



# CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionen för kemi- och bioteknik

Avdelningen för kemiteknik

| KURSNAMN  | Separations- och apparatteknik,<br>KAA095   | Med förslag till lösningar av<br>beräkningsuppgifter |
|---|---|--|
| PROGRAM: namn<br>åk / läsperiod   | Civilingenjörsprogram kemiteknik<br>Civilingenjörsprogram med fysik<br>årskurs 3 läsperiod 1  |  |
| EXAMINATOR  | Krister Ström   |  |
| TID FÖR TENTAMEN<br>LOKAL   | Torsdag 22 augusti 2013, kl 08.30-13.30<br>V  |  |
| HJÄLPMEDEL  | Valfri räknedosa/kalkylator med <b>tömt</b> minne. Egna anteckningar och kursmaterial är <b>ej</b> godkänt hjälpmedel<br>"Data och Diagram" av Sven-Erik Mörtstedt/Gunnar Hellsten<br>"Physics Handbook" av Carl Nordling/Jonny Österman<br>"BETA $\beta$ " av Lennart Råde/Bertil Westergren<br>Formelblad (vilket bifogats tentamentesen)   |  |
| ANSV LÄRARE: namn<br>telnr<br>besöker tentamen                          | Krister Ström<br>772 5708<br>Kl 09.30 resp kl 11.00   |  |
| DATUM FÖR ANSLAG av<br>resultat samt av tid och plats<br>för granskning | Svar till beräkningsuppgifter anslås fredag 23 augusti på kurshemsidan, studieportalen. Resultat på tentamen meddelas tidigast 12 september efter kl 12.00 via e-post. Granskning 16 september kl 12.30-13.00 samt 19 september kl. 12.30-13.00 i seminarierummet, forskarhus II plan 2.  |  |
| ÖVRIG INFORM.   | Tentamen består av en teoridel med åtta teorifrågor samt en räknedel med fyra räkneuppgifter. Poäng på respektive uppgift finns noterat i tentamentesen. För godkänd tentamen fordras 40% av tentamens totalpoäng. Samtliga diagram och bilagor skall bifogas lösningen av tentamensuppgiften. Diagram och bilagor kan <b>ej</b> kompletteras med vid senare tillfälle.<br><br>Det är Ditt ansvar att Du besitter nödvändiga kunskaper och färdigheter. Det material som Du lämnar in för rättning skall vara väl läsligt och förståeligt. Material som inte uppfyller detta kommer att utelämnas vid bedömningen.<br><br>Betyggränser: 20-29 poäng betyg 3, 30-39 poäng betyg 4 och 40-50 poäng ger betyg 5. |  |

---

## Del A. Teoridel

- A1.** Kokpunktsförhöjning för med sig att avdunstad ånga är överhettad!
- Beskriv fenomenet kokpunktsförhöjning!
  - Innan denna ånga används som värmande medium i nästa effekt mättas denna! Hur och varför görs detta?
- (3p)
- A2.** Beskriv funktionen hos en fallfilmindunstare och komplettera beskrivningen med en skiss!
- (3p)
- A3.** a) Varför bör inte filtrering vid konstant tryckfall tillämpas om man har problem i inledningsskedet av filtreringen?  
b) Namnge ett valfritt filter och beskriv kortfattat dess funktion. Ange om filtret är kontinuerligt eller satsvis arbetande.
- (2p)
- A4.** a) Vilka förutsättningar gäller för ett idealt torksteg i en konvektionstork? Vad innebär detta för processen i ett Mollierdiagram? Motivera!  
b) Vad är för- och nackdelar med konduktionstorkar i jämförelse med konvektionstorkar?
- (2p)
- A5.** Redogör för hur lakgodsets och lakmedlets tillstånd och egenskaper påverkar lakningsförloppet!
- (2p)
- A6.** a) Vilken inverkan har trycket på vätska-vätskajämvikten vid extraktion? Motivera svaret!  
b) Vid vilken temperatur arbetar vätska-vätskaextraktionsutrustningar vid vanligtvis? Motivera svaret!  
c) Vilka fördelar respektive nackdelar kan nämnas för *mixer-settlers*?
- (3p)
- A7.** Man kan utnyttja McCabe-Thieles metod vid bestämning av antalet ideala extraktionssteg för en vätska-vätskaextraktionsprocess. Under vilken förutsättning?
- (2p)
- A8.** • Beskriv funktionen hos en tubulär centrifug!  
• Hur kan kapaciteten ökas hos en centrifug?
- (3p)

## Del B. Problemdel

**B1.** I en enkeleffektindunstare ska 850 kg/h av en saltlösning koncentreras från 2 till 3 vikt-%. Tillflödets temperatur är 42°C och indunstningen ska ske vid atmosfärstryck. Tillgänglig färskånga har mättnadstrycket 1.6 bar. Indunstarens värmeöverförande yta har uppmätts till 16 m<sup>2</sup>. Eftersom lösningarnas koncentration är låga kan kokpunktsförhöjningarna försummas. Lösningens specifika värmekapacitet kan sättas till motsvarande för rent vatten.

