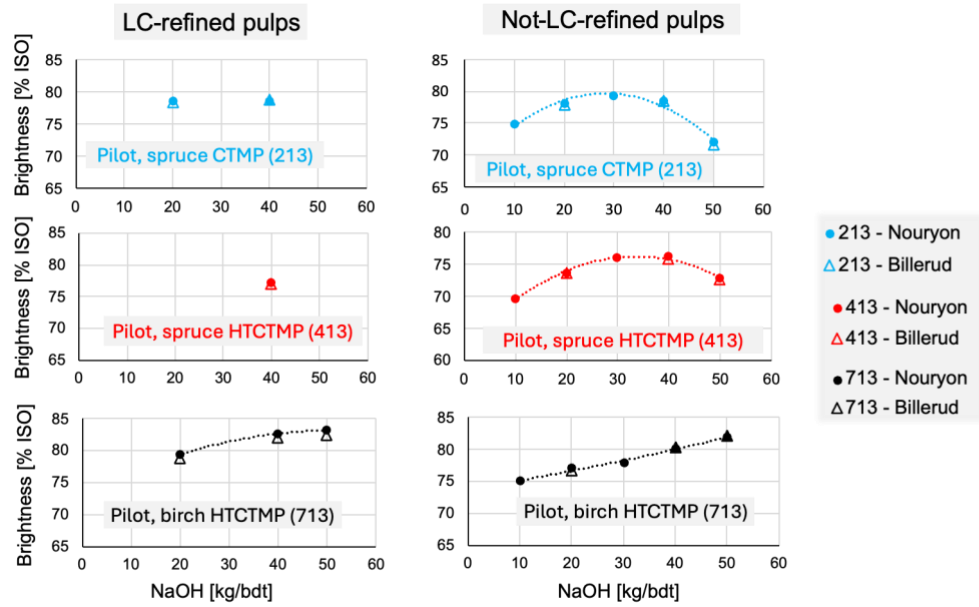
Figur 10. Ljushet, restperoxid, COD och slut-pH som funktion av tillsatt natriumhydroxid för referens gran-CTMP (213), gran-HTCTMP (413) och björk-HTCTMP (713).

Jämförelser mellan blekningsdata mellan blekningar i stor lab skala vid RISE MoRe Research och Nouryon visar att ljusheten vid RISE blev något lägre och vi kunde även konstatera peroxidförbrukningen blev lägre. Dvs troligen är väteperoxid-förbrukning till viss ljushet likartad, se figur 11. Skillnad i provskala, betingelser i komplexbildarsteget (pH), inmixning av blekkemikalier (mixerutrustning, ordningen blekkemikalierna doserades) samt betingelser i bleksteget (massakoncentration) är troliga orsaker till de observerade skillnaderna.



Figur 11. Ljushet som funktion av alkalidosering kg/t för pilotmassorna gran-CTMP (213), gran-HTCTMP (413) och björk-HTCTMP (713). Blekning och analyser utförda vid Nouryons respektive RISE MoRe Research lab.

Mätdata från Billeruds lab i Karlsborg på massor blekta vid Nouryons lab visar nära nog exakt samma ljushet som Nouryons mätningar, se figur 12.



