

Möjligheter att spara energi i pappersmaskinen

Skogsindustridagarna, Sundsvall
Mars 2014

Lars Nilsson
Miljö- och energisystem
Karlstads universitet



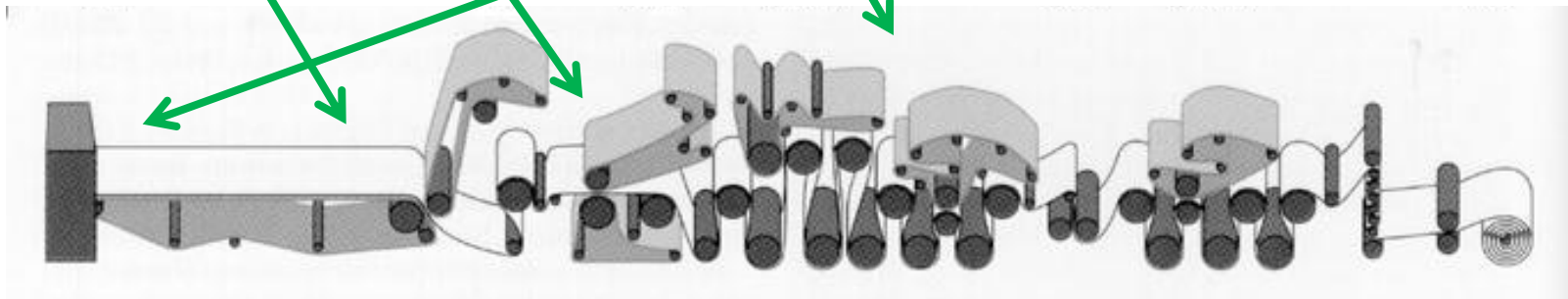
Innehåll

- Pappersmaskinen
- Råvaran
- Processoptimering - daggpunkt
- Processoptimering – vakuum
- Forskningsfrågor



Pappersmaskinen

I pappersmaskinen sker avvattning genom gravitationen, undertryck, pressning och förångning.



0,1%

25%

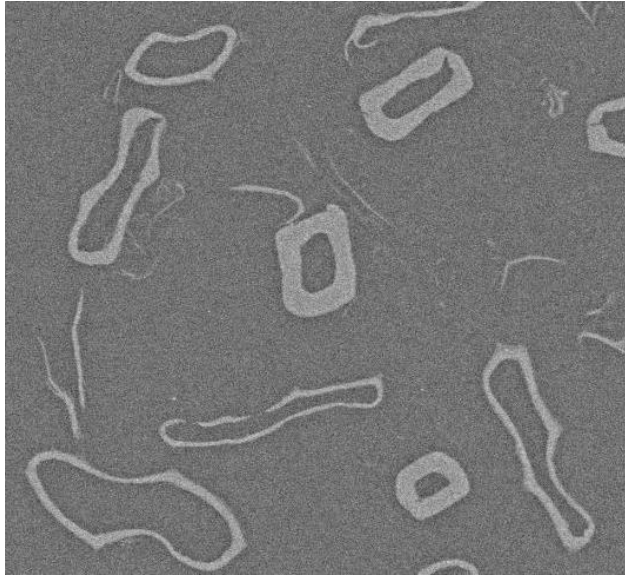
40%

95%

Indikationer på torrhalten

Råvaran

Fiberkarakterisering



SEM-bilder på fibertvärnsnitt

Centrifugering
WRV (Water Retention Value)

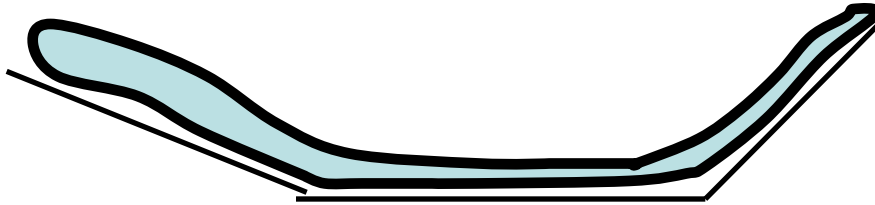
Stora molekyler
FSP (Fiber Saturation Point)

Vatten med annan fryspunkt
Termoporosimetri

Vatten som är svårt att få bort!!!

