

# Avaliação da Retenção com Testador HSR

## Retention Evaluation with HSR-Tester

Autores/*Authors\**: Seppo Sívén  
Isko Kajanto

**Palavras-chave:** formação, formação com *gap former*, retenção, tela dupla

### RESUMO

O Testador HSR - Testador de Retenção de Alta Velocidade - é um dispositivo de laboratório para medição da retenção. Os objetivos deste trabalho foram de avaliar a capacidade de o Testador HSR medir a eficiência de auxiliares de retenção nas condições *gap forming*. Foram testados polímeros individuais e sistemas de retenção de componentes múltiplos em diferentes condições de formação.

O Testador HSR, apresentado em fevereiro na 86.<sup>a</sup> reunião anual da PAPTAC, em Montreal, foi usado para medições de retenção. O tipo, a dosagem e o retardamento da dosagem de polímeros constituíram as variáveis dos ensaios. A resistência ao cisalhamento dos químicos foi avaliada com diferentes frequências de pulsação. A drenagem foi medida durante formação da folha com diferentes dosagens de polímeros. Os resultados indicaram diferenças entre os polímeros. Polímeros com alto peso molecular sofreram menos a ação de forças de cisalhamento do que polímeros com peso molecular baixo. A eficiência dos químicos foi influenciada pela dosagem, pelo retardamento da dosagem e por condições de formação. Os resultados indicaram que o Testador HSR pode ser usado como ferramenta para a avaliação da eficiência dos químicos de retenção em condições de alta velocidade.

A formação em tela dupla apresenta desafio maior quanto a retenção do que a formação em mesa plana. Altas velocidades aumentam as forças de cisalhamento durante a formação da folha. Pulsos de pressão têm efeito na mobilidade do material na folha úmida e na formação do papel. A formação com tela dupla tem características próprias e amplia a disparidade entre dispositivos de laboratório e máquinas de papel industriais. As modernas máquinas de papel apresentam frequência de pulsação de aproximadamente 200 Hz, o que é impossível ser reproduzido pela maioria dos dispositivos de

**Keywords:** *forming, gap forming, retention, twin wire*

### ABSTRACT

*The High Speed Retention Tester, the HSR-Tester, is a laboratory scale device for retention measurement. The objectives of this work were to evaluate the capability of the HSR-Tester to measure the efficiency of retention aids in gap forming circumstances. Single polymers and multicomponent retention systems have been tested in different forming circumstances.*

*The HSR-Tester, introduced in February at the 86th Annual meeting of PAPTAC, in Montreal, was used for retention measurements. Polymer type, dosage and dosing delay were variables in the trials. The shear resistance of the chemicals was evaluated with different pulsation frequencies. The drainage was measured during the sheet forming with different polymer dosages. Results indicated clear differences between polymers. High molecular weight polymers suffered less from shear forces than lower molecular weight polymers. The efficiency of the chemicals was affected by dosage, dosing delay and forming circumstances. These results indicated that the HSR-Tester can be used as a tool for evaluation of the efficiency of the retention chemicals in high speed circumstances.*

*Twin wire forming is more challenging in respect to retention than Fourdrinier forming. Higher speeds increase shear forces during the sheet forming. Pressure pulses have effect on the mobility of material in the wet web and on the formation of paper. Twin wire forming has its' own characteristics and it widens the gap between laboratory devices and production paper machines. Modern paper machines have pulsation frequency near of 200 Hz, which is impossible to achieve by most laboratory devices. The HSR-Tester*

### \*Referências dos autores / *Authors' references:*

Universidade de Tecnologia Lappeenranta, Departamento de Tecnologia Química, Laboratório de Tecnologia Papeleira. FIN-53851 Lappeenranta, Finlândia  
Lappeenranta University of Technology, Department of Chemical Technology, Laboratory of Paper Technology. FIN-53851 Lappeenranta, Finland

### Autor correspondente / *Corresponding author:*

Seppo Sívén - E-mail: seppo.siven@mineralstech.com

laboratório. O Testador HSR pode reproduzir as condições de formação *gap forming* até certo ponto.

## INTRODUÇÃO

As atuais máquinas de papel de escrever/imprimir são de desenho *gap formers*, com alta capacidade de desaguamento. Em comparação com a mesa plana, a drenagem bilateral quadruplica a capacidade de remoção de água. O projeto da caixa de entrada pode admitir velocidades mais altas nesta caixa, mas velocidades mais altas significam maior tensionamento das telas, e telas mais tensionadas aumentam a amplitude dos pulsos de pressão. Melhor suporte das telas é igualmente necessário, o que pode ser obtido mediante redução do espaçamento entre as lâminas de drenagem. Tais alterações elevam a energia de pulsação na folha na seção de formação. Pulsos de pressão têm efeito sobre a mobilidade do material na folha úmida e também na formação do papel. As máquinas de papel mais rápidas formam papel com frequência de 200 Hz em termos de frequência de pulsos de pressão. Tanto o aumento da amplitude da pressão como da frequência elevam as forças de cisalhamento na folha entre as telas. As forças de cisalhamento aumentam a mobilidade do material e rompem cadeias de polímeros.

Anteriormente, a análise desses fenômenos básicos não era viável em laboratório, e isso por falta de métodos de ensaio adequados, capazes de reproduzir a formação em tela dupla. Isto é agora possível mediante a utilização do Testador HSR, cujas condições de formação podem ser comparadas a modernos *gap formers* por meio de ajustes de velocidade de drenagem e de frequência de pulsos de pressão iniciais. Essas condições de formação podem ser pré-selecionadas para que correspondam a condições existentes em máquinas de papel com velocidades da tela de 1000 a 2000 m/min. Os insumos químicos podem ser mudados até três componentes diferentes, mais um agente fixo na massa. O pré-ajuste das condições de drenagem e dos insumos químicos pode ser alterado facilmente, como em operações tipo batelada (*batch*).

Em *gap formers* toda a pressão de desaguamento é gerada por telas curvadas tensionadas, e nenhuma parcela dessa pressão é gerada pela desaceleração do jato no vão entre as duas telas ou por forças centrífugas. O perfil das arestas das lâminas é importante para os efeitos da pressão, quando a pressão de desaguamento é gerada por lâminas defletoras [1]. Existem alguns estudos sobre pulsos de pressão na formação *gap forming* [2,3,4,5]. Mas esses trabalhos não abordam a relação entre retenção e pulsação.

O Testador HSR opera segundo os mesmos princípios do *gap former*. A única diferença importante entre o testador e o *gap former* se relaciona a partes estáticas e dinâmicas da estrutura básica. Esses componentes, móveis num *gap former*, são estáticos no Testador. A suspensão fibrosa descarregada pela caixa de entrada é lançada entre duas telas convergentes

*can reproduce the forming conditions of such a gap former to the certain point.*

## INTRODUCTION

*Current printing and writing paper machines are gap formers with high dewatering capacity. The two-sided drainage quadruples the water removal capacity compared to Fourdriniers. Headbox designing can take care of higher velocities in the headbox, but higher speeds mean higher wire tensions and tighter wires increase the amplitude of pressure pulses. Better wire support is also needed, which can be achieved by changing the drainage blade spacing denser. These changes raise the pulsation energy in the web at the forming section. Pressure pulses have an effect on the mobility of the material in the wet web and also on the formation of the paper. The fastest paper machines form paper at 200 Hz frequency in terms of pressure pulse frequency. Both increased pressure amplitude and frequency increases shear forces in the web between the wires. Shear forces increase the mobility of material and break polymer chains.*

*Previously these basic phenomena could not be analyzed in the laboratory because of the lack of suitable testing methods that could reproduce twin wire forming. Now it is possible by using the HSR-Tester whose forming circumstances can be compared to modern gap formers by the means of an initial drainage velocity and pressure pulse frequency. These forming conditions can be preset to correspond to the conditions used in paper machines from 1000 m/min up to 2000 m/min wire speed. The chemical inputs can be changed up to three different components plus a fixing agent in the stock. The presetting of drainage circumstances and chemical inputs can be changed easily since a batch type of operation.*

*In gap formers all the dewatering pressure is generated by tensioned, curved wires, and no part of it is generated either by the deceleration of the jet in the twin wire gap or by centrifugal forces. The shape of the blade tips is important for the pressure events, when the dewatering pressure is generated by deflector blades [1]. There are some papers concerning pressure pulses in gap forming [2,3,4,5]. These papers do not handle the connection of retention and pulsation.*

*The HSR-Tester operates under the same principles as the gap former. The only major difference between the HSR-Tester and the gap former concerns static and dynamic parts of the basic structure. Those parts, which move in a gap former, are static in the HSR-Tester. The pulp suspension discharged from the headbox is led between two converging wires where water is scraped*

onde a água é removida mediante *foils* (lâminas) de drenagem. As telas curvadas são as geradoras da pressão de drenagem.