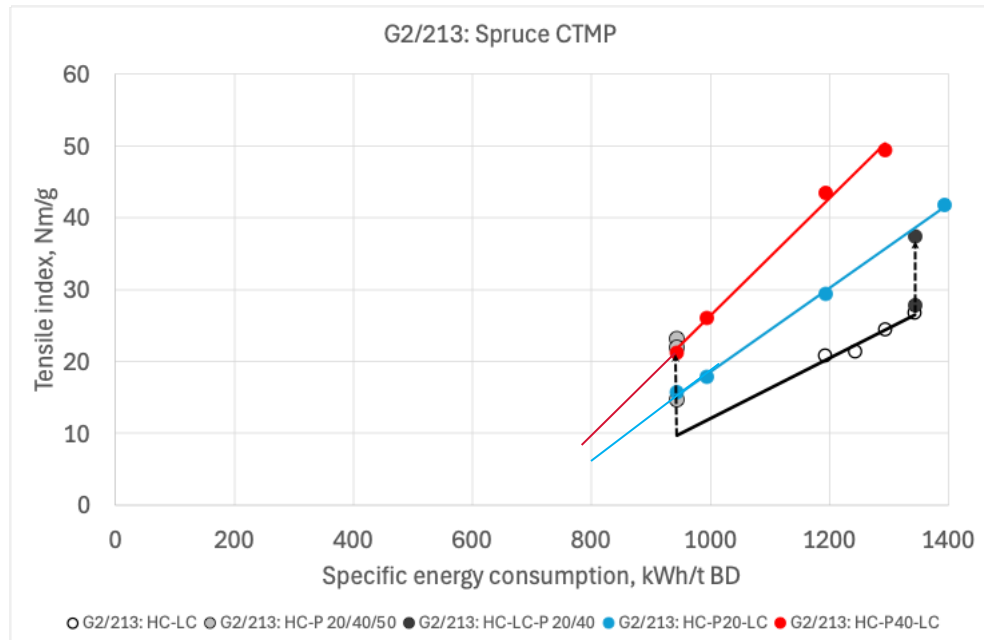
Figur 13. Ljushet som funktion av alkalidosering kg/t för pilotmassorna gran-CTMP (213), gran-HTCTMP (413) och björk-HTCTMP (713). Mätningar utförda vid Nouryons respektive Billerud Karlsborgs lab.

## 4 Försök med lågkoncraffineringar och labarkningar av peroxidblekta och oblekta CTMP och HTCTMP baserade på gran och björkflis

Vid Billeruds laboratorium vid Karlsborgsfabriken genomfördes malningsförsök med CTMP och HTCTMP vilka peroxidblekts vid RISE MoRe Research med 50 kg/t peroxid och 20 respektive 40 kg/t natriumhydroxid. HC-raffinerade massor och HC-LC-raffinerade massor peroxidblektes också vid Nouryon före arkning och provning vid Karlsborg.

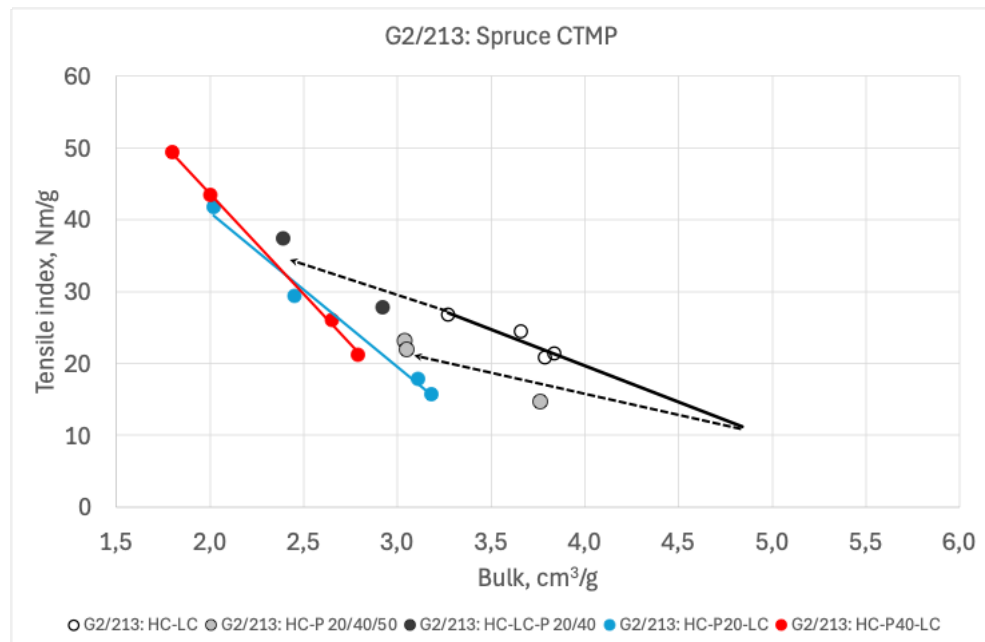
Peroxidblekningarna utfördes vid samma betingelser, dvs 50 kg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> med 20 respektive 40 kg/t NaOH av Nouryon på HC-raffinerad massa och på LC-raffinerad oblekt massa samt av RISE MoRe på HC-raffinerad massa före LC-raffinering.