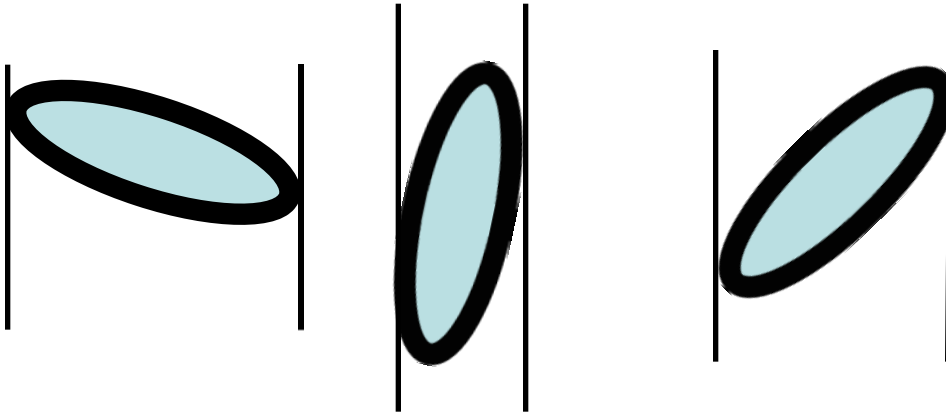
Råvaran

Fiberdimensioner



Flera instrument finns:

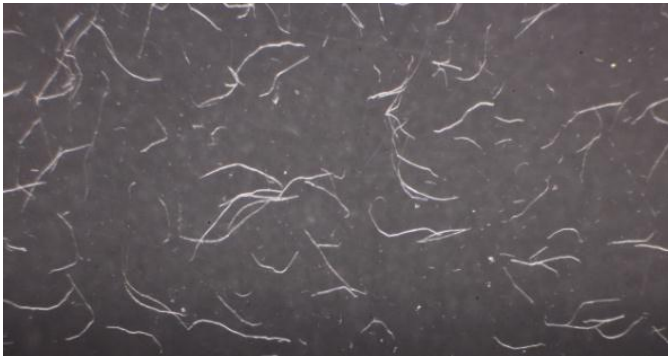
- Fiberlängd
- Fiberbredd
- Coarseness (längddensitet)



I kombination med bestämning av fiberväggens vatteninnehåll får man en uppfattning om hur fibern ser ut.

Råvaran

Vilket vatten tas bort?

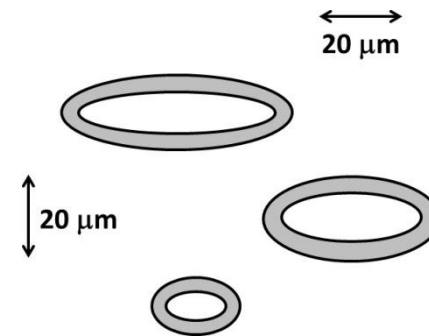


Vatten mellan fibrerna?

Vatten i lumen?

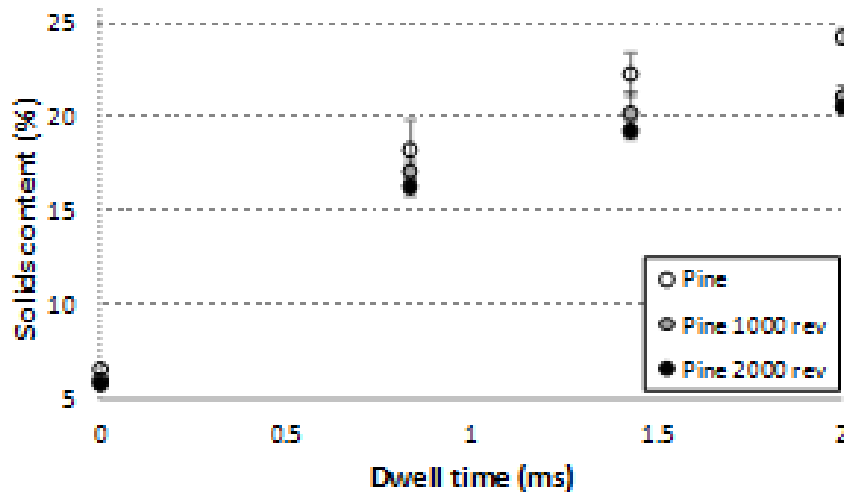
Vatten i fiberns vägg?