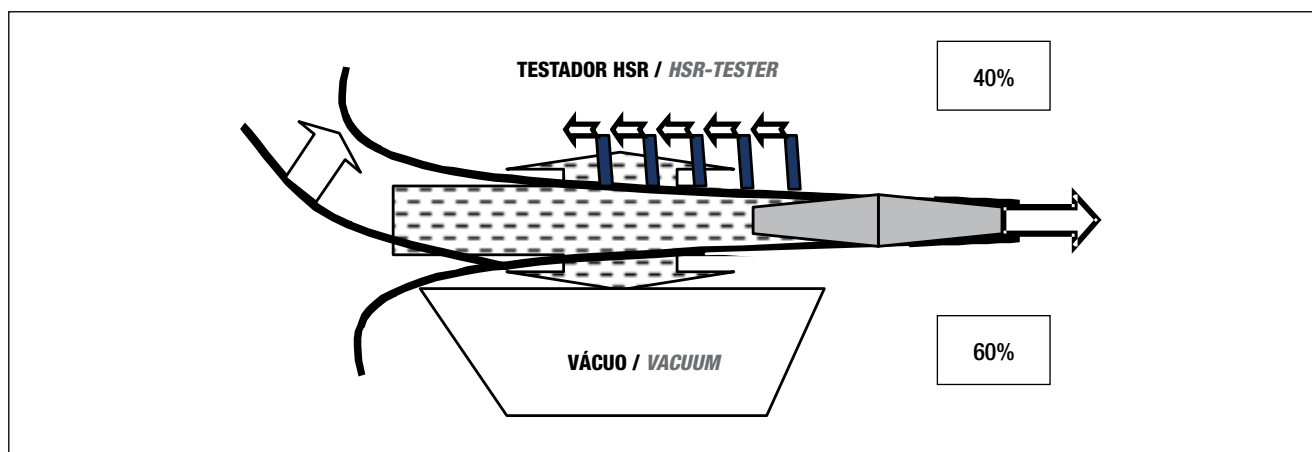
No Testador HSR as telas móveis de uma máquina de papel são substituídas por elementos com telas fixas. No caso, a caixa de entrada é uma caixa plana, que oscila da esquerda para a direita. A caixa de entrada penetra entre as duas telas fixas e lança a massa para trás deslocando-se com o fluxo da massa. A passagem pela caixa de vácuo dura um quarto de segundo, e nesse tempo é fornecida polpa entre as telas para uma folha. A oscilação total da caixa de entrada dura menos de um segundo. Elementos de drenagem geram os pulsos de drenagem na massa. A frequência da pressão de drenagem é dependente do número de impactos dos *foils* orientados para determinado ponto de uma folha em formação durante um segundo. Essa frequência é ajustada mediante alteração da velocidade de rotação da câmara de *foils*. A câmara rotativa de *foils* consiste de 24 *foils* de drenagem que produzem uma frequência de pulsação de 200 Hz a uma velocidade de rotação de 8 giros/segundo da câmara. O Testador HSR tem vácuo regulável defronte dos *foils* de drenagem. A proporção de água de descarga é basicamente de 2 : 3, podendo ser amplamente regulada pelo vácuo externo, pela velocidade de rotação da câmara de *foils*, pelo tempo de formação, pela posição dos *foils* de drenagem e pelo tipo de telas. As frações da água são coletadas para análises.

Químicos de retenção têm muitos efeitos sobre a parte úmida e as propriedades do papel. Devido exercerem efeito sobre a retenção, a drenagem e a formação, é importante testar esses resultados durante as avaliações da efetividade dos auxiliares de retenção. Alguns dos polímeros de retenção são mais sensíveis a forças de cisalhamento do que outros. Essa é uma das razões pelas quais foram introduzidos sistemas de retenção de micropartículas e de nanopartículas. Outros benefícios desses sistemas estão relacionados com a drenagem e a formação devido à estrutura microporosa do papel. O mecanismo das micropartículas utiliza forças de cisalhamento e a capacidade

*outside by drainage foils. Curved wires generate the drainage pressure.*

*The moving wires of a paper machine are replaced by steady wire elements. The headbox is a flat box which swings from left to the right. The headbox intrudes between the two steady wires and it jets the pulp suspension backwards displacing itself with a pulp flow. Passing of the vacuum box lasts a quarter of second and in this period the pulp suspension for a sheet is delivered between the wires. The whole swing of the headbox lasts less than one second. Drainage elements generate the drainage impulses into pulp suspension. The drainage pressure frequency is dependent on the number of foil impacts directed to a certain point of a forming sheet in a second. This frequency is adjusted by changing the rotation speed of the foil chamber. The rotative foil chamber consist of 24 drainage foils which makes 200 Hz pulsation frequency at 8 rounds per second rotation speed of the foil chamber. The HSR-Tester has an adjustable vacuum opposite to the drainage foils. The proportion of tail water is basically 2 : 3 and can be largely adjusted by the outer vacuum, the rotation speed of the foil chamber, forming time, position of the drainage foils and wire types. The water fractions are collected for analyses.*

*Retention chemicals have many effects on the wet end and paper properties. Because they effect on retention, drainage and formation, it is very useful to test all these outputs while the evaluations of the effectiveness of retention aids. Some of the retention polymers are more sensitive to shear forces than others. That is one reason why microparticle and nanoparticle retention systems have been introduced. Other benefits of these systems are related to drainage and formation due to the microporous structure of the paper. Microparticle mechanism utilizes shear forces*



**Figura 1.** Figura esquemática da caixa de entrada penetrando entre as telas e se deslocando com o jato. A drenagem inicial do Testador HSR ocorre simultaneamente para baixo (60%) e para cima (40%) / **Figure 1.** Schematic picture of the headbox intruding between wires and displacing itself with a jet. Initial drainage of the HSR-Tester happens simultaneously downwards (60%) and upwards (40%)

de refloculação do segundo componente. O efeito geral desses sistemas avançados pode ser avaliado com o Testador HSR, já que ele apresenta três entradas de produtos químicos com tempos de adsorção ajustáveis e uma ampla faixa de condições de drenagem também reguláveis.

### OBJETIVOS

Os objetivos desta pesquisa foram de avaliar a capacidade do testador medir a eficiência dos auxiliares de retenção nas condições de *gap forming*. Foram testados polímeros individuais e sistemas de retenção de componentes múltiplos em variadas condições de formação. Foi estudada a influência de diferentes condições de remoção de água e de estratégias de dosagem nas funções do sistema. A finalidade foi de detectar as sensibilidades dos auxiliares de retenção relativas a forças de cisalhamento e ao retardamento da dosagem.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Foram avaliadas três diferentes poliácridamidas catiônicas com base nos ensaios de formação da folha com o Testador HSR. O Testador foi usado para a predição de retenção, drenagem e formação em condições de remoção rápida de água. A operação do Testador foi feita em volta da estrutura rotativa dos *foils*. Duas telas envolvem essa estrutura rotativa, que consiste de 24 *foils* de drenagem. A caixa de entrada e a estrutura dos *foils* têm o mesmo ponto de apoio (fulcro). A caixa de entrada oscila entre as telas fixas fornecendo a massa na forma de uma camada uniforme de 0,37 m de largura e 5 mm de espessura. A velocidade do jato pode ser ajustada em conformidade com a velocidade da caixa de entrada para uma mínima orientação das fibras. A

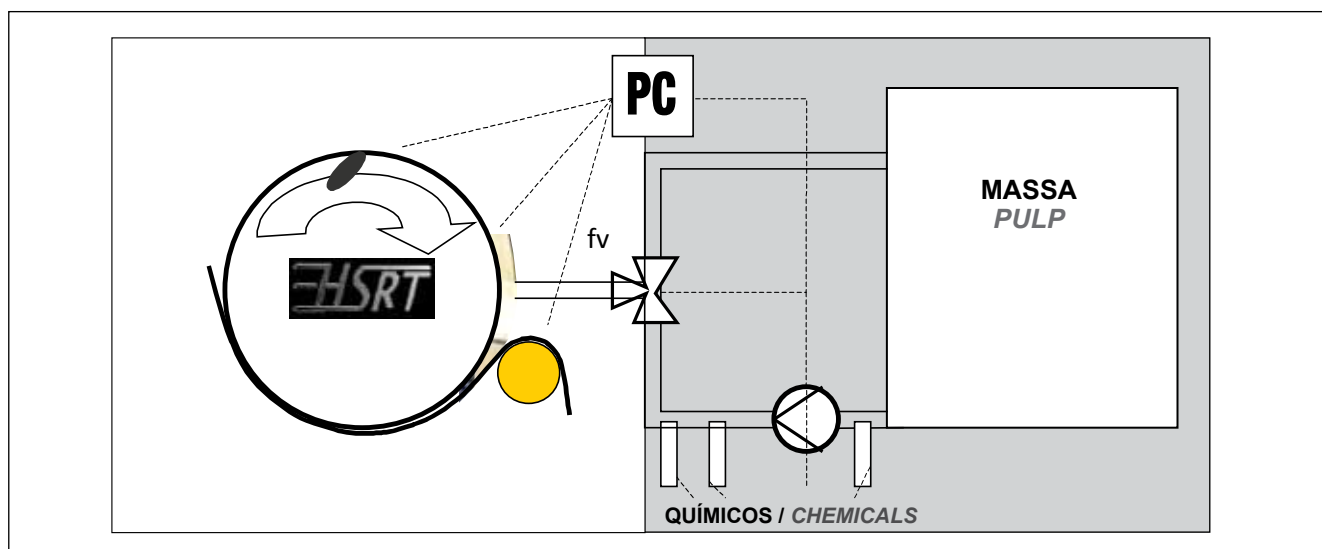
and the reflocking ability of the second component. The general effect of these advanced systems can be evaluated with the HSR-Tester, since it has three chemical inlets with adjustable adsorption times and a full range of adjustable drainage conditions.