Konventionell gran-CTMP's dragindex ökar till 14 kNm/kg respektive 21 kNm/kg. LC-raffinerad massas dragindex ökar från 27 till 28 respektive 37 kNm/kg, se figur 13. Lutningen på drag-energikurvan ökar vid peroxidblekning och ökad alkalinitet så att energiförbrukningen för att öka dragindex-enhet är 24 kWh/t för oblekt till 17 kWh/t för peroxidblekt med 20 kg/t NaOH och 12 kWh/t för peroxidblekt med 40 kg/t NaOH.



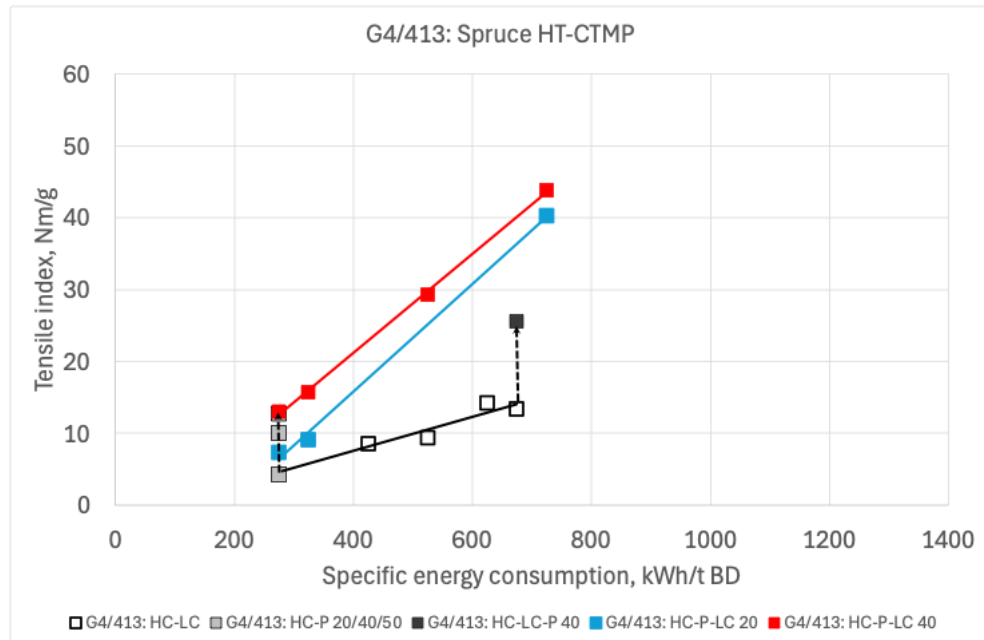
Figur 13. Dragindex som funktion av specifik elenergiförbrukning vid flisraffinering och LC-raffinering för referensmassa gran-CTMP (213). HC-LC är oblekt, HC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-LC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH efter LC-raffinering, HC-P20-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-P40-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 40 kg/t NaOH före LC-raffinering. (Trendlinjernas lutning 0,042 för HC-LC, 0,058 för HC-P20-LC och 0,082 för HC-P40-LC, extrapolering för att jämföra vid dragindex ca 10 kNm/kg).

Ur perspektivet bulk vid visst dragindex tycks peroxidblekning före LC-raffinering vara något sämre, se figur 14.