Presstorrhalten viktig parameter

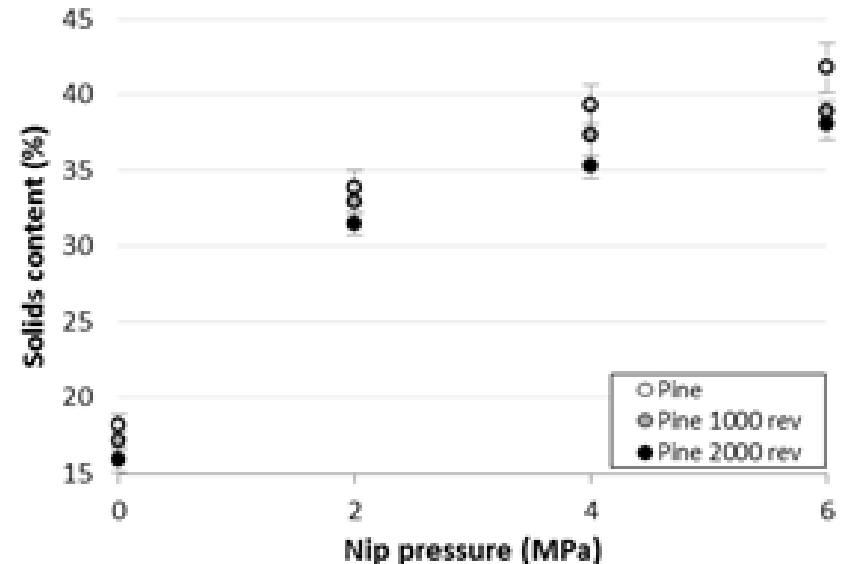


Råvaran

Malning försvårar mekanisk avvattning

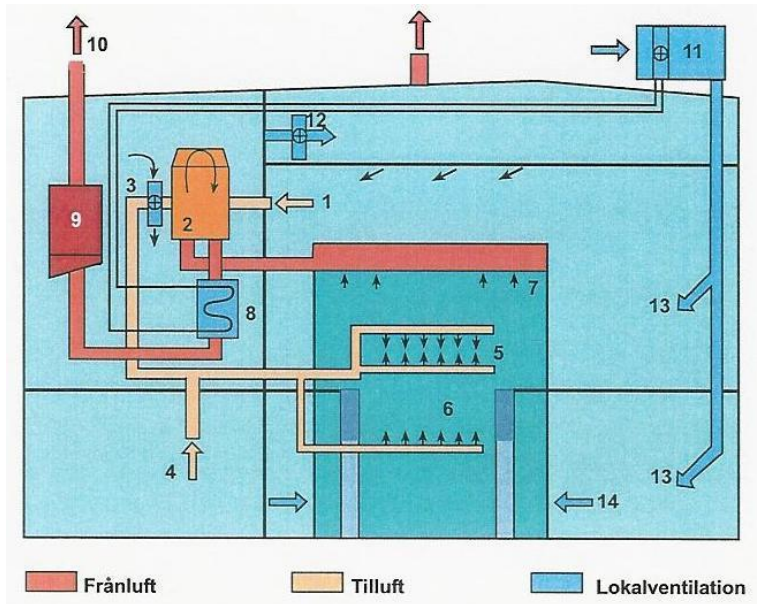


Pressning 25 ms presspuls
Kullander et al. NPPRJ 27(5): 947 – 951



Vakuumavvattning 50 kPa
Kullander et al. NPPRJ 27(1): 143 – 150

Processoptimering - daggpunkt



Utgående fukt mångcylindertork:
0.14 kg H₂O/kg torr luft ??

Utgående fukt yankeekåpa för mjukpapper:
0.4 kg H₂O/kg torr luft ??