- Beräkna flödet av koncentrerad lösning!
- Beräkna flödet av färskånga!
- Beräkna det skenbara värmegenomgångstalet

(8p)

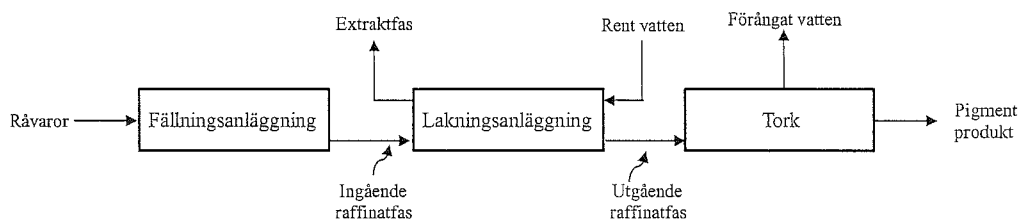
**B2.** En konvektiv tork ska användas för att torka ett temperaturkänsligt material. Torkgodsflödet in till torken är 9,6 ton fuktigt gods per timme och det håller en fuktkvot på 3,5. Utgående torkgods har en fuktkvot på 0,8. Godset bör inte utsättas för högre temperatur än 50°C. Torkluftens tillstånd varierar och för dimensioneringen studerar man två fall. I det ena är ingående temperatur 10°C och relativa fuktigheten 50 %, i det andra är temperaturen 25°C och relativa fuktigheten 50 %. För att undvika problem med avgaserna, bör inte utgående relativ fuktighet vara högre än 90 %.

- a) Bestäm för de båda fallen, under förutsättning att torkningen sker idealt, specifik luftförbrukning, specifikt värmebehov, luftförbrukning i m<sup>3</sup>/h och tillförd värmeeffekt.
- b) Förlusterna i torken kan uppskattas ge en entalpiminskning i torkluften på 600 kJ/kg avdunstat. Om utgående luft fortfarande inte får hålla högre relativ fuktighet än 90 %, vad blir då den maximala luftförbrukningen (i m<sup>3</sup>/h) vid de dimensionerande fallen?

(8p)

Mollierdiagram bifogas.

**B3.** Ett färgpigment framställs genom fällning i en fällningsanläggning. Från denna fällningsanläggning förs en ström, 150 kg/h, innehållande 80 vikt-% fällning, 13 vikt-% lösligt salt och resten vatten till en lakningsanläggning. Lakningsanläggningen arbetar i motström med rent vatten som lösningsmedel och man har funnit att det inerta materialet kvarhåller 0.5 kg lösningsmedel per kg inert. Den från anläggningen utgående extraktfasen ska innehålla 27 vikt-% lösligt salt. Färgpigmentet får enbart innehålla 1-vikt-% lösligt salt vid försäljning och resten pigment varför raffinatfasen torkas efter lakningen. Se figur nedan!



Vänd ☞!

- 
- Hur många ideala lakningssteg fordras?
  - Hur mycket rent vatten måste tillföras lakningsanläggningen?
  - Hur mycket vatten måste förångas i torken?

(8p)

**B4.** En förtjockare med arean  $100 \text{ m}^2$  används för att förtjocka en suspension med ett flöde av  $75.75 \text{ m}^3/\text{h}$  från  $80 \text{ kg/m}^3$  till  $360 \text{ kg/m}^3$ .

- Arbetar förtjockaren vid maximal kapacitet? Motivera svaret!
- Hur mycket kan kapaciteten eventuellt ökas?
- Vilken storlek på partiklar kan man riskera följa med i överloppet i den maximalt belastade förtjockaren?

Givna data:

- Partiklarnas densitet -  $2500 \text{ kg/m}^3$
- Vätskans densitet -  $1000 \text{ kg/m}^3$
- Vätskans viskositet -  $0.001 \text{ Pas}$

cv-c-kurva bifogas.

(6p)

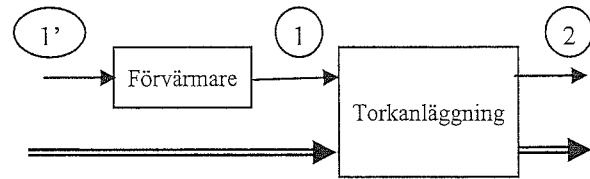
Göteborg 2013-08-15  
Krister Ström

## Formelblad – Separations- och apparatteknik

### TORKNING

$$\frac{dH}{dY} = \frac{H_1 - H_2}{Y_1 - Y_2} = c_{pl} T_{S_1} - q_S - q_{X_1} - q_F$$

$$q_D = \Delta H_{vap, T_0} + c_{pV} T_{G_2} - c_{pl} T_{S_1}$$



### FILTRERING

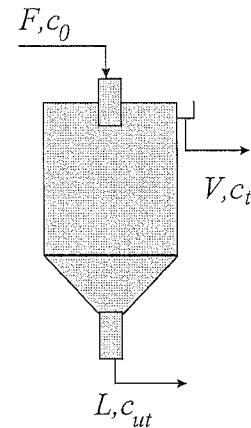
$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \Delta P}{\mu(c\alpha_{av}V + AR_m)}$$

$$c = \frac{\rho J}{(1-J) - \frac{\varepsilon_{av}}{1-\varepsilon_{av}} J \frac{\rho}{\rho_s}}$$

### SEDIMENTERING

Fri sedimentering:  $v = \frac{D_p^2 (\rho_s - \rho) g}{18\mu} \quad ; \quad A \geq \frac{F}{v}$

Hindrad sedimentering: Nedre driftlinjen  $cv = \frac{L}{A}(c_{ut} - c)$   
 Övre driftlinjen  $cv = \frac{V}{A}(c - c_t)$



### STRÖMNING I PORÖS BÄDD

Kozeny-Carman baserad:  $v_{mf} = \frac{1}{K''} \frac{\varepsilon_{mf}^3}{S^2 (1 - \varepsilon_{mf})} \frac{(\rho_s - \rho) g}{\mu}$

Ergun baserad:  $v_{mf} = -\frac{150(1 - \varepsilon_{mf})\mu}{3.5D_p\rho} + \sqrt{\left(-\frac{50(1 - \varepsilon_{mf})\mu}{3.5D_p\rho}\right)^2 + \frac{(\rho_s - \rho)g\varepsilon_{mf}^3 D_p}{1.75\rho}}$