### OBJECTIVES

The objectives of this research were to evaluate the capability of the HSR-Tester to measure the efficiency of retention aids under gap forming circumstances. Single polymers and multicomponent retention systems were tested in different forming circumstances. The influence of different water removal conditions and dosing strategies on functions of the system was studied. The purpose was to find out the sensitivities of retention aids on shear forces and dosing delay.

### MATERIALS AND METHODS

Three different cationic polyacrylamides were evaluated based on the HSR-Tester sheet forming trials. The HSR-Tester was used for predicting retention, drainage and formation in rapid water removal conditions. The operation of the HSR-Tester was made around the rotative foil frame. Two wires wrap around the rotative foils frame consisting of 24 drainage foils. The headbox and foils frame has the same fulcrum. The headbox swings between the static wires delivering the pulp suspension as a 0.37 m wide and 5 mm thick even layer. The jet speed can be set equally with the speed of the headbox for minimum



**Figura 2.** O Testador HSR tem um formador de folha tipo *batch* no lado esquerdo. Uma linha de massa operando continuamente com alimentadores de químicos temporizados por PC encontra-se no lado direito. O acúmulo de químicos de retenção no interior do tanque de massa é evitado pela sincronização da alimentação dos químicos com a formação da folha. A válvula de alimentação (fv), no centro, e o formador completo da folha, à esquerda da figura, são controlados pelo PC / **Figure 2.** The HSR-tester has a batch type of sheet former on the left side. A continuously operating pulp line with PC-timed chemical feeders is on the right side. The accumulation of retention aids into the pulp tank is avoided by timing the chemical feed with the sheet forming. The feeding valve (fv), in the middle, and the whole sheet forming, on the left side of the picture, are controlled by the PC

tela externa é tensionada ao redor da suspensão fibrosa e sobre a tela interna, e a água é removida simultaneamente para cima e para baixo. Uma folha de papel é formada entre as telas sob pressão que se alterna rapidamente. A folha de papel é retirada do Testador HSR com o suporte da tela externa após concluída esta operação descontínua, tipo *batch*. A consistência da folha é de cerca de 9% antes da secagem. Maiores informações sobre a configuração experimental do Testador HSR constam em trabalhos apresentados em conferência realizada no seminário anual da PAPTAC [6], em janeiro de 2000, e no seminário Tappi Papermakers, de abril de 2000 [7].

As PAMs (poliacrilamidas) catiônicas usadas nos ensaios são caracterizadas na **Tabela 1**. A massa foi preparada a partir de suspensão fibrosa para papel tipo LWC, contendo 50% de celulose fibra longa e 50% de PGW (pasta mecânica de desfibrador pressurizado). O teor de carga mineral na massa foi ajustado em 30% mediante adição de GCC (carbonato de cálcio natural). As condições de drenagem no Testador HSR corresponderam a velocidade de 1200 - 1800 m/min das telas de um *gap former*. Os retardamentos na dosagem das poliacrilamidas catiônicas (C-PAM) foram ajustados em 5 e 8 segundos, e a intensidade de mistura na tubulação do Testador foi mantida uniforme mediante manutenção de velocidade de fluxo constante de 2,45 m/s. Estudos realizados com dispositivos laboratoriais [8,9,10] e com a indústria papeleira [11] têm demonstrado melhor retenção de material de carga com tempos de retardamento mais curtos. Elevadas forças de cisalhamento influenciaram nos misturadores estáticos após os pontos de dosagem, na caixa de entrada e entre as telas. A dosagem de C-PAM foi ajustada para teores de 250 mg/kg de massa e de 500 mg/kg de massa, e a consistência da massa foi de 12 g/L. A frequência de pulsação foi alterada mediante alteração da velocidade de rotação da câmara de *foils*. A câmara rotativa de *foils* induz pulsos de pressão através da tela interna na suspensão de polpa fornecida pela caixa de entrada. A câmara rotativa consiste de 24 *foils* de drenagem, e a uma velocidade de rotação de 7,56 giros por segundo a frequência de pulsação resulta de 180 Hz. De forma correspondente, a velocidades de rotação de 6,72 e 5,88 giros por segundo as frequências de pulsação foram de 160 e 140 Hz. Essas frequências de pulsação correspondem a velocidades de máquina de papel de 1620, 1450 e 1260 m/min, respectivamente, considerado espaçamento de 0,15 m entre

*fiber orientation. Outer wire tightens around the pulp suspension above the inner wire, and water is removed simultaneously up- and downwards. A paper sheet is formed between the wires under rapidly alternating pressure. The paper sheet is removed from the HSR-Tester with the support of the outer wire after the batch type of operation. The consistency of a sheet is about 9% before the drying. More information about the experimental design of the HSR-Tester is described in conference papers held in PAPTAC annual seminar [6], in January 2000 and April TAPPI 2000 Papermakers seminar [7].*

*The cationic-PAMs (polyacrylamides) used in the trials are characterized in Table 1. The stock was made of a LWC-grade pulp suspension of 50% softwood pulp and 50% PGW. The filler content in the stock was set to 30% by adding GCC. Drainage circumstances in the HSR-Tester corresponded to 1200 - 1800 m/min wire speed of a gap former. The dosing delays of C-PAM were set 5 and 8 seconds, while the mixing intensity in the pipeline of HSR-Tester was kept constant by using a constant flow velocity of 2.45 m/s. Studies carried out with laboratory devices [8,9,10] and paper industry [11] have shown improved filler retention when delay time is shorter. High shear forces influenced in the static mixers after dosing points, in the headbox and between the wires. The dosage of C-PAM was set to levels 250 mg/kg and 500 mg/kg pulp, and the pulp consistency was 12 g/L. The pulsation frequency was changed by adjusting the rotation speed of the foil chamber. The rotative foil chamber induces pressure pulses through the inner wire to the pulp suspension delivered by the headbox. The rotative foil chamber consists of 24 drainage foils, and at the rotation speed of 7.56 rounds per second pulsation frequency was 180 Hz. Correspondingly, at 6.72 and 5.88 rounds a second rotation speeds the pulsation frequencies were 160 and 140 Hz. These pulsation frequencies corresponded to paper machine speeds of 1620, 1450 and 1260 m/min respectively, at the*

**Tabela 1.** Caracterização dos agentes de retenção utilizados no estudo / **Table 1.** Characterization of retention aids used in the study

Polímero / Polymer		Peso Molecular 10 <sup>6</sup> g/mol Molecular Weight 10 <sup>6</sup> g/mol	Densidade de Carga Mekv/g Charge Density Mekv/g
Nº	Tipo / Type		
1	K 4600 R	5.5	1.6
2	K 5600 R	8	1.6
3	K 5060 R	14	1.5

lâminas de drenagem. Foi estabelecida comparação direta da sensibilidade dos polímeros em relação às forças de cisalhamento. O número de pulsos de pressão foi mantido constante, encurtando-se o tempo de formação por meio de frequências de pulsos mais altas. Um trabalho experimental indicou diminuição na retenção de pigmentos minerais e modificação na distribuição do material de carga na folha quando era utilizada frequência de pulsos de pressão mais alta [12].

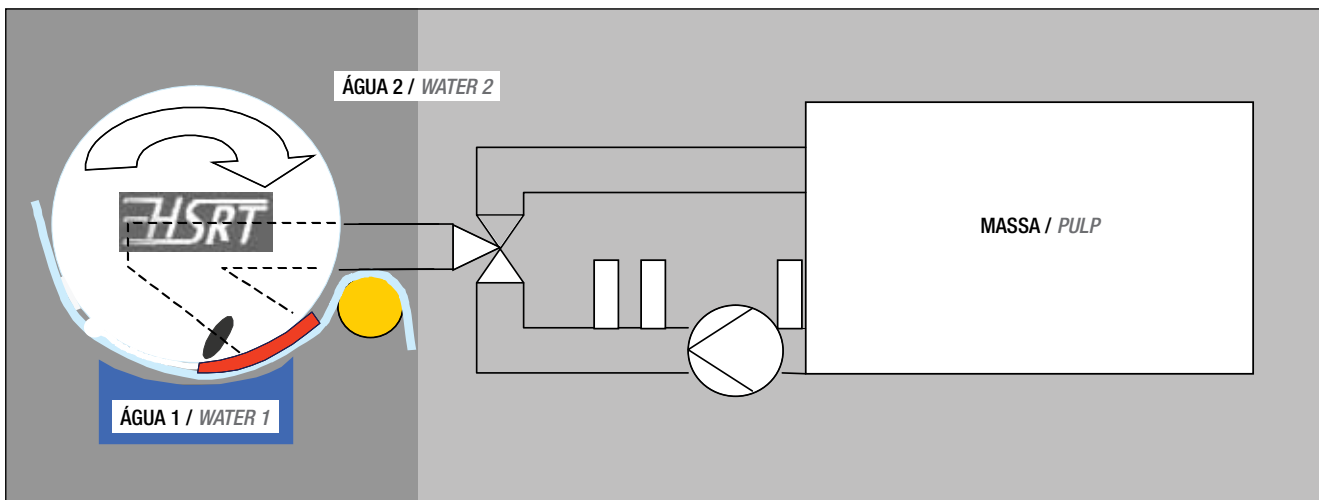
O efeito das micropartículas foi definido com a adição de 2,0 g de sílica ou bentonita por quilograma de polpa seca. Esses ensaios com micropartículas foram feitos com o polímero número 2 a duas frequências de pulsação e a duas dosagens. O uso bem sucedido de micropartículas é possível desde que a adição seja posicionada corretamente. As forças de cisalhamento romperam os flocos produzidos pelos polímeros, e as micropartículas eram adicionadas a massa em estado de agitação. Polímeros de retenção foram dosados em ponto imediatamente anterior a uma bomba centrífuga. A velocidade da suspensão de fibras na tubulação era de 2,45 m/s. O estado de agitação da massa foi grandemente intensificado por um misturador estático do tipo espiral imediatamente anterior ao ponto de dosagem das micropartículas. Os flocos foram rompidos e as resultantes unidades menores consistindo em pontos de carga positiva foram refloculadas pelas micropartículas. Os benefícios esperados com a utilização de micropartículas são, segundo a literatura, melhores formação [13,14,15], retenção [16,17,18] e drenagem [19,20].