Spetsvärmning av tilluft med processånga
Tillufts- och frånluftsfläktar

Extra gasanvändning
Tillufts- och frånluftsfläktar

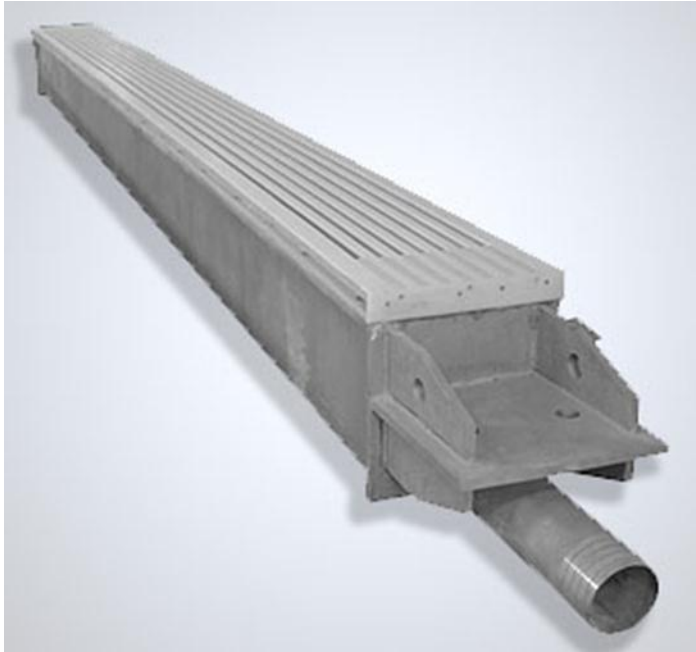
Processoptimering - daggpunkt

Daggpunkt (°C)	Fuktinnehåll (kg H ₂ O/kg t.l.)	Specifik luftförbrukning (ton t.l./ton papper)
58	0,138	9,5
62	0,174	7,4
66	0,210	6,1
76	0,417	3,0
78	0,480	2,6
80	0,564	2,2

Presstorrhalten har antagits till 44%.



Processoptimering - vakuum



Avvattning av pappersbana och beklädnad

Suglådor och sugvalsar

Processoptimering - vakuum

Kvalitet	Antal PM	Elförbrukning	
		Lägsta	Högsta
Finpapper	27	37 kWh/ton	132 kWh/ton
Liner	18	32 kWh/ton	115 kWh/ton

Data från Lahtinen & Karvinen (2010)



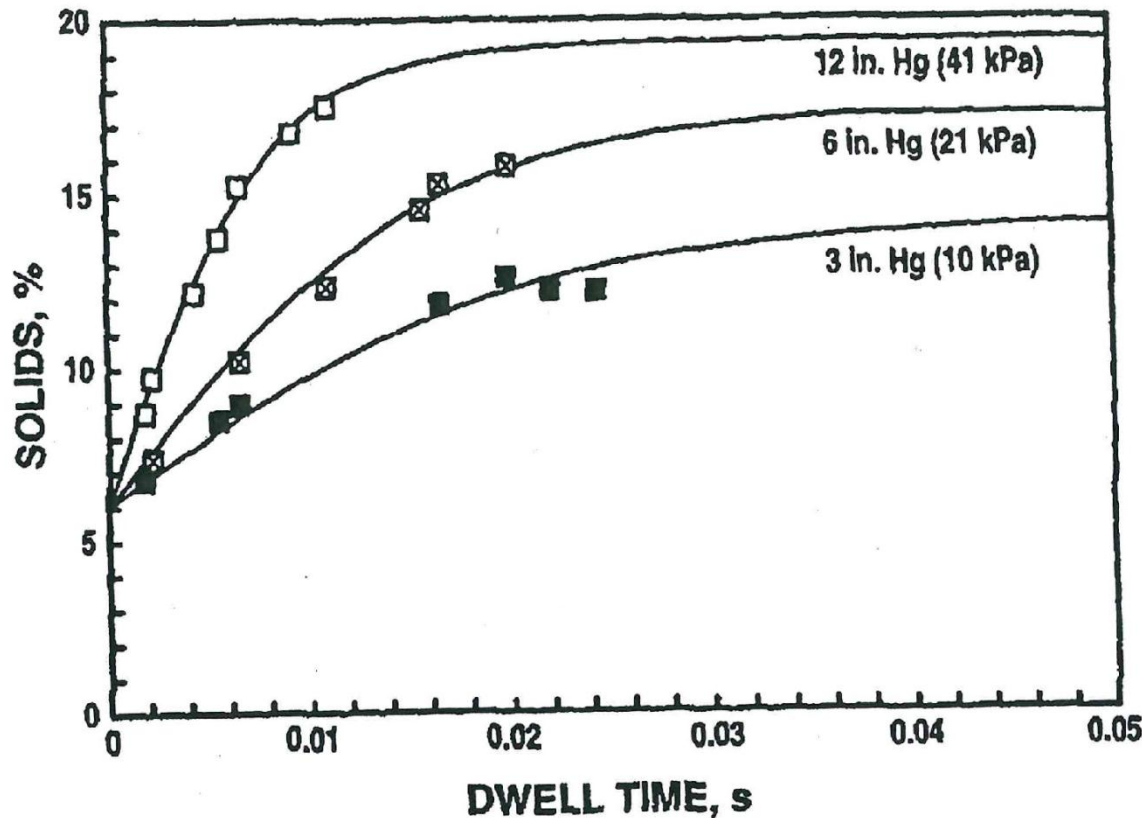
Typiska industriella data

Betydande spridning:

- **Vakuumpumpar och flödesreglering med olika effektivitet?**
- **Vakuum används för andra saker än för avvattning?**
- **Papperstillverkare siktar på olika torrhalter efter vakuumavvattning?**