---

## SYMBOLFÖRTECKNING:

### TORKNING

|                       |   |
|-----------------------|---|
| $c_{pl}$              | vattnets värmekapacitet, kJ/kg,K                            |
| $T_{S_1}$             | torkgodsets temperatur, °C                                  |
| $q_S$                 | värme för uppvärmning av torra godset, kJ/kg avd.           |
| $q_{X_1}$             | värmemängd för uppvärmning av vatten i torkgods, kJ/kg avd. |
| $q_F$                 | värmeförluster, kJ/kg avd.                                  |
| $q_D$                 | värme genom torkluft  |
| $\Delta H_{vap, T_0}$ | vattnets ångbildningsvärme vid 0°C, kJ/kg                   |
| $c_{pV}$              | vattenångas värmekapacitet, kJ/kg,K                         |
| $T_{G_2}$             | luftens temperatur, °C                                      |
| $T_{S_1}$             | torkgodsets temperatur, °C                                  |
| $H$                   | luftens entalpi, kJ/kg torr luft                            |
| $Y$                   | luftens vatteninnehåll, kg vattenånga/kg torr luft          |

### FILTRERING

|                    |  |
|--------------------|--|
| $A$                | filtreringsarea, m <sup>2</sup>  |
| $c$                | förhållandet mellan vikten av det fasta materialet i filterkakan och filtratvolymen, kg/m <sup>3</sup> |
| $J$                | massbråk av fast material i suspensionen, -  |
| $\Delta P$         | tryckfall över filterkakan, Pa   |
| $R_m$              | filtermediets motstånd, m <sup>-1</sup>  |
| $t$                | filtreringstid, s  |
| $V$                | erhållen filtratvolym under tiden $t$ , m <sup>3</sup>   |
| $\alpha_{av}$      | specifikt filtreringsmotstånd, m/kg  |
| $\varepsilon_{av}$ | filterkakans porositet, -  |
| $\mu$              | fluidens viskositet, Pa·s  |
| $\rho$             | fluidens densitet, kg/m <sup>3</sup>   |
| $\rho_s$           | fasta fasens densitet, kg/m <sup>3</sup>   |

### SEDIMENTERING

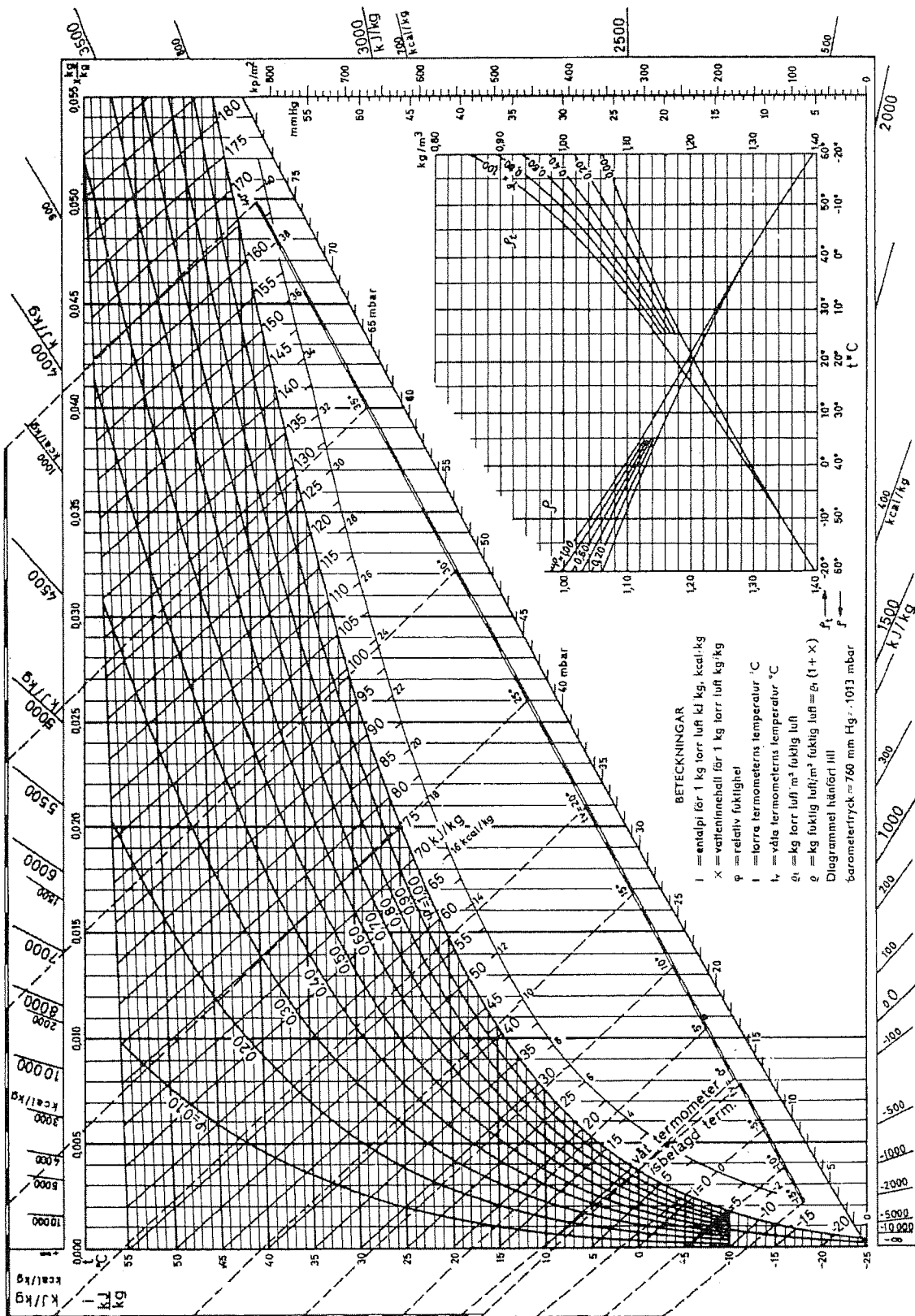
|       |   |
|-------|---|
| $A$   | sedimentationsarea, m <sup>2</sup>      |
| $D_p$ | partikelstorlek, m                      |
| $g$   | tyngdaccelerationen, m/s <sup>2</sup>   |
| $v$   | partikelns sedimentationshastighet, m/s |
| $\mu$ | fluidens viskositet, Pa·s               |