Primeiro passo (circulação curta), retenção de fibras e de pigmentos foram verificados através de amostras de papel e de águas do processo. Foram analisadas retenção e drenagem. A gramatura média das folhas de papel foi de 42 g/m<sup>2</sup>. Foram coletadas três amostras paralelas em cada ponto.

0.15 m drainage blade spacing. A direct comparison of the sensitiveness of polymers on shear forces was carried out. The amount of pressure pulses was kept constant by shortening the forming time with higher pressure pulse frequencies. Experimental work has shown decreased filler retention and changed filler distribution in sheet when higher pressure pulse frequency was used [12].

The effect of microparticles was clarified by adding 2.0 g silica or bentonite per dry kilogram of pulp suspension. These microparticles trials were made with polymer number 2 at two pulsation frequencies and two dosages. The successful use of microparticles is possible if the addition is properly positioned. Shear forces broke the flocs produced by the polymers, and microparticles were added to the pulp in the agitated state. Retention polymers were dosed just before of a centrifugal pump. The velocity of pulp suspension in the pipeline was 2.45 m/s. The agitated state of the pulp was heavily intensified by spiral type of static mixer just before the dosing point of microparticles. The flocs were broken and these smaller units consisted positively charged points were reflocculated by microparticles. The expected benefits of the use of microparticles were, according the literature, better formation [13,14,15], retention [16,17,18] and drainage [19,20].

First pass, fiber and filler retention were measured from paper samples and from the tail waters. Retention and drainage were analyzed. The mean grammage of the paper sheets was 42 g/m<sup>2</sup>. Three parallel samples were made at each point.



**Figura 3.** A suspensão de polpa é fornecida ao Testador HSR entre as telas conforme o movimento constante da caixa de entrada e a velocidade da massa. A caixa de vácuo coleta a fração da tela externa (Água 1) e a estrutura rotativa dos foils lança a fração da tela interna (Água 2) no recipiente de amostras / **Figure 3.** The pulp suspension is delivered in the HSR-tester between the wires at the constant headbox speed and pulp velocity. The vacuum box collects the outer wire fraction (Water 1) and the rotative foil frame throws the inner wire fraction (Water 2) into the sample vessel

## RESULTADOS

Os resultados indicaram diferenças inequívocas entre os sistemas de retenção. Polímeros de pesos moleculares altos sofreram menos da ação das forças de cisalhamento do que polímeros de pesos moleculares mais baixos. A eficiência dos químicos foi influenciada por dosagem, tempo de retardamento e condições de formação. Esses resultados indicaram que o Testador HSR pode ser utilizado como ferramenta de avaliação da eficiência de químicos de retenção em situações de alta velocidade.

O polímero do tipo 1, com a menor massa molecular, deu bons resultados para uma faixa de velocidades baixas. Esse tipo de polímero é amplamente utilizado em diferentes máquinas de papel. Também os índices de retenção de carga mineral estavam no mesmo nível do polímero tipo 2. O polímero tipo 3 apresentou a melhor resistência ao cisalhamento. Na **Figura 4** pode-se ver que o polímero do tipo 3, lado esquerdo, apresenta a 180 Hz retenção quase tão boa quanto a uma frequência de pulsação de 140 Hz.

O polímero com a mais alta massa molecular é habitualmente destinado a aplicações em tratamentos de águas do que como auxiliar de retenção. Todavia, teve efeito bastante bom na retenção e não sofreu devido a aumento da frequência de pulsos de pressão tanto quanto os dois outros polímeros.

A retenção no primeiro passo é influenciada mais pela frequência da pulsação do que pela dosagem do polímero 1. Se a velocidade fosse elevada de 1260 m/min para 1620 m/min a perda de retenção não poderia ser compensada nem dobrando a dosagem. O polímero tipo 2, com dosagem mais

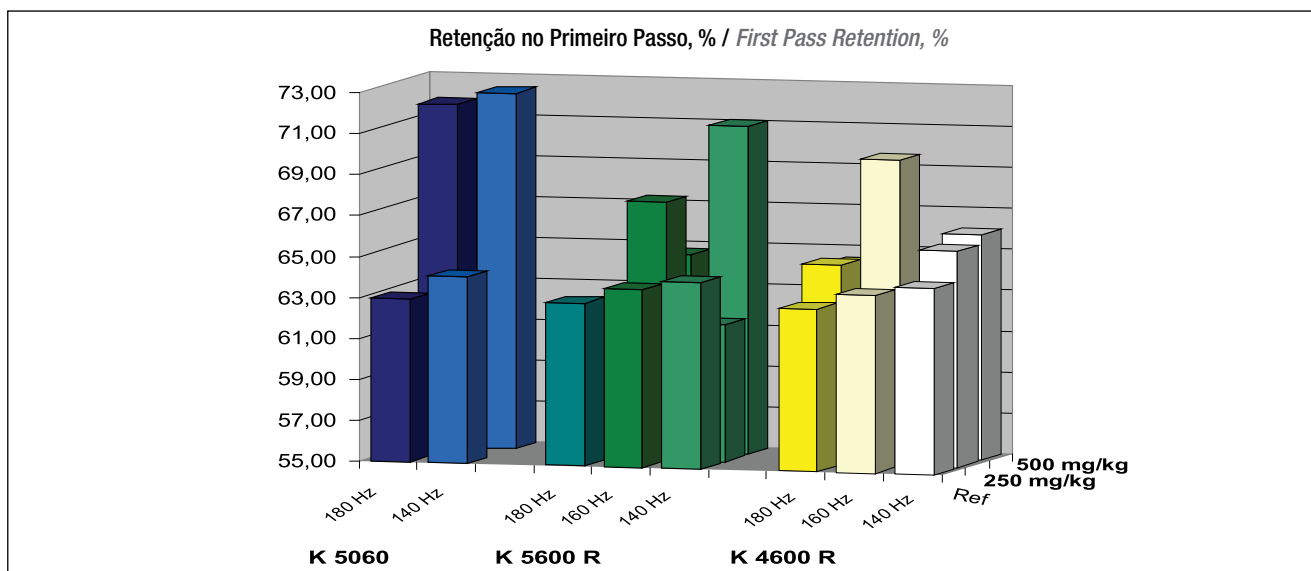
## RESULTS

Results indicated clear differences between retention systems. High molecular weight polymers suffered less from shear forces than lower molecular weight polymers. The efficiency of chemicals was affected by dosage, time delay and forming circumstances. These results indicated that the HSR-Tester could be used as a tool for evaluating the efficiency of retention chemicals under high speed circumstances.