Exempel på publicerade data



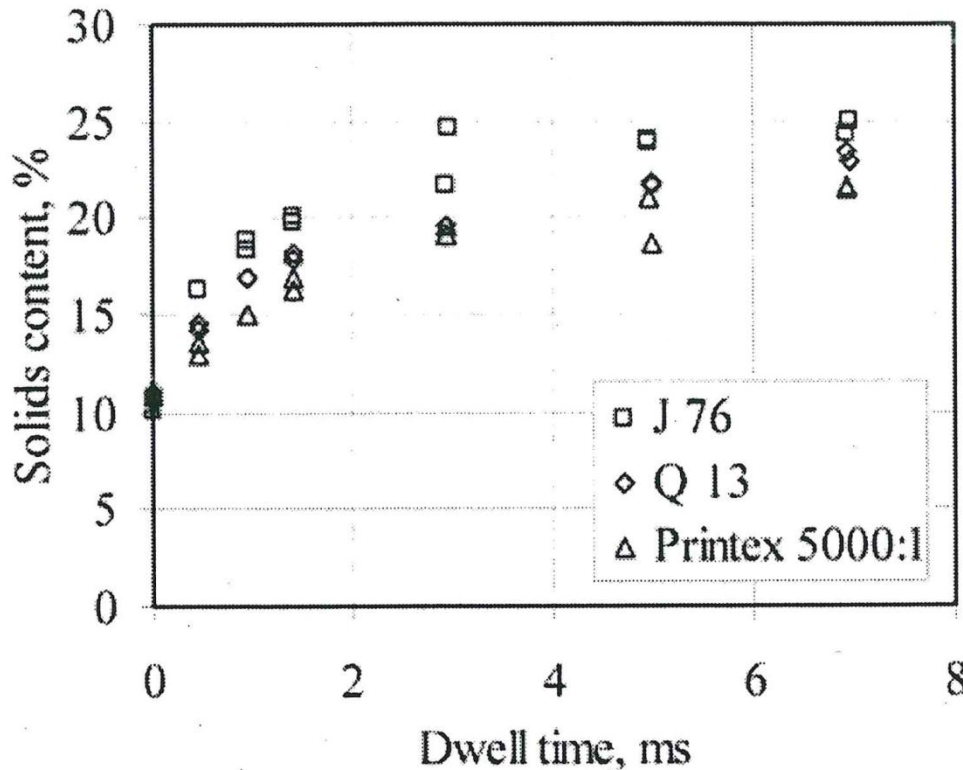
**Neun, Tappi Journal
77(9): 133-138**

Data från 1994

**Torrhalten ökar med
uppehållstiden.**

**Ökad vakuumnivå ger
högre torrhalt.**

Exempel på publicerade data

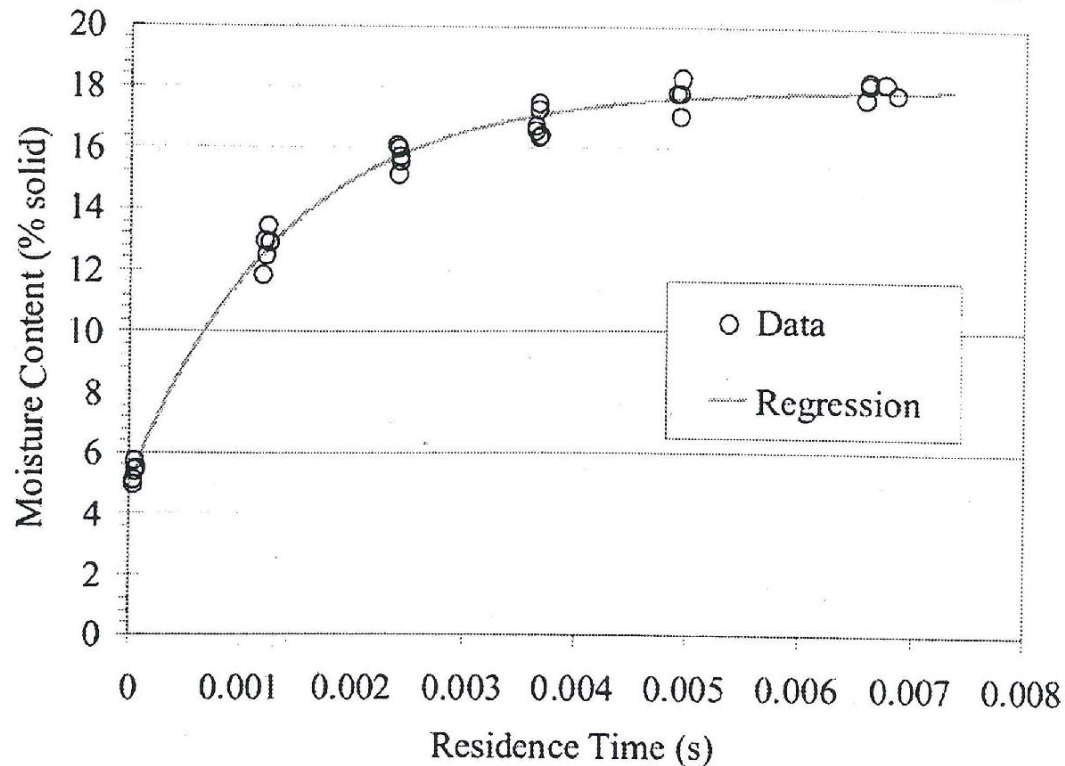


**Granevald et al.,
NPPRJ 19(4): 428-433**

Data from 2004

**Formningsviran
påverkar avvattningen
till viss del.**