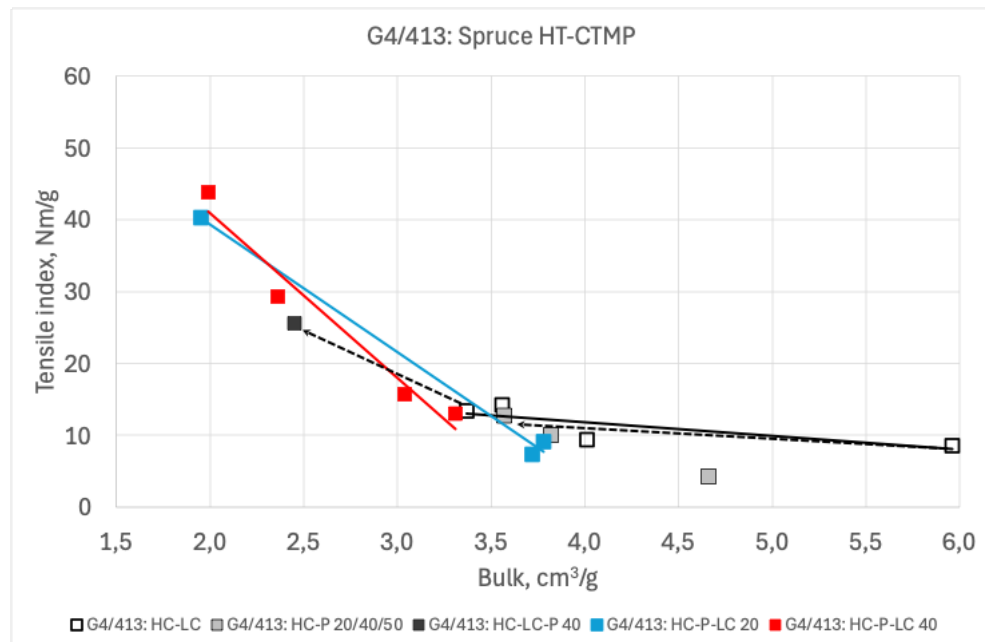
Figur 14. Dragindex som funktion av bulk vid flisraffinering och LC-raffinering för referensmassa gran-CTMP (213). HC-LC är oblekt, HC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-LC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH efter LC-raffinering, HC-P20-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-P40-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 kg/t NaOH före LC-raffinering.

Gran-HTCTMP's dragindex ökar till 7 kNm/kg respektive 13 kNm/kg. LC-raffinerad massas dragindex ökar från 13 till 26 kNm/kg, se figur 15. Lutningen på drag-energi kurvan ökar vid peroxidblekning, men här ser vi inte att ökad NaOH från 20 till 40 kg/t har någon inverkan. Energiförbrukningen för att öka dragindex-enhet är här 42 kWh/t för oblekt gran-HTCTMP, 13 kWh/t för peroxidblekt med 20 kg/t NaOH och 14 kWh/t för peroxidblekt med 40 kg/t NaOH.