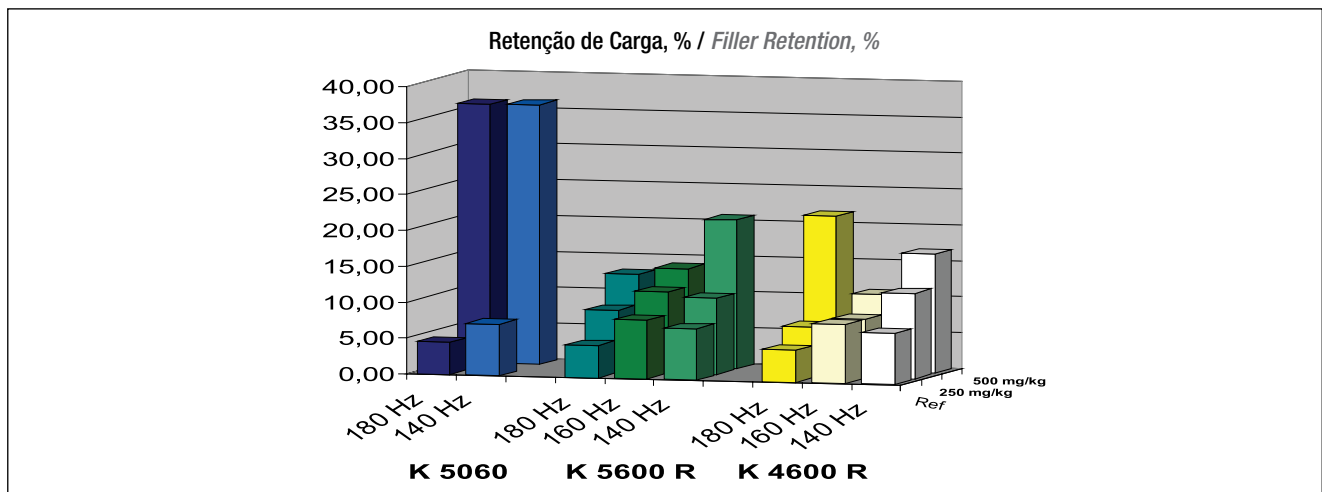
Polymer type 1, with lowest molecular mass, gave good results for a low speed range. This type of polymer is widely used in different paper machines. Also filler retention values were at the same level as with the type 2 polymer. The polymer type 3 had the best shear resistance. In **Figure 4** it can be seen that polymer type 3, in the left side, has almost as good retention at 180 Hz as at 140 Hz pulsation frequency.

The polymer with the highest molar mass is usually used as a water treatment purposes rather than as a retention aid. However, it had quite a good effect on retention and did not suffer from increased pressure pulse frequency as much as the two other polymers.

First pass retention is influenced more by pulsation frequency than dosing with type 1 polymer. If the speed was increased from 1260 m/min to 1620 m/min the loss of retention could not be compensated by doubling the dosage. The type 2 polymer increased the first pass



**Figura 4.** Valores de retenção no primeiro passo sem auxiliar de retenção são apresentados na fila dianteira. A segunda fila indica a retenção no primeiro passo com dosagem de 250 mg de polímero por kg de polpa e a terceira fila com dosagem de 500 mg/kg de polpa. O polímero K 5060, com a mais alta massa molecular, está à esquerda. A frequência de 140 Hz corresponde a 1260 m/min, a de 160 Hz a 1450 m/min e a de 180 Hz a 1620 m/min de velocidade da tela / **Figure 4.** First pass retention (FPR) values without retention aid are presented in the front row. The second row shows first pass retention at a dosage of 250 mg polymer per kg pulp, and the third row at a dosage of 500 mg/kg pulp. Highest molecular mass polymer K 5060 is on the left. 140 Hz corresponds 1260 m/min, 160 Hz 1450 m/min and 180 Hz 1620 m/min wire speed



**Figura 5.** Retenção de carga no primeiro passo sem auxiliares de retenção e com dosagens de polímero de 250 mg/kg de polpa e de 500 mg/kg de polpa, para faixa de velocidade da tela de 1260 – 1620 m/min (140-180 Hz) / **Figure 5.** First pass filler retention without retention aids, with 250 mg/kg pulp and with 500 mg/kg pulp polymer dosages are presented at the wire speed range of 1260 – 1620 m/min (140-180 Hz)

alta, melhorou muito a retenção no primeiro passo, mas também sofreu muito o efeito da frequência de pulsação mais alta.

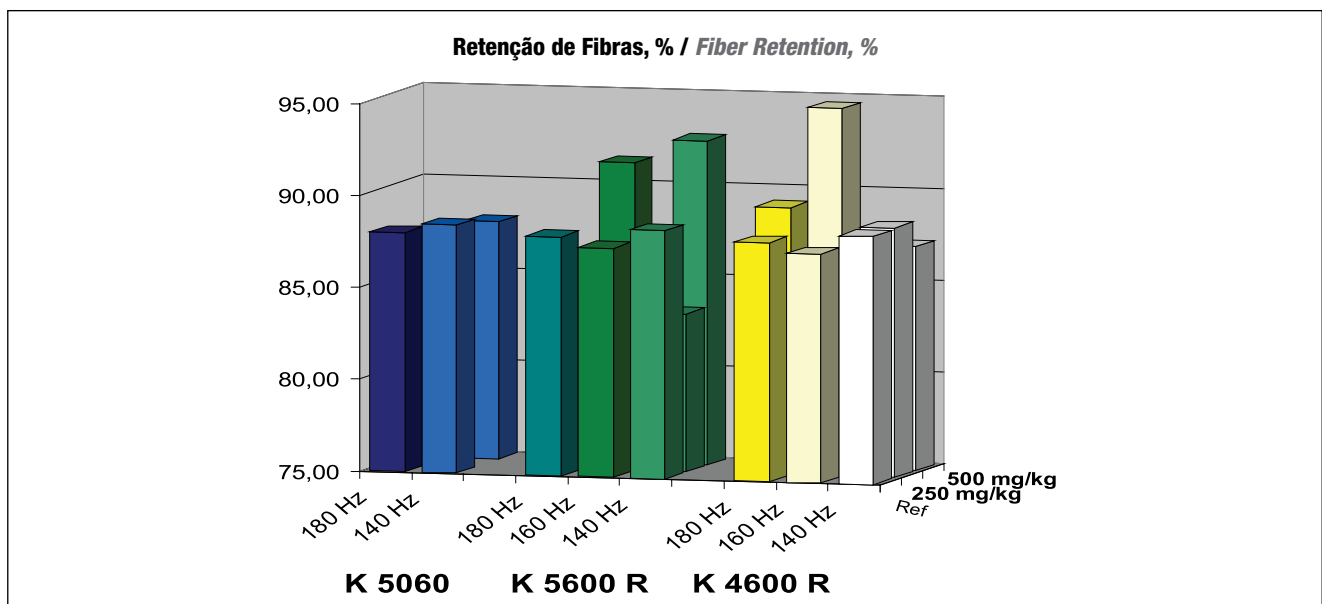
A **Figura 5** mostra a retenção de carga em dois níveis de dosagem e três frequências de pressão de drenagem. A duplicação da dosagem tem efeito tão grande sobre a retenção de carga quanto o aumento da frequência da pressão de drenagem de 140 Hz para 180 Hz. Isso significa, na prática, que a duplicação da dosagem de agentes de retenção compensa a elevação da velocidade de uma máquina de papel de 1260 m/min para 1620 m/min quanto a retenção de carga.

Da **Figura 6** pode-se constatar que a frequência da pulsação

retention with higher dosage a lot, but it suffered also a lot from higher pulsation frequency.

**Figure 5** shows filler retention at two dosing levels and three drainage pressure frequencies. Doubling of dosing has as big effect on the filler retention as increasing the drainage pressure frequency from 140 Hz to 180 Hz. This means, in practice, that doubling the retention aid dosage compensates the increasing of a paper machine speed from 1260 m/min to 1620 m/min in respect to filler retention.

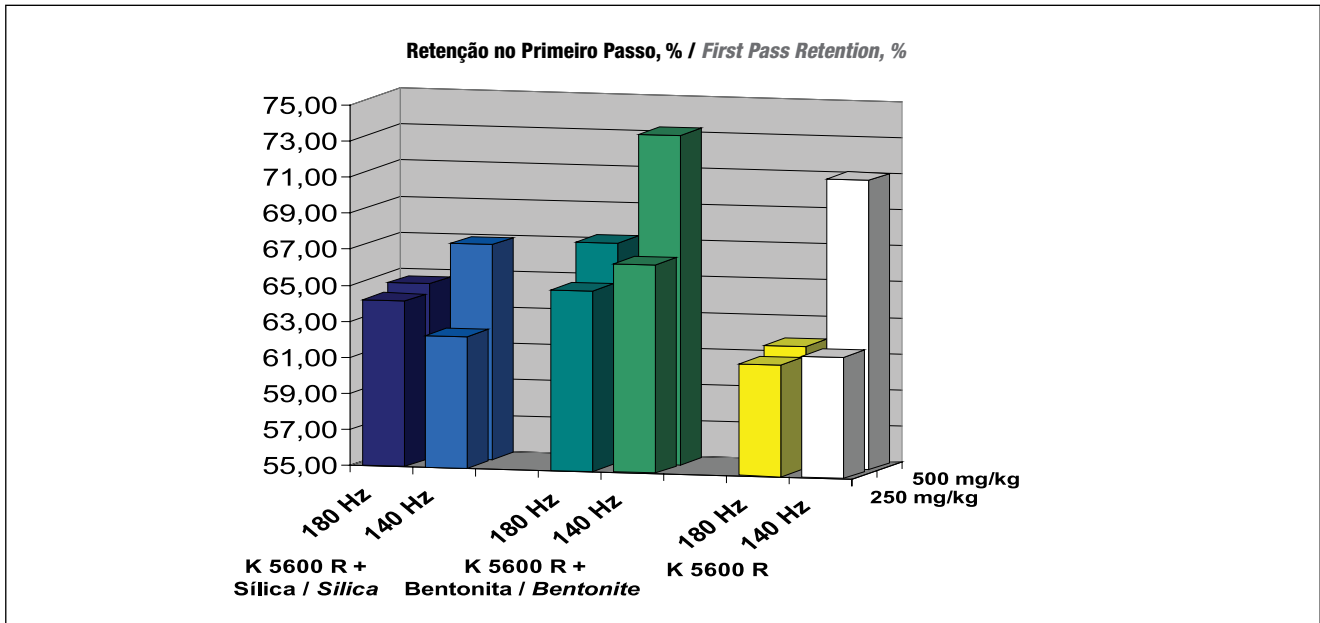
From **Figure 6** can be seen that the pulsation frequency