Exempel på publicerade data

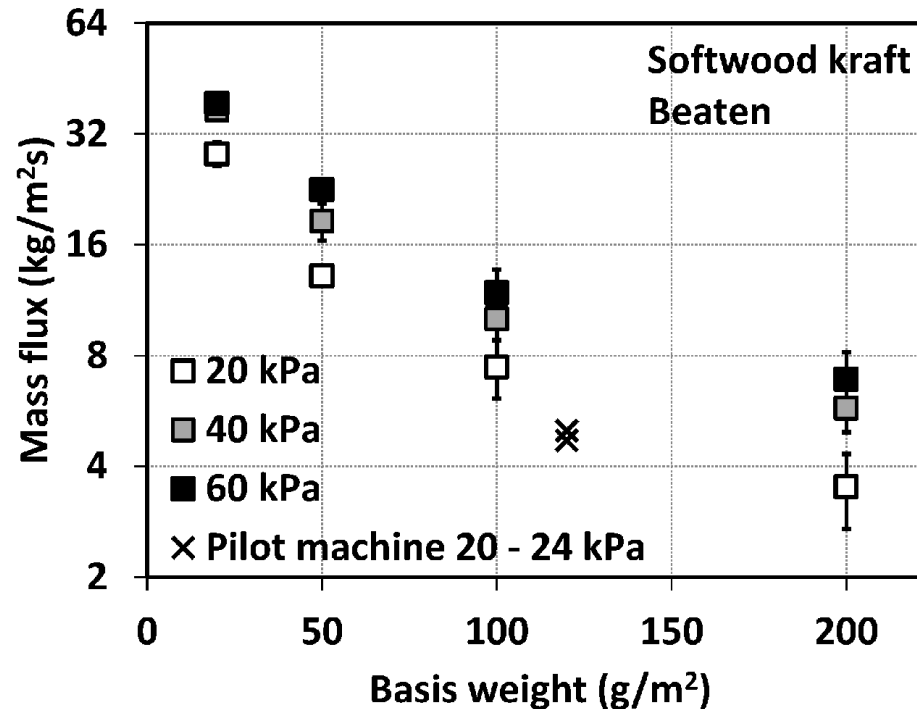


**Pujara et al., Drying
Technology 26(3):
341-348**

Data från 2008

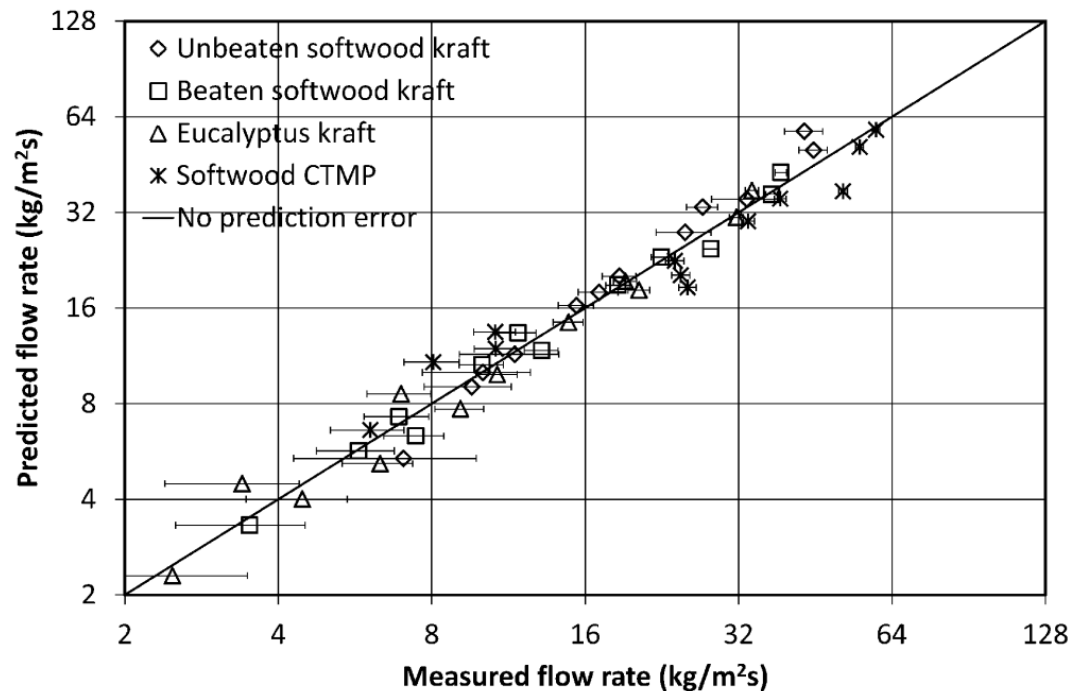
**Torrhalten når ett
värde som är nästan
konstant.**

Pågående forskning vid Karlstads universitet: Mätningar av luftflöde under avvattning



Nilsson, Drying Technology 32(1): 39 – 46
Data från 2014