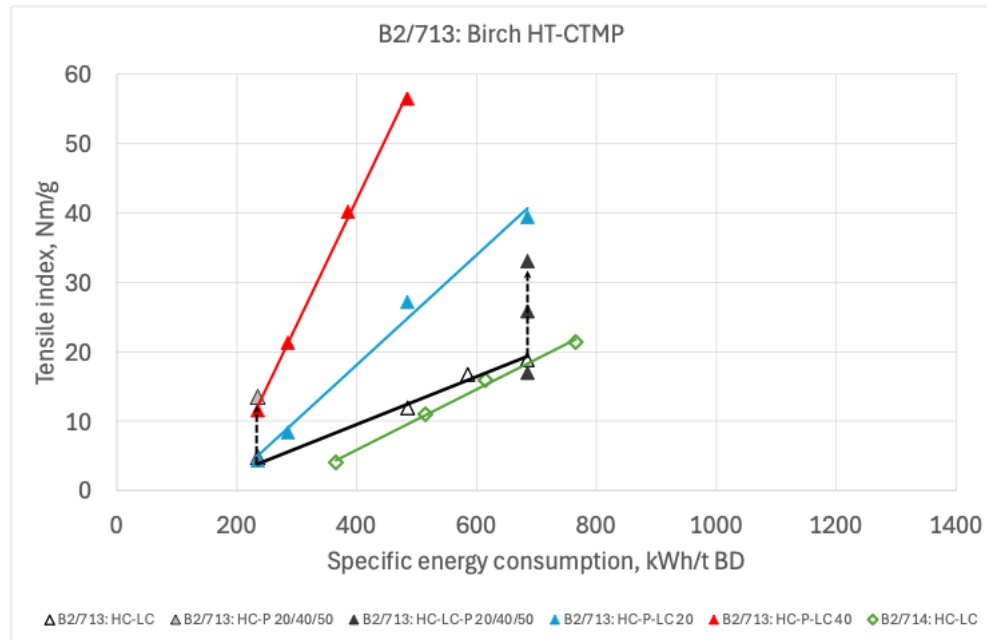
Figur 15. Dragindex som funktion av specifik elenergiförbrukning vid flisraffinering och LC-raffinering för referensmassa gran-HTCTMP (413). HC-LC är oblekt, HC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-LC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH efter LC-raffinering, HC-P20-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-P40-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 kg/t NaOH före LC-raffinering. (Trendlinjernas lutning 0,024 för HC-LC, 0,075 för HC-P20-LC och 0,069 för HC-P40-LC).

Bulk vid visst dragindex tycks peroxidblekning före LC-raffinering inte ha någon markant inverkan på sambandet, se figur 16. Jämfört med konventionell gran-CTMP kan man här erhålla tillräckligt ljusa massor som ligger i det för kartongmittskikt intressanta området dragindex >10 kNm/kg och bulk >3,5 cm<sup>3</sup>/g. Man når vid dessa egenskaper en energiförbrukning på ca 350 kWh/t totalt HC och LC-raffinering, se figur 15 medan man för konventionell gran-CTMP behöver ca 800 kWh/t för att nå likartade egenskaper, se figur 13.



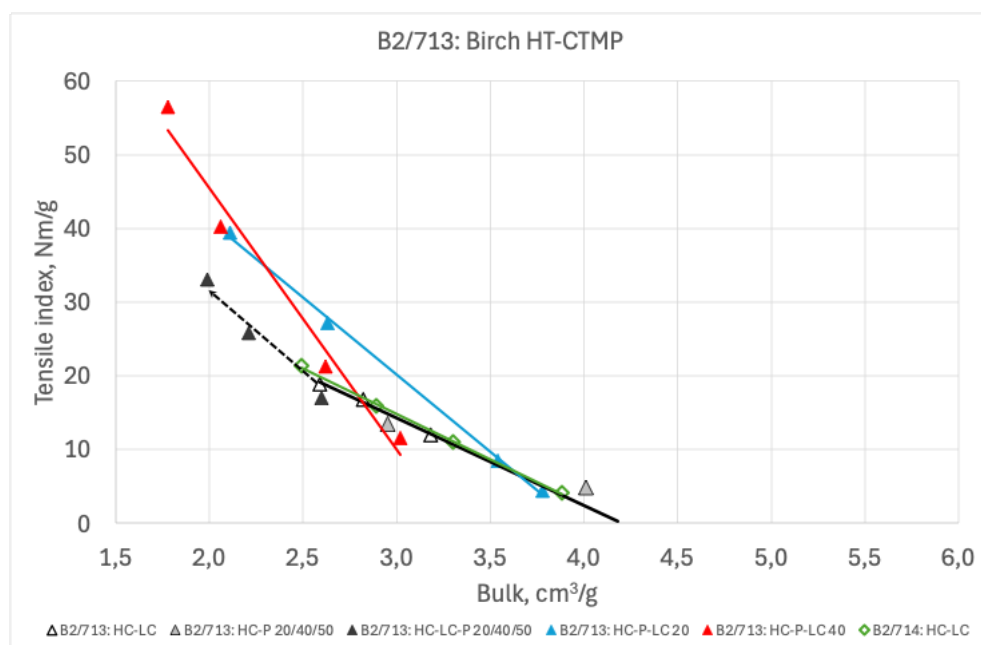
Figur 16. Dragindex som funktion av bulk vid flisraffinering och LC-raffinering för referensmassa gran-HTCTMP (413). HC-LC är oblekt, HC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-LC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH efter LC-raffinering, HC-P20-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-P40-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 kg/t NaOH före LC-raffinering.