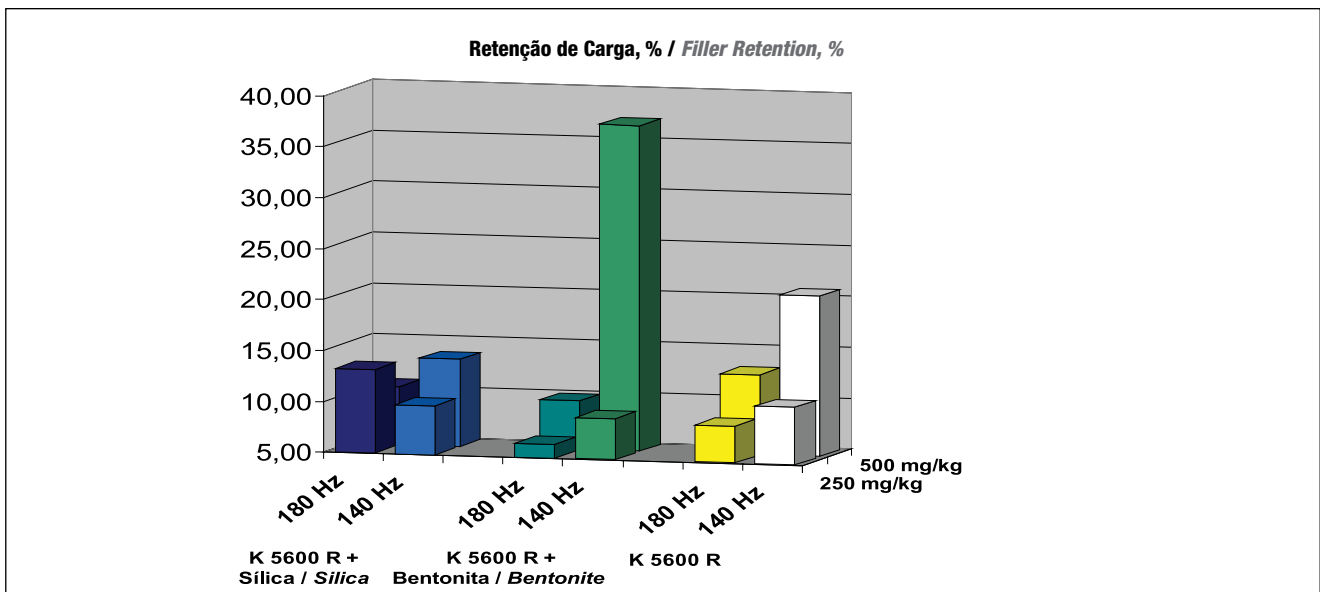
**Figura 6.** Valores de retenção de fibras no primeiro passo sem auxiliares de retenção são mostrados na primeira fila. A segunda fila mostra a retenção de fibras no primeiro passo com dosagem de 250 mg de polímero por kg de massa, e a terceira fila com dosagem de 500 mg/kg de massa em função da frequência de pulsação da pressão de drenagem. Os resultados do polímero de alto peso molecular (K 5060) são mostrados no lado esquerdo / **Figure 6.** First pass fiber retention values without retention aids are shown in the front row. The second row shows first pass fiber retention at 250 mg polymer per kg pulp dosage and the third row at 500 mg/kg pulp dosage as a function of drainage pressure pulsation frequency. Results of high molecular weight polymer (K 5060) are shown in the left side

não teve grande impacto na retenção de fibras. Esperava-se que a adição de micropartículas aumentaria a resistência ao cisalhamento e a retenção. A retenção de carga como tal não aumentou significativamente, mas a resistência ao cisalhamento melhorou consideravelmente. Na prática, isso significa que o aumento de velocidade de 1240 m/min para 1620 m/min pode ser compensado com o aumento da dosagem de polímero, mantendo-se constante em 2 g/kg de massa a dosagem de micropartículas.

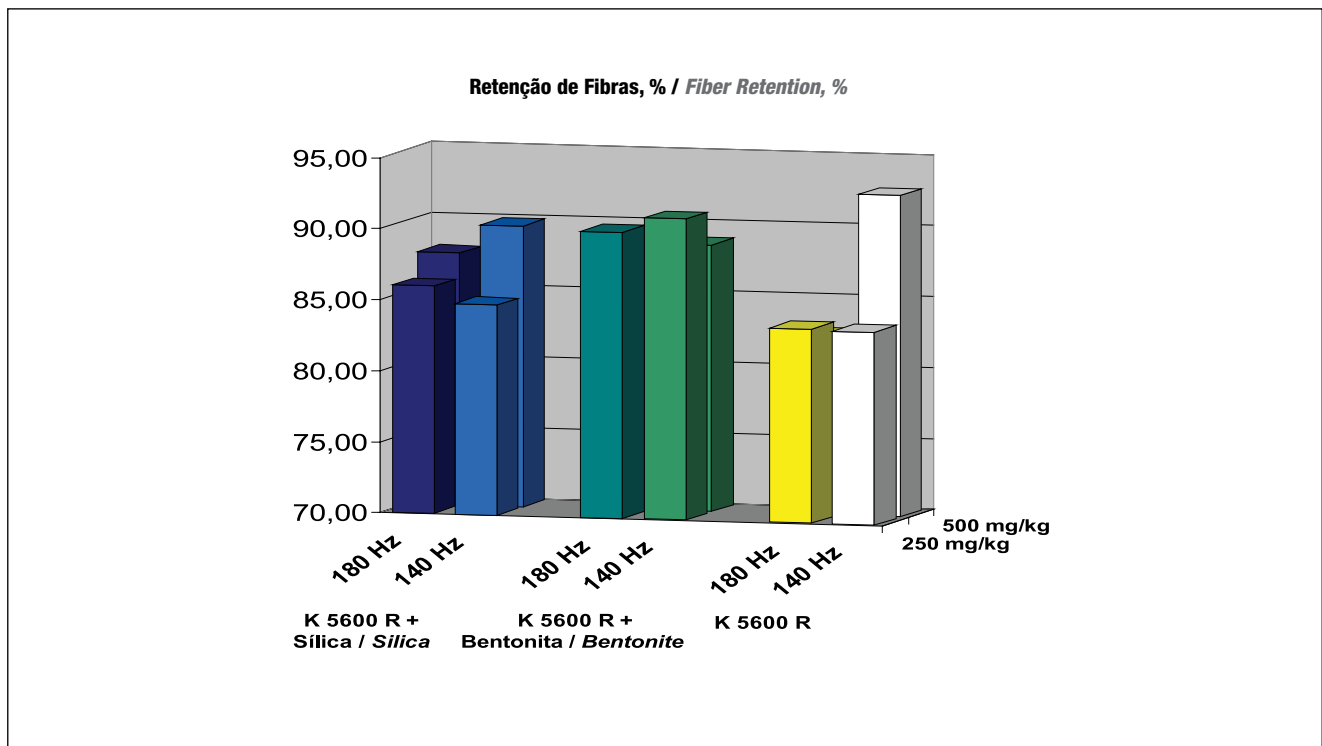
did not have a big impact on the fiber retention. The addition of microparticles was supposed to enhance the shear resistance and retention. Filler retention itself was not increased significantly, but shear resistance increased considerably. In practice, this means that the speed increases of 1240 m/min to 1620 m/min can be compensated for by increasing the polymer dosing, while the microparticles dosing is kept at a constant 2 g/kg of pulp.



**Figura 7.** Efeito das micropartículas na retenção do primeiro passo. Na esquerda foi utilizada sílica como micropartícula com dosagem de 2 g/kg de massa, e no centro é bentonita de forma correspondente. A dosagem de polímero tipo 2 é de 250 mg/kg de massa na primeira fila e de 500 mg/kg de massa na segunda fila. As frequências de pulsos de pressão foram de 140 Hz e 180 Hz / **Figure 7.** The effect of microparticles on FPR. On the left, silica was used as a microparticle with dosage of 2 g/kg of pulp, and in the middle is bentonite correspondingly. The dosage of polymer type 2 is 250 mg/kg of pulp in the front row and 500 mg/kg of pulp in the second row. The pressure pulse frequencies were 140 and 180 Hz



**Figura 8.** O efeito das micropartículas sobre a retenção de carga no primeiro passo com dosagem de 2 g/kg de massa é mostrado aqui como função da frequência de pulsação. A dosagem de polímero tipo 2 é de 250 mg/kg de massa na primeira fila e de 500 mg/kg de massa na segunda fila. As frequências de pulsos de pressão foram 140 Hz e 180 Hz / **Figure 8.** The effect of microparticles on first pass filler retention at dosage of 2 g/kg of pulp is shown as function of pulsation frequency. The dosage of polymer type 2 is 250 mg/kg of pulp in the first row and 500 mg/kg of pulp in the second row. The pressure pulse frequencies were 140 and 180 Hz