Pågående forskning vid Karlstads universitet: Modellering av stationärt luftflöde



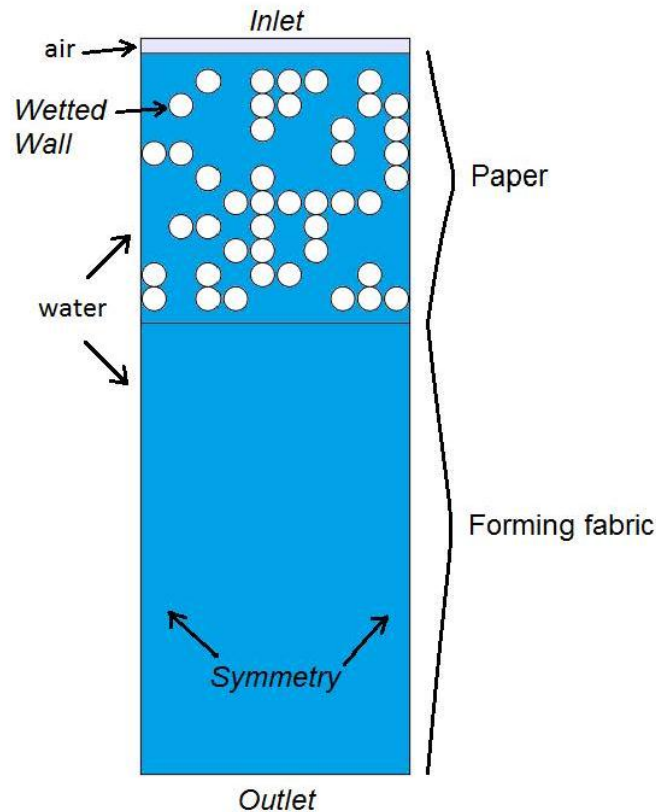
**Nilsson, inskickad för granskning
Data från 2014**

Lars Nilsson
Miljö- och energisystem

Pappersmaskinen
Råvaran
Processoptimering - daggpunkt
Processoptimering - vakuum
Forskningsfrågor



Pågående forskning vid Karlstads universitet: Instationär modellering av tvåfasflöde

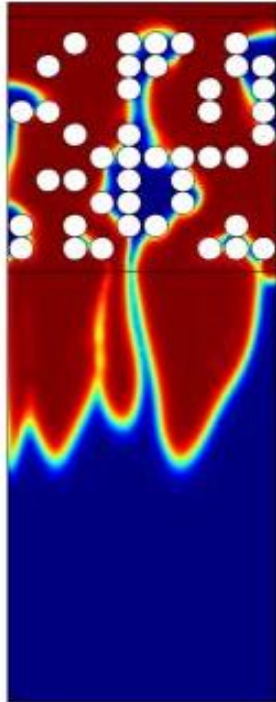


Hur?