Björk-HTCTMP's dragindex ökar från 5 till 14 kNm/kg vid peroxidblekning och LC-raffinerad massas dragindex ökar från 17 till 33 kNm/kg, se figur 17. Lutningen på drag-energikurvan ökar mycket mer markant vid peroxidblekning av björkbaserad HTCTMP än motsvarande granbaserade massa. Energiförbrukningen för att öka dragindex en enhet är här 29 kWh/t för oblekt björk-HTCTMP, 13 kWh/t för peroxidblekt med 20 kg/t NaOH och endast 6 kWh/t för massa peroxidblekt vid 40 kg/t NaOH-dosering.



Figur 17. Dragindex som funktion av specifik elenergiförbrukning vid flisraffinering och LC-raffinering för referensmassa björk-HTCTMP (713 och 714). HC-LC är oblekt, HC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-LC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH efter LC-raffinering, HC-P20-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-P40-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 kg/t NaOH före LC-raffinering. (Trendlinjernas lutning 0,0345 respektive 0,0435 för HC-LC, 0,0792 för HC-P20-LC och 0,180 för HC-P40-LC).

Resultaten tyder på att en björk-HTCTMP peroxidblekt vid 20 kg/t NaOH-dosering ger en massa nära det för kartongmittskikt intressanta området dragindex >10 kNm/kg och bulk >3,5 cm<sup>3</sup>/g, se figur 18. Man når dessa egenskaper en energi-förbrukning av endast ca 300 kWh/t totalt HC och LC-raffinering, se figur 16 dvs ungefär som eller något mindre än för motsvarande gran-HTCTMP.



Figur 18. Dragindex som funktion av bulk vid flisraffinering och LC-raffinering för referensmassa björk-HTCTMP (713 och 714). HC-LC är oblekt, HC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-LC-P är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 respektive 40 kg/t NaOH efter LC-raffinering, HC-P20-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> och 20 kg/t NaOH före LC-raffinering, HC-P40-LC är peroxidblekt med 50 kg/t H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 kg/t NaOH före LC-raffinering.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att utvecklingen av dragindex som funktion av specifik energiförbrukning vid LC-raffinering förbättras vid ökad lutdosering från 20 till 40 kg/t vid blekning med 50 kg/t väteperoxid. Dvs här förbrukas 20 respektive 12 kWh/t per ökad enhet i dragindex.

En intressant iakttagelse från projektet är att det går att tillverka en högblekt björkmasa med dragindex 56 kNm/kg men den totala energiförbrukningen under 500 kWh/t, dvs 211 kWh/t i HC och 250 kWh/t i LC. Tidigare data som tagits fram tyder på att energieffektiviteten normalt är 20–25 kWh per dragindexenhet, kNm/kg, vilket är normalt vid LC-raffinering av TMP och CTMP. Detta stämmer också med tidigare data för Rockhammars CTMP rapporterade (Berg et al 2021). Dessa resultat härrör från det KKS-finansierade Synergiprojektet medfinansierat av; Billerud, Valmet och PulpEye 2016–2021.