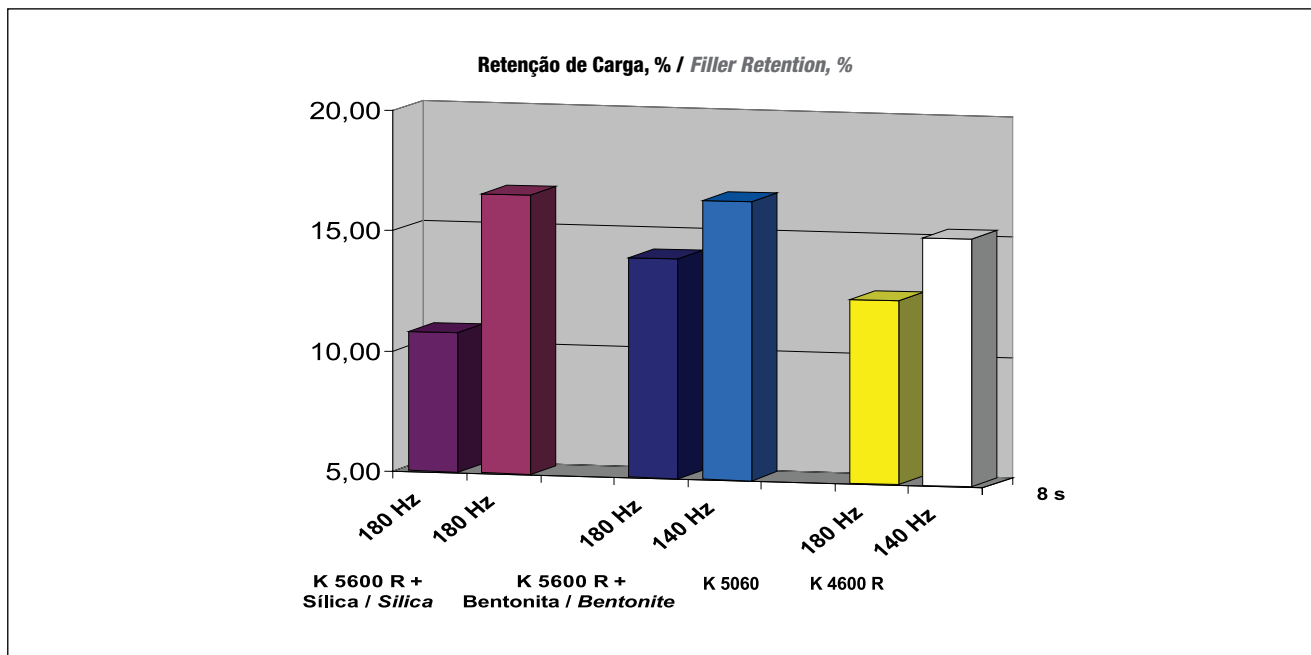
**Figura 9.** Indicação do efeito das micropartículas na retenção de fibras com dosagem de 2 g/kg de massa em função da frequência de pulsação. A dosagem de polímero tipo 2 é de 250 mg/kg de massa na fila dianteira e de 500 mg/kg de massa na segunda fila. As frequências de pulsos de pressão correspondem a velocidades da tela de 1240 m/min e 1640 m/min / **Figure 9.** The effect of microparticles on fiber retention at dosage of 2 g/kg of pulp is shown as function of pulsation frequency. The dosage of polymer type 2 is 250 mg/kg of pulp in the front row and 500 mg/kg of pulp in the second row. The pressure pulse frequencies correspond to wire speeds 1240 and 1640 m/min

Tanto a sílica quanto a bentonita melhoram a retenção em velocidades mais altas. O efeito sobre a retenção de carga não é muito grande, ainda que a retenção de carga tenha excedido 30% quando aplicado bentonita com dosagem mais alta de polímero a frequência de pulsação mais baixa. A consistência dos testes com micropartículas foi de 11 g/L, comparada a referência de 12 g/L. Isso explica, em parte, as pequenas melhorias quanto a retenção de carga quando eram usadas micropartículas no teste. Com auxílio das micropartículas a retenção de fibras foi aumentada em aproximadamente 5%. Talvez mais importante tenha sido a robustez da retenção quando foram alteradas dosagem de polímeros e frequência de pulsação.

Os tempos de adsorção do primeiro componente nos sistemas de micropartículas foram ampliados. A retenção no primeiro passo não aumentou em função de retardamento mais longo na dosagem do polímero catiônico. Quando o tempo de adsorção do polímero catiônico foi ampliado de 5 para 8 segundos quase todos os valores significativos de retenção permaneceram com valor constante. A maior diferença foi observada em relação ao polímero tipo 3, cuja retenção de carga diminuiu de 35% para 15% quando o tempo de adsorção foi aumentado em 3 segundos. A retenção de carga do polímero de maior massa molecular foi,

*Both silica and bentonite improves retention at higher speeds. The effect on filler retention is not huge, even if the filler retention was over 30% when bentonite was used with higher polymer dosage at lower pulsation frequency. The consistency of microparticle trials was 11 g/L compared to reference 12 g/L. This explains partly the small improvements of filler retention while microparticles were used in the trial. Fiber retention was increased roughly 5% with help of microparticles. Perhaps more important was the robustness of retention when polymer dosing and pulsation frequency were changed.*

*The adsorption times of first component in the microparticle systems were increased. First pass retention was not increased with longer dosing delay of the cationic polymer. When the adsorption time of the cationic polymer was increased from 5 seconds to 8 seconds almost all the significant retention values remained at constant level. The greatest difference was noticed with the polymer type 3, whose filler retention decreased from 35% to 15% when adsorption time was increased by 3 seconds. The filler retention of the highest molecular mass polymer was however*



**Figura 10.** A retenção de carga no primeiro passo com dosagem constante de polímero de 500 mg/kg de polpa é mostrada como função da frequência de pulsação. As frequências de pulsação foram de 140 Hz e 180 Hz com polímeros dos tipos 1 e 3. Os testes com micropartículas na frequência de 180 Hz foram feitos com consistência de 11 g/L, enquanto que em outros testes a consistência foi de 12 g/L. Neste ensaio os polímeros tiveram tempo de adsorção de 8 segundos antes da caixa de entrada / **Figure 10.** The first pass filler retention at constant polymer dosing of 500 mg/kg of pulp is shown as a function of pulsation frequency. Pulsation frequencies were 140 Hz and 180 Hz at polymer types 1 and 3. The microparticle trials with 180 Hz pulsation frequency were made at 11 g/L consistency, while in other trials were made at 12 g/L consistency. Polymers had 8 seconds adsorption time before headbox in this trial

porém, melhor do que a do polímero de massa molecular mais baixa. Pode-se ver, na **Figura 10**, que a bentonita foi mais eficaz do que a sílica quando o tempo de adsorção foi de 8 segundos. O tempo de adsorção de micropartículas foi de 2 segundos em todos os testes.

Com a utilização de micropartículas, a drenagem foi melhorada 3% em média. Devido a determinação das medições da drenagem não ter sido tão boa, neste estudo não foi relevante comparar o efeito dos diferentes tipos de micropartículas sobre a drenagem. Comparação mais acurada da retenção, drenagem e formação entre o Testador HSR e uma máquina de papel de imprimir/escrever comercial pode ser encontrada no trabalho de M.Sc. por Jani Honkonen [21].

## CONCLUSÕES

As experiências em condições de drenagem rápida mostraram claras diferenças entre os tipos de polímeros. O polímero catiônico de massa molecular mais alta foi o mais eficiente em situações de forte cisalhamento. Esse tipo de polímero também teve a melhor retenção de carga mineral. A estratégia de dosagem teve clara influência na retenção. A retenção da carga mineral podia ser aumentada aproximando o ponto de dosagem de polímero catiônico à caixa de entrada, pois que tempo de adsorção mais longo favorece a retenção de fibras. Tempo de adsorção mais longo e mais tempo no

*better than with the lowest molecular mass polymer. It can be seen from **Figure 10** that bentonite is more effective than silica when the adsorption time was 8 seconds. The adsorption time of microparticles was 2 seconds in all trials.*

*The drainage was enhanced on the average by 3% when microparticles were used. Because the resolution of the drainage measurements was not so good, it was not relevant to compare the effect of different microparticle types on drainage in this study. More accurate comparison of retention, drainage and formation between of HSR-Tester and a commercial fine paper machine can be found by M.Sc. work by Jani Honkonen [21].*

## CONCLUSIONS

*The experiments in rapid drainage circumstances gave clear differences between the polymer types. The highest molecular mass cationic polymer was the most effective in high shear conditions. This polymer type had also the best filler retention. The dosing strategy had a clear influence on retention. The filler retention could be increased moving the cationic polymer dosing point closer the headbox, since longer adsorption time favors fiber retention.*

fluxo de polpa reduzem a retenção de carga pelo polímero catiônico de massa molecular mais alta. Uma explicação para a diminuição dessa retenção de carga é que as cadeias de polímeros mais longas ligam mais material de carga em flocos maiores, que são mais facilmente rompidos por forças de cisalhamento de mais duração, enquanto tipo de polímero mais curto forma flocos menores. Também poderia ser que forças de cisalhamento na linha de alimentação fragmentem cadeias longas de polímeros, que não teriam boa capacidade de refloculação. É possível que o mecanismo de ligação tenha sido substituído por um tipo de adsorção por agregação depois da fragmentação das cadeias de polímeros. Isso pode explicar a boa retenção de carga com alta frequência de pulsação e tempo de adsorção de 5 segundos com o polímero catiônico de massa molecular mais alta. Basicamente, esses resultados estão bem de acordo com a literatura pertinente. Área com consistência realística e boa característica de mistura no Testador HSR favorecem a eficiente retenção da carga, mas condições de formação muito violentas se constituem em desafio para a obtenção de um bom nível de retenção. Isso deve ser sempre lembrado ao planejar estudos com o Testador HSR.