---

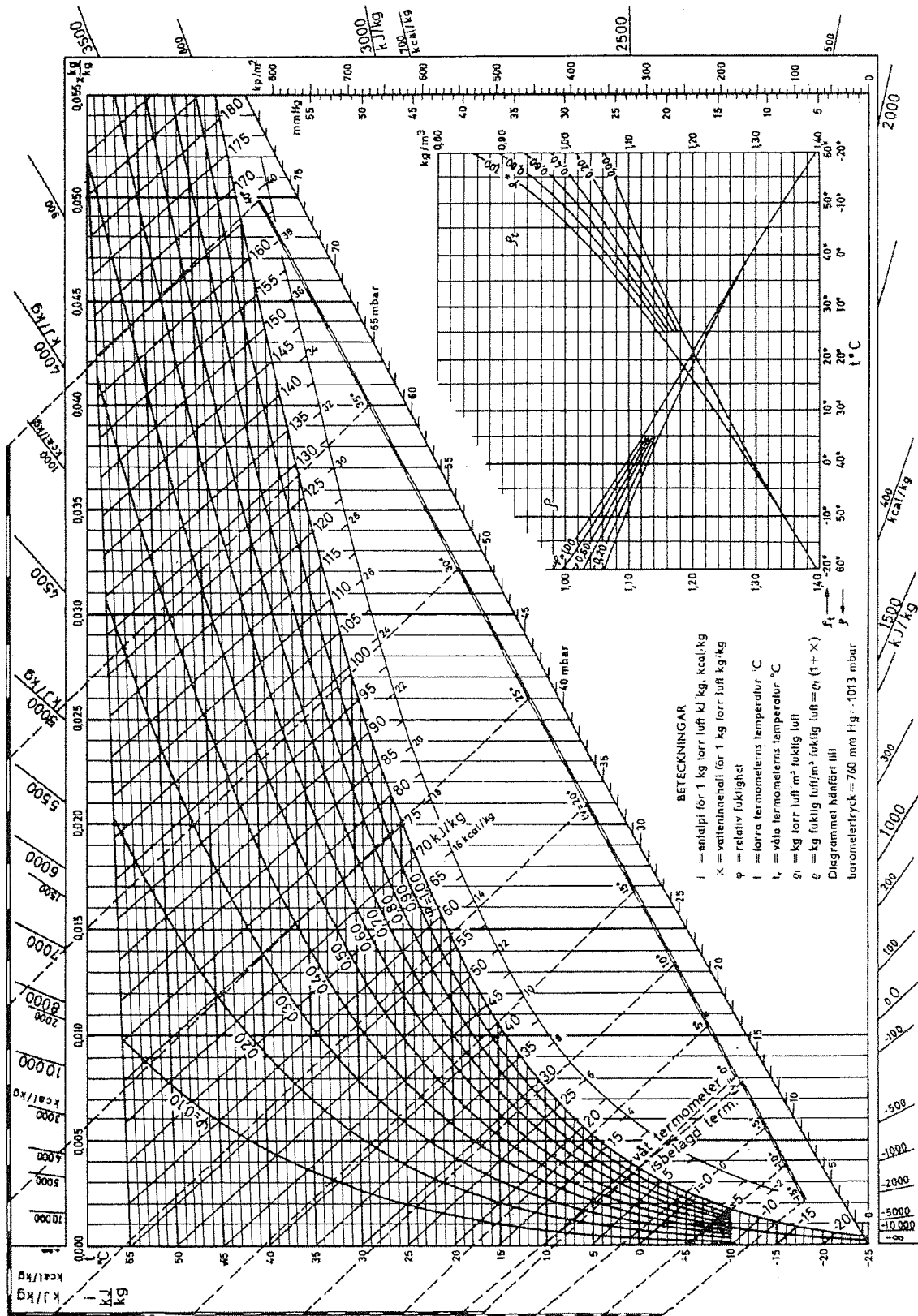
|          |  |
|----------|--|
| $\rho$   | fluidens densitet, kg/m <sup>3</sup>     |
| $\rho_s$ | fasta fasens densitet, kg/m <sup>3</sup> |