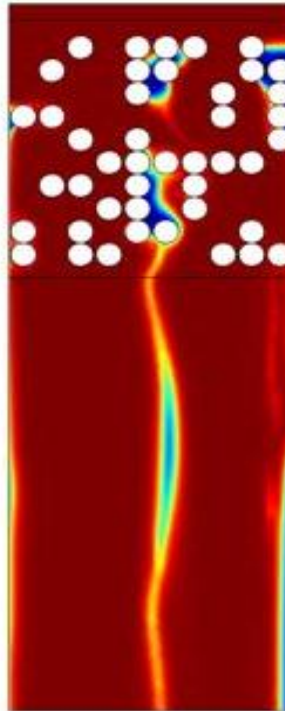
- Fiberns diameter mäts upp
- Mängden "fritt" vatten uppskattas
- Strukturen byggs upp i programvara för CFD
- Programmet predikterar hur gränsytan mellan vatten och luft rör sig

Pågående forskning vid Karlstads universitet: (Instationär modellering av tvåfasflöde)

$t = 0.2 \text{ ms}$



$t = 0.4 \text{ ms}$



Modellprediktion

Snabb initial avvattning av stora porer.

Långsammare avvattning av mindre porer när de stora porerna är tömda.

Luftflödet ökar och når steady-state.

**Rezk et al., Chemical Engineering Science 101: 543-553
Data från 2013**

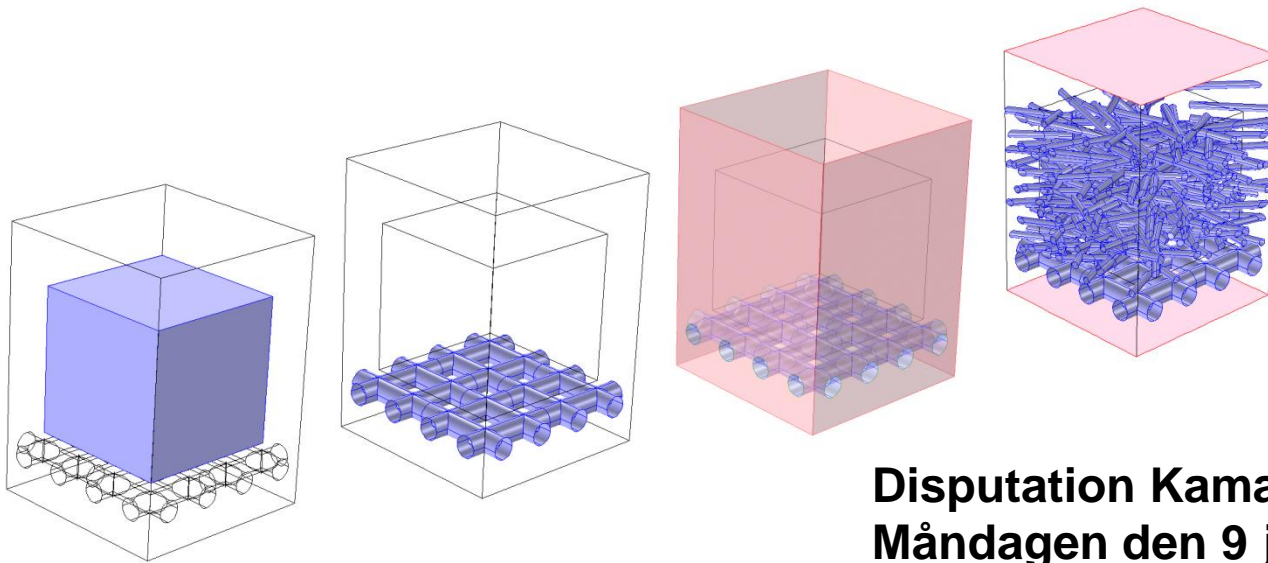
Lars Nilsson
Miljö- och energisystem

Pappersmaskinen
Råvaran
Processoptimering - daggpunkt
Processoptimering - vakuum
Forskningsfrågor



Pågående forskning vid Karlstads universitet: (Instationär modellering av tvåfasflöde)





Modellen har vidarutvecklats med 3D-nätverk
och bättre beskrivning av viran.



z

Disputation Kamal Rezk
Måndagen den 9 juni

Samverkan universitet - näringsliv

- **Produktionseffektivitet i befintliga bruk** 
- **Ökad kunskap om potentialen för svensk fiber** 
- **Benchmarking av råvara: svensk och asiatisk** 
- **Andra sätt att skapa värde ur biomassan** 

Tack så mycket!



Lars Nilsson
Miljö- och energisystem

Pappersmaskinen
Råvaran
Processoptimering - daggpunkt
Processoptimering - vakuum
Forskningsfrågor