As micropartículas tiveram efeito positivo na retenção e na resistência ao cisalhamento. A importância da estratégia de dosagem cresce quando aumenta o número de agentes de retenção. Os pontos de adição de micropartículas e polímeros catiônicos têm efeito sobre a retenção da carga mineral. O desempenho do sistema de retenção também depende do tipo da micropartícula aniônica. Nessas experiências a bentonita teve desempenho melhor do que a sílica. Em testes anteriores, com diferentes pontos de dosagem e tempos de adsorção mais curtos, a sílica mostrou desempenho melhor. A dosagem da sílica pode ser próxima da caixa de entrada. Isso pode ser atribuído à maior área superficial da sílica, em comparação a bentonita.

Pode-se concluir que o Testador HSR é dispositivo aprovado como ferramenta útil na avaliação do desempenho de polímeros de retenção. No Testador HSR todos os fatores com efeito no desempenho de sistemas de retenção podem ser variados de modo controlado.

### Agradecimentos

Este trabalho foi patrocinado pela TEKES, a Agência Finlandesa Financiadora para a Tecnologia e Inovação. Os autores também agradecem ao consórcio de pesquisa Kemira Chemicals, Zeofinn Oy (Huber Inc.), Metso Papermachines, UPM-Kymmene e Tamfelt (agora parte da Metso). Agradecimentos extensivos à Specialty Minerals Inc., por oferecer tempo de preparação e fazer a apresentação na Sessão Técnica de Papel do “43.º Congresso & Exposição Internacionais de Celulose e Papel da ABTCP-TAPPI 2010”. ▲

*Longer adsorption time and longer time in pulp flow reduce filler retention of highest molecular mass cationic polymer. One explanation to reduced filler retention is that the longer polymer chains bridges more filler material to larger flocks and those are easier broken with longer lasting shear forces, while shorter type of polymer forms smaller flocks. It could also be since the shear forces in the feeding line cut long polymer chains and they do not have good reflocculation ability. It is possible that bridging mechanism was replaced by batch type of adsorption after the polymer chains were broken. This can explain good filler retention with high pulsation frequency and 5 second adsorption time with the highest molecular mass cationic polymer. Basically, these results are well in line with literature in the area. Realistic consistency area and good mixing characteristic in HSR-Tester favor good filler retention, but very violent forming conditions makes it challenging to achieve good filler retention level. This must keep in mind while designing studies with HSR-Tester.*

*Microparticles had positive effect on retention and the shear resistance. The importance of dosing strategy grows when the number of retention aids components is increased. The addition points of microparticles and cationic polymers have an effect on filler retention. Performance of retention system depends also of the type of the anionic microparticle. In these experiments bentonite had better performance than silica. In previously experiments with different dosing points and shorter adsorption times silica had better performance. The dosing point of silica can be closer the headbox. This can be due to the higher surface area of silica compared to bentonite.*

*It can be concluded that the HSR-Tester can be used as a useful tool for evaluating the performance of retention polymers. All the factors having effect on the performance of retention systems can be varied in a controlled way in HSR-Tester.*

### Acknowledgement

*This work has been supported by TEKES, the Finnish Funding Agency for Technology and Innovation. The authors thank also research consortium of Kemira Chemicals, Zeofinn Oy (Huber Inc.), Metso Papermachines, UPM-Kymmene and Tamfelt (now part of Metso). Additional thanks to Specialty Minerals Inc. for providing time to prepare and give the presentation in the Paper Technical Session of “ABTCP-TAPPI 2010 – 43rd Pulp and Paper International Congress & Exhibition”. ▲*

## REFERÊNCIAS / REFERENCES

1. Norman, B., *On the mechanisms of Dewatering in the Twin-wire and Press Sections*, Nordic Pulp Paper Res. J. 2(Special Issue), 39-46, 1987.
2. Bando, T., Nagano A., Iwata, H., *Drainage mechanism on a Twin-Wire Former (Part 1) Factors affecting on the drainage phenomena*, Jpn Tappi J. 48 (7), 948-954, 1994.
3. Bando, T., Adachi, T., Iwata, H., *Drainage mechanism on a twin-wire former. (Part 2) Computer simulation on pulsating drainage*, Jpn Tappi J. 48(11), 1492-1498, 1994.
4. Zahrai, S., Bark, F. H., *On the fluid mechanics of twin wire blade forming in paper machines*, Nordic Pulp Paper Res. J., 10(4), 245-252, 1995.
5. Zhao, R. H., Kerekes, R. J., (1995): *Pressure distribution between forming fabrics in blade gap formers: Thin blades*, J Pulp Paper Sci. 21(3), J97-J103.
6. Sivén, S., Manner, H., *High Speed Retention Tester*, paper presented at the PAPTAC 86th Annual Meeting, Montreal, Feb. 1-4, 2000. A37-A41.
7. Sivén, S., Manner, H., *Twin Wire Retention Tester*, 2000 TAPPI Papermakers Conference, Vancouver, BC, Canada, 2000: 767-773.
8. Petäjä, T. (1980). *Fundamental mechanisms of retention with retention agents. Part 1. Electrolyte and simple polymer systems. Part 2. Dual polymer systems*, Kemia Kemi 7(3), 110-112, 129-130; 7(5), 261-263.
9. Tripaththaranan, T., Hubbe, M. A., Venditti, R. A., and Heitmann, J. A. (2004). *Effect of idealized flow conditions on retention aid performance. 1. Cationic acrylamide copolymer*. Appita J. 57(5), 404-410
10. Rytkönen, A., *Syöttöviiveiden vaikutus kaksikomponenttisten retentioainesysteemien toimintaan*. M.Sc. work, Lappeenta University of Technology, 2005.
11. [http://www.wetend.com/media/TrumpJet\\_Flash\\_Mixing\\_for\\_filler.pdf](http://www.wetend.com/media/TrumpJet_Flash_Mixing_for_filler.pdf)
12. Hubbe, M. A., Tripaththaranan, T., Heitmann, J. A., and Venditti, R. A. (2006). *The 'Positive Pulse Jar (PPJ): A flexible device for retention studies*, Paperi ja Puu 88(1), 39-45.
13. Honig, D.S., O'Toole, M.P., Harris, E.W., Jackson, L.A., Pawlowska, L.M., *Formation Improvements with Polymeric Microparticle Systems*, 1993 Papermakers Conference, Book 1, Marriott Marquis, Atlanta, Georgia 18-21.4., TAPPI Press, Atlanta, 1993, 153-162.
14. Swerin A., Mähler, A., *Formation, Retention and Drainage of a Fine Paper Stock during Twin-Wire Roll-Blade Forming. Implication of Fibre Network*. Nord.Pulp.Pap.Res.J., 11(1), 36-42, 1996.
15. Albinsson, C-A., Swerin, A., Ödberg, L., *Formation and retention during twin-wire blade forming of a fine paper stock*, Tappi J., 78(4), 121- 128, 1995.
16. Pierre, C., Carré, B., *Complementarity Between Two Dewatering and Retention Microparticle Systems : " Cationic Starch / Anionic Collidal Silica; and Potato Starch / Aluminium Salts*. 1993 Papermakers Conference, Book 1, Marriott Marquis, Atlanta, Georgia 18-21.4., TAPPI Press, Atlanta, 1993, 163-170.
17. McCourt, A., Ford, P., Cauley, T.A., *A Practical View of a Microparticle System in Supercalandered Paper*, 1993 Papermakers Conference, Book 1, Marriott Marquis, Atlanta, Georgia 18-21.4., TAPPI Press, Atlanta, 1993, 177-180.
18. Wackerberg, E., Johansson, K., Wallin, S., *Microparticle technology in clay filled groundwood specialty printing grades produced under neutral or alkaline conditions*, Pulp.Paper Can., p. 44-48 (T290-T294), 1994.
19. Swerin A., Mähler, A., *Formation, Retention and Drainage of a Fine Paper Stock during Twin-Wire Roll-Blade Forming. Implication of Fibre Network*. Nord.Pulp.Pap.Res.J., 11(1), 36-42, 1996.
20. Miyanishi T., Motegi, S., *Optimization of flocculation and drainage for microparticle systems by zeta potential control*, Tappi 1996 Papermakers Conference, Philadelphia Marriott, Philadelphia, PA, March 24-27, 73-82
21. Honkonen, J., *HSR-Testerin käyttö kitaformeritekniikan simuloinnissa*. M.Sc. work, Lappeenranta University of Technology. 2008.