#### STRÖMNING I PORÖS BÄDD

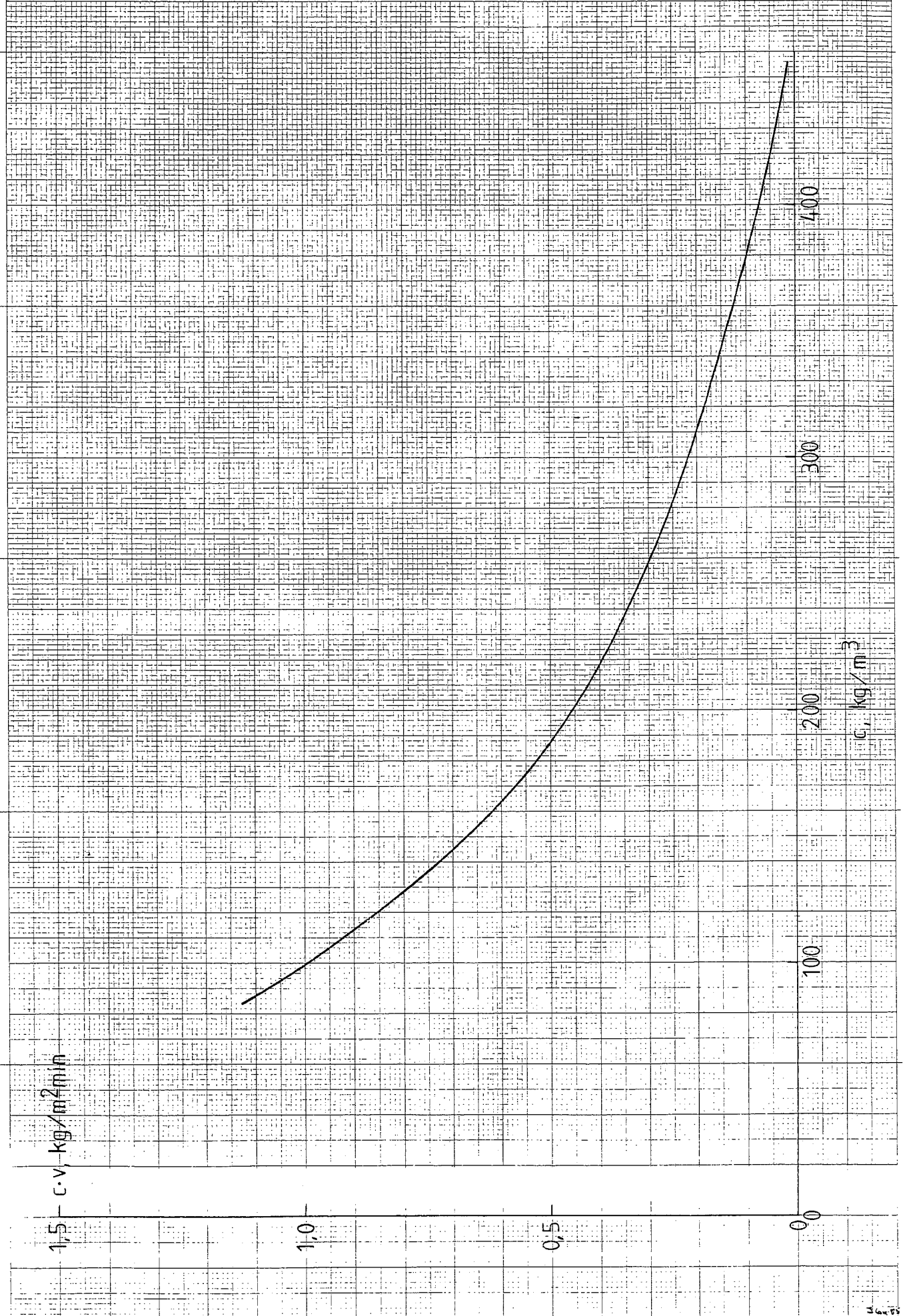
|                    |  |
|--------------------|--|
| $\rho_s$           | fasta fasens densitet, kg/m <sup>3</sup>                   |
| $D_p$              | partikelstorlek, m   |
| $g$                | Acceleration i gravitationsfält, m/s <sup>2</sup>          |
| $K$                | Kozenys konstant   |
| $S$                | Partikelns specifika yta, m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>   |
| $v_{mf}$           | Minsta hastighet för fluidisation, m/s                     |
| $\mu$              | fluidens viskositet, Pa·s                                  |
| $\rho$             | fluidens densitet, kg/m <sup>3</sup>                       |
| $\varepsilon_{mf}$ | Bäddens porositet vid minsta hastighet för fluidisation, - |







# Solid-flux kurva



B1

DATA:  $L = 5 \text{ ton/h}$

$$x_L = 0.25$$

$$P = 0.6 \text{ BAR}$$

$$x_F = 0.05$$

$$U_{SKB} = 1.8 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$P_0 = 1.7 \text{ bar}$$

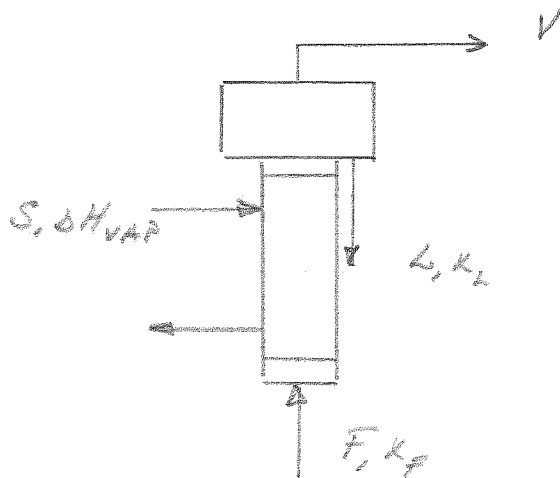
$$T_F = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_p = 4.19 - 3x \quad (\text{kJ/kg}^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{FÖRBUKT}} = 0.05 S \Delta H_{\text{VAP},j}$$

SÖKT: A, S

LÖSNING:



TOTALBALANS:  $F = V + L$

KOMP. BALANS:  $F x_F = L x_L$

VÄRME BALANS:  $S \Delta H_{\text{VAP}} + F h_F = L h_L + V h_V + 0.05 S \Delta H_{\text{VAP},j}$