Härutöver har tidigare resultat från 2022 från ett av Billerud helfinansierat projektet vid MIUN visat att man kan komma ner i ca 7 kWh per dragindexenhet om väteperoxid-blekning utförs före LC-raffineringen.

Vid jämförelser mellan energieffektiviteten hos lågkoncentrationsraffinering av oblekt gran-CTMP, gran-HTCTMP och björk-HTCTMP med motsvarande raffinering av peroxidblekta massor kan man konstatera att LC-raffinering efter peroxidblekning generellt är avsevärt effektivare för en viss styrkeökning. Även om peroxidblekning även efter raffinering också ökar styrkan i rena system så kan man inte uppnå samma styrkenivå som om man först peroxidbleker massan. Som tidigare nämnts är också lutdoseringsnivån vid peroxidblekningen väsentlig. Även om lutdosering i sig också ökar styrkenivån är det troligen så att lutdosering i samband med peroxidblekning generellt är effektivare.

Ett viktigt konstaterande är att styrke-bulk-sambandet kvarstår så att en viss ökning i dragindex motsvaras av en viss minskning i bulk (ökning i densitet).

Man kan konstatera att om en ljus CTMP/HTCTMP med bulk >3,5 cm<sup>3</sup>/g och dragindex 10 kNm/kg är lämplig för mittskikt i kartong så kan denna tillverkas med kombinationen HTCTMP följt av peroxidblekning och LC-raffinering med en energiförbrukning som är mer än 30% lägre jämfört med ett konventionellt system med CTMP följt av LC-raffinering och peroxidblekning. Vid jämförelse av pilotdata går vi från ca 800 kWh/t till ca 350 kWh/t.

## 5 Slutsatser, måluppfyllelse och rekommendationer till fortsatt forskning och utveckling

I ansökan till Energiforsk hade följande formuleringar:

Det finns god potential att genom optimerad väteperoxidblekning följt av optimerad lågkoncentrationsraffinering uppnå en kombination av egenskaper som gör massan användbar i till exempel kartong vid en total energiförbrukning som är betydligt lägre än vad som är vanligt idag, dvs att man går från dagens miniminivå på ca 600 kWh/t till ca 400 kWh/t. Mål på 30% reduktion jämfört med dagens BAT bör vara möjligt att uppnå. Inom projektperioden bedömer vi det möjligt att validera tidigare studier först i lab- och pilotskala.

De resultat vi har hittills visar bland annat följande för en peroxidblekt och LC-raffinerad CTMP respektive HTCTMP vid målsättningen bulk >3,5 cm<sup>3</sup>/g och dragindex >10 kNm/kg:

- Referensmassa gran-CTMP förbrukade ca 800 kWh/t
- Gran HTCTMP förbrukade ca 350 kWh/t
- Björk-HTCTMP förbrukade ca 300 kWh/t

Det tycks alltså finnas en potential att tillverka för kartongmittskikt intressant peroxidblekt HTCTMP vid 300–350 kWh/t.

Detta förutsätter då att kombinationen 70–75%ISO-ljushet, bulk ca 3,5 cm<sup>3</sup>/g och dragindex ca 10 kNm/kg duger (enligt Scan-arkning). Ljushet går relativt enkelt att justera upp en del med konventionell optimering. Det betyder att man kan dra slutsatsen att det går att halvera elenergiförbrukningen till ungefär samma egenskaper. Även om forskningsprojekts mål är uppnått kvarstår omfattande optimeringsarbeten och givetvis uppskalning till fullskala. Härutöver finns ju en potential att tillverka väldigt stark CTMP/HTCTMP med högalkalisk peroxidblekning och LC-raffinering då det finns massor med dragindex i området 40–60 kNm/kg men då givetvis med låg bulk kring 2 cm<sup>3</sup>/g. Detta är alltså inte massor lämpliga för mittskikt men skulle kunna tänkas användas där man har höga styrkekrav som i kartongens ytskikt alternativt som någon form av klistermassa.