KAP. EKVATION:  $S \Delta H_{\text{VAP}} = U_{\text{SKB}} A \Delta T$

$$F x_F = L x_L \Rightarrow F = L \frac{x_L}{x_F} \Rightarrow F = 25 \text{ ton/h}$$

$$V = F - L \Rightarrow V = 20 \text{ ton/h}$$

## ENTALPIER.

$$h_F = c_p T = (4.19 - 3 \cdot 0.05) 40 = 161.6 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$h_u = \{ P = 0.6 \text{ bar} \Rightarrow T = 85.95^\circ\text{C} \} = (4.19 - 3 \cdot 0.25) 85.95 = 295.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$H_V = \{ P = 0.6 \text{ bar} \} = 2658.12 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H_{\text{VAP}} = \{ P = 1.7 \text{ bar} \} = 2215.92 \text{ kJ/kg}$$

## VÄRMEBALANS GER

$$0.95 S \Delta H_{\text{VAP}} + F h_F = V H_V + L h_L$$

$$S = \frac{V H_V + L h_L - F h_F}{0.95 \Delta H_{\text{VAP}}} \Rightarrow S = 24 \text{ TON/h}$$

## KAPACITET EKV GER

$$S \Delta H_{\text{VAP},S} = U_{\text{SEB}} A \Delta T$$

$$\Delta T = T_S - T$$

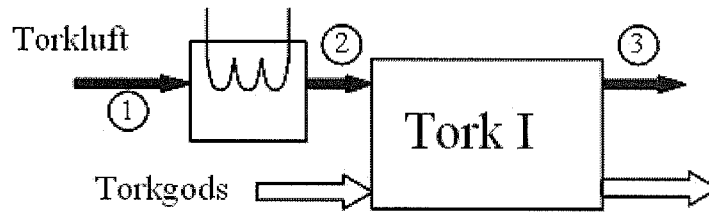
$$T_S = 115.17^\circ\text{C}$$

$$T = 85.95^\circ\text{C}$$

$$A = 280 \text{ m}^2$$

$$\underline{\underline{\text{SVAR: } 24 \text{ TON/h, } 280 \text{ m}^2}}$$

## B2



Figur 1: Ett torksteg

### Givna data

$$\dot{M}_{fg,in} = 9,6 \text{ ton/h}$$

$$X_{in} = 3,5 \text{ kg fukt/kg torrt gods}$$

$$X_{ut} = 0,8 \text{ kg fukt/kg torrt gods}$$

$$T_{max} = 50^\circ\text{C}$$

$$T_{in,1} = 10^\circ\text{C}$$

$$\phi_{in,1} = 0,50$$

$$T_{in,2} = 25^\circ\text{C}$$

$$\phi_{in,2} = 0,50$$

$$\phi_{ut} = 0,90$$

$$q_F = 600 \text{ kJ/kg avdunstat}$$

### Sökt

a)  $l_1, l_2, q_1, q_2, \dot{V}_{in,1}, \dot{V}_{in,2}, \dot{Q}_1$  och  $\dot{Q}_2$

b)  $\dot{V}_{in,max}$

### Lösning

a)

För att kunna bestämma specifik luftförbrukning, måste vi veta luftens fuktkvot-sändring, eftersom:

$$l = \frac{\dot{M}_G}{\dot{M}_G \cdot \Delta Y} = \frac{1}{\Delta Y} \quad (1)$$

med

$$\Delta Y = Y_3 - Y_1 \quad (2)$$

Ritar vi in torkförloppet i ett Mollierdiagram (med förvärmning till  $T_{max}$ ) för de båda fallen, kan vi bestämma  $\Delta Y$ . Avläsning av fuktkvotsvärden ur figur 2:

Fall 1:  $Y_1 = 0,0038 \text{ kg fukt/kg torr luft}$

$Y_3 = 0,0152 \text{ kg fukt/kg torr luft}$

Fall 2:  $Y_1 = 0,0099 \text{ kg fukt/kg torr luft}$

$Y_3 = 0,0197 \text{ kg fukt/kg torr luft}$

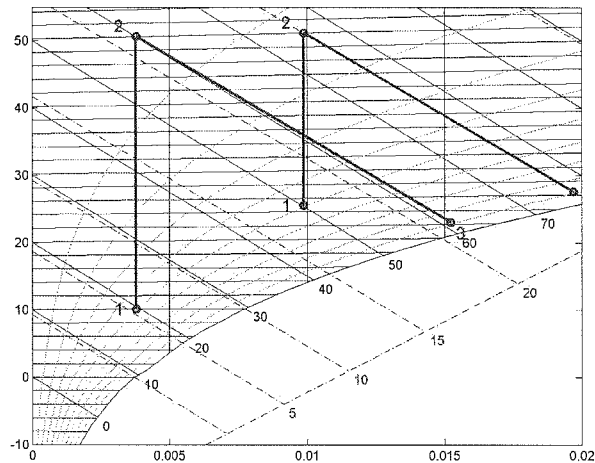
Insättning i ekvation (2) och (1) ger nu:

$$\Delta Y_1 = 0,0115 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$\Delta Y_2 = 0,0098 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$l_1 = 87 \text{ kg torr luft/kg avdunstat}$$

$$l_2 = 102 \text{ kg torr luft/kg avdunstat}$$



Figur 2: Ett torksteg i Mollierdiagrammet (två olika fall)

Specifika värmebehovet fås ur:

$$q = \frac{\dot{M}_G \cdot \Delta H}{\dot{M}_G \cdot \Delta Y} = \frac{H_2 - H_1}{\Delta Y} \quad (3)$$

Avläsning av entalpivärden ur figur 2:

Fall 1:  $H_1 = 20 \text{ kJ/kg torr luft}$

$H_2 = 60 \text{ kJ/kg torr luft}$

Fall 2:  $H_1 = 50 \text{ kJ/kg torr luft}$

$H_2 = 76 \text{ kJ/kg torr luft}$

Insättning i ekvation (3) ger:

$$q_1 = 3536 \text{ kJ/kg avdunstat} \\ = 3,5 \text{ MJ/kg avdunstat}$$

$$q_2 = 2598 \text{ kJ/kg avdunstat} \\ = 2,6 \text{ MJ/kg avdunstat}$$

För att få reda på luftflöde och värmeeffekt, behöver vi först bestämma det torra luftflödet, eftersom de specifika värdena räknas per torr luftmängd. Denna kan vi bestämma m.h.a. fuktbalansen över torken:

$$\dot{M}_D = \dot{M}_S \cdot \Delta X = \dot{M}_G \cdot \Delta Y \quad (4)$$

$$\dot{M}_G = \frac{\dot{M}_S \cdot \Delta X}{\Delta Y} \quad (5)$$

Först måste vi räkna om torkgodsflödet från fuktigt flöde till torrt flöde. Det görs med hjälp av:

$$\dot{M}_S = \frac{\dot{M}_{fg,in}}{1 + X_{in}} \quad (6)$$

$$\dot{M}_S = 0,593 \text{ kg torrt gods/s}$$

---

Insättning i ekvation (5) ger:

$$\dot{M}_{G,1} = 139,7 \text{ kg torr luft/s} \qquad \dot{M}_{G,2} = 162,5 \text{ kg torr luft/s}$$

Nu kan vi beräkna luftförbrukningen genom:

$$\dot{V}_{in} = \frac{\dot{M}_G}{\rho_{t,in}} \qquad (7)$$

Vi läser av  $\rho_t$  vid ingående lufttemperatur och relativ fuktighet för de båda fallen i hjälpdigrammet:

$$\rho_{t,in,1} = 1,24 \text{ kg torr luft/m}^3 \qquad \rho_{t,in,2} = 1,17 \text{ kg torr luft/m}^3$$

Detta ger nu:

$$\dot{V}_{in,1} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ m}^3/\text{s} \qquad \dot{V}_{in,2} = 1,4 \cdot 10^2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tillförd värmeeffekt fås ur:

$$\dot{Q} = \dot{M}_G \cdot \Delta H \qquad (8)$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_1 &= 5657 \text{ kW} \\ &= 5,7 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_2 &= 4156 \text{ kW} \\ &= 4,2 \text{ MW} \end{aligned}$$

b)

Förlusten i torksteget innebär att luften förlorar entalpi, i jämförelse med det ideala torksteget. Om den lilla ökningen av entalpin för det ideala steget försummas, kan förlusten beskrivas genom en linje med lutningen:

$$\frac{dH}{dY} \approx q_F \qquad (9)$$

Dras en linje med denna lutning från punkten efter förvärmaren (2), kommer en relativ fuktighet på 90 % att uppnås snabbare än vid ett idealt steg (se figur 3), vilket leder till en mindre fuktkvotsändring och därmed ett högre luftbehov, om torkgodskapaciteten ska vara konstant. Detta leder till att man måste dimensionera för ett högre luftflöde. Eftersom vi redan har sett att fall 2 behöver ett högre flöde vid ideal torkning, bör det maximala flödet för det verkliga torksteget baseras på detta fall. Ritats detta in i Mollierdiagrammet, kan det se ut som i figur 3.





B3

DATA:  $L_0 = 150 \text{ kg/h}$

$$\frac{S}{C} = \frac{1}{2}$$

$$x_0^o = 0.80$$

$$x_A^o = 0.13$$

$$x_0^o = 0.07$$

$$y_S^o = 1.0$$

$$y_A^o = 0.27$$

$$x_A^n = 0.01$$

SÖKT:  $n$ ,  $V_{n+1}$ ,  $M_{\text{FÖRÄNSAT}}$

LÖSNING:

GEOMETRISK ORT:  $\frac{S}{C} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{x_S}{1 - x_A - x_S} = \frac{1}{2}$