## 6 Referenslista

Andersson, S., Sandberg, C., & Engstrand, P. (2012). Effect of long fibre concentration on low consistency refining of mechanical pulp. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 27(4), 702-706.

Berg, J., Persson, E., Hellstadius, B., Edlund, H., Granfeldt, T., Lundfors, M. & Engstrand, P. (2022). Refining gentleness – a key to bulky CTMP. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 37(2), 349-355. <https://doi.org/10.1515/npprj-2021-0060> <https://doi.org/10.1515/npprj-2021-0060>.

Engstrand, P., Sjögren, B., Ölander, K., & Htun, M. (1991, April). The significance of carboxylic groups for the physical properties of mechanical pulp fibers. In *Appita 6th international symposium on wood & pulping chemistry proceedings, Melbourne (Vol. 1, pp. 75-79)*.

Engstrand, P., Ottestam, C., Salmen, L., Pettersson, R., Sjögren, B., & Htun, M. (1991). The relationship between ionizable groups and swelling potential of wood fibers. *STFI-Meddelande. Serie A (Sweden)*, (989).

Engstrand, P. and L.-Å. Hammar (1991): The kinetics of sulphonation and chromophore elimination in birch wood during sulphite treatment, *Pulp and Paper Manufacture – European Seminar, Grenoble, France*, 25-31

Moldenius Steve, *Some aspects of hydrogen peroxide bleaching mechanical pulps. PhD Theses, Royal University of Technology* 1983

Pettersson, Gunilla, Norgren, Sven, Engstrand, Per, Rundlöf, Mats and Höglund, Hans. "Aspects on bond strength in sheet structures from TMP and CTMP – a review" *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, vol. 36, no. 2, 2021, pp. 177-213. <https://doi.org/10.1515/npprj-2021-0009>

Vesterlind, Eva-Lotta and Höglund, Hans. "Chemitermomechanical pulp made from birch at high temperature" *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, vol. 21, no. 2, 2006, pp. 216-221. <https://doi.org/10.3183/npprj-2006-21-02-p216-221>

Zhang 1, Y., Sjögren, B., Engstrand 2, P., & Htun, M. (1994). Determination of Charged Groups in Mechanical Pulp Fibres and Their Influence on Pulp Properties. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 14(1), 83–102. <https://doi.org/10.1080/02773819408003087>

# ENERGIEFFEKTIV RAFFINERING GENOM SAMOPTIMERING AV FIBERKEMI OCH RAFFINERINGSBETINGELSER

Det finns stor potential att minska elenergiförbrukningen vid massatillverkning, samtidigt som man får fram massor som lämpar sig väl för starka produkter, som kartong. Genom att kombinera en smartare väteperoxidblekning med en optimerad lågkoncentrationsraffinering kan bruken nå betydligt lägre energianvändning än vad som är vanligt i dag.

Det finns god potential att genom samoptimering av peroxidblekning och lågkoncentrationsraffinering uppnå en kombination av egenskaper som gör massan användbar i till exempel kartong vid en total energiförbrukning som är betydligt lägre än vad som är vanligt idag, dvs att man går från dagens miniminivå på ca 600 kWh/t till ca 400 kWh/t. Resultaten visar att målet att nå 30% reduktion jämfört med dagens bästa tillämpade teknik var möjlig att uppnå i lab- och pilotskala.

Vad gäller elenergiförbrukning vid tillverkning av high temperature chemithermomechanical pulp (HTCTMP) konstaterades att såväl gran- som björk-baserade massor går att tillverka med mindre än 250 kWh/t energiförbrukning i flisraffinör och att man efter väteperoxidblekning och med mindre än 150 kWh/t energiförbrukning vid lågkoncentrations-raffinering kan tillverka massor med egenskaper som passar för mittskiktssmassor i kartong.

## Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på [energiforsk.se](http://energiforsk.se).