$$x_S = \frac{1}{3} - \frac{1}{3} x_A$$

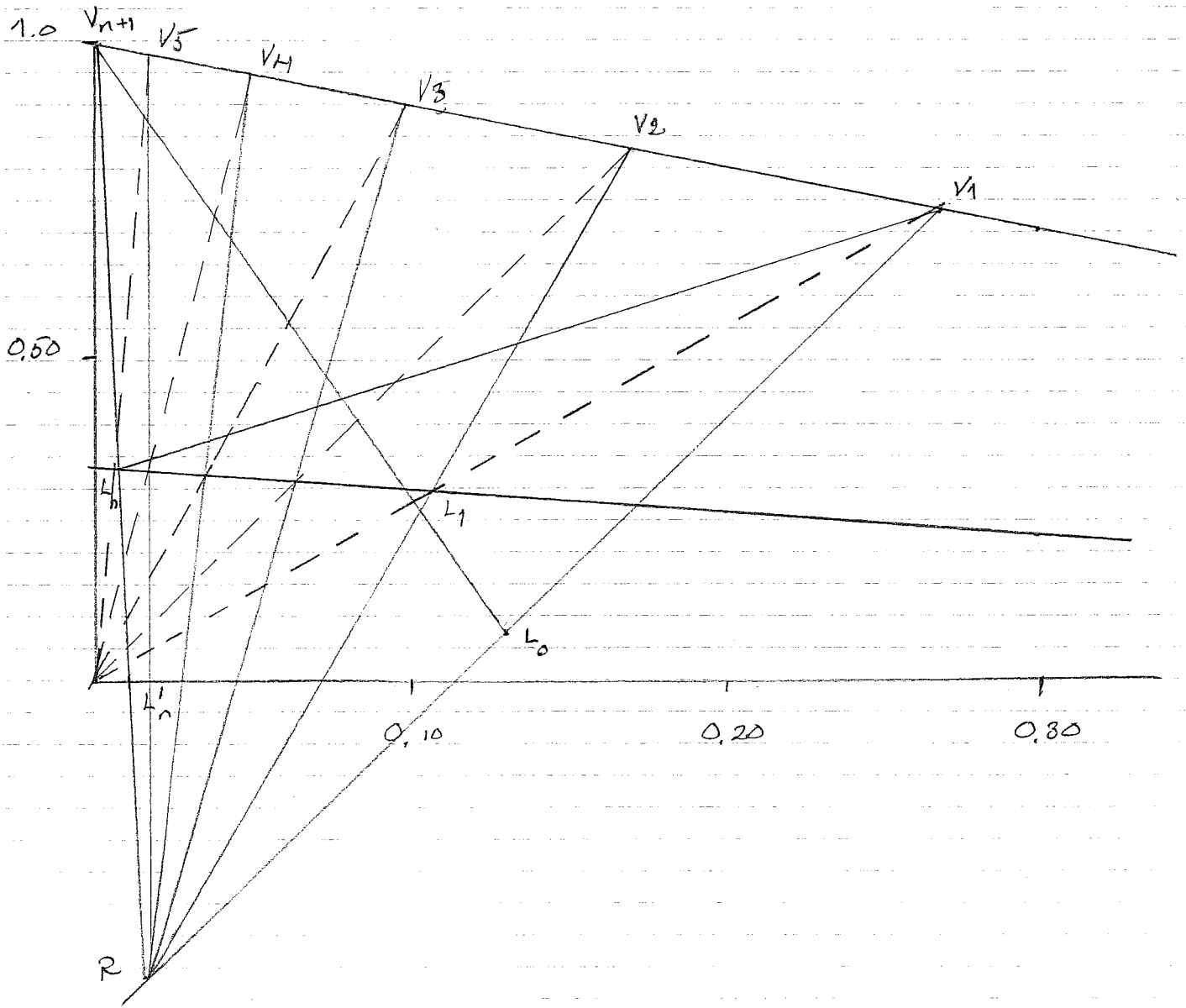
GEOMETRISKA ORTEN KONSTRUERAS OCH KÄNDA STRÖMMAR  
LÄGS IN I TRIANGELDIAG. POLEN SKAPAS FRÅN  
 $V_{n+1}$  OCH  $L_n$  SAMT  $L_0$  OCH  $V_1$ . "STEGNING" GER  
5 IDEALA LÄRN. STED.

INGÅENDE EXTRAKTIONSVÄTKA BEST. MHA HÄVSTÄNSBEGELN.

$$\left. \begin{array}{l} L_0 a = V_{n+1} b \\ a = 45 \\ b = 67 \end{array} \right\} \underline{V_{n+1} = 100 \text{ kg/h}}$$

VATTENMÄNGDEN SOM SKA FÖRÄNSAS KAN BEST. FRÅN  
GDFU

$$\left. \begin{array}{l} C = 120 \text{ kg/h} \\ \frac{S}{C} = \frac{1}{2} \end{array} \right\} \underline{S = 60 \text{ kg/h}}$$



B4.

DATA:  $A = 100 \text{ m}^2$

$$F = 75.75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$c_0 = 80 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$c_{ut} = 360 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\rho_s = 2500 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$$

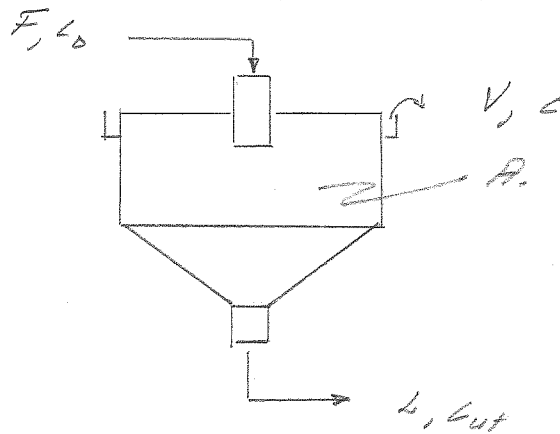
$$\mu = 0.001 \text{ Pas}$$

SÖKT: • MAXIMAL KAPACITET?

• HUR MYCKET KAN DEN ÖKA?

$D_p$

LÖSNING:



T.B. :  $F = V + L$

K.B. :  $F c_0 = V c_z + L c_{ut}$

ANTAG  $c_z = 0 \text{ kg}/\text{m}^3$

K.B.  $\Rightarrow \frac{F}{A c_0} = \frac{L}{A c_{ut}}$  DÄR  $c_z = 0$

$\therefore \frac{F}{A c_0} = 1.01 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$

DRIFTLINJEN ANGER ATT FÖRTJOCKAREN ARBETAR VID MAXIMAL KAPACITET. KAPACITETEN KAN INTE ÖKAS!

PARTIKEL STORLEK

$$w = \frac{D_p^2 (\rho_c - \rho) g}{18\mu}$$

$$w = \frac{V}{A} = \left\{ \begin{array}{l} \text{NEDRE DRIFTLINJENS} \\ \text{LUTNING} \end{array} \right\} = \frac{F-L}{A} = \frac{589}{100} = 0.59 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$= 0.000164 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\therefore D_p = 14 \mu\text{m}$$

SVAR: FÖRTJOCKAREN ÄR MAXIMANT BELASTAD

PARTIKELN HAR DIAMETERN 14  $\mu\text{m